

Caracterización del procedimiento de obtención de aceite de *Moringa oleifera* con relación al tipo de semillas

Characterization of the procedure for obtaining *Moringa oleifera* oil in relation to the type of seeds

Gretter León-Sánchez^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-3577-6090>

Raisa Monteagudo-Borges¹ <https://orcid.org/0000-0002-4926-8783>

Efraín Rodríguez-Jiménez¹ <https://orcid.org/0000-0002-8315-4413>

Laboratorio de Investigaciones, Proyecto “Moringa como suplemento nutricional”,
Entidad de Ciencia Tecnología e Innovación “Sierra Maestra”, La Habana, Cuba

*Autor para la correspondencia: correo electrónico: gretterleon96@gmail.com

RESUMEN

Moringa oleifera es una planta con gran número de propiedades terapéuticas que potencian su uso en el tratamiento de diversas enfermedades. Una de las partes más aprovechables es la semilla debido a su contenido de aceite entre un 35 y 40 %. El objetivo del trabajo fue evaluar el proceso de obtención del aceite de *Moringa oleifera* mediante prensado hidráulico en frío en cuanto al rendimiento y las características fisicoquímicas, cuantificando las pérdidas. Para realizar el trabajo se utilizaron aproximadamente 100 kg de semillas de *Moringa oleifera*, conservadas en sacos de fibra de yute y 100 kg re-ensadas en sacos de fibras de nylon por sufrir deterioro. Se extrajo el aceite por prensado en frío, y se le determinó el perfil de

ácidos grasos por cromatografía de gases. El valor de rendimiento, partiendo de las semillas conservadas en sacos de yute, en sacos de nylon y el control, fue de 22,99, 19,05 y 20,31%, respectivamente. El perfil de ácidos grasos mostró al ácido oleico como componente mayoritario, representando aproximadamente un 80 %, valor similar para las tres prensadas efectuadas de manera continua a las semillas, tanto conservadas en sacos de yute, como de nylon y el tipo de semilla. El procedimiento de prensado en frío mostró mayor rendimiento de aceite en las semillas conservadas en sacos de yute que las re-empacadas en nylon. El aceite conservó características de elevada calidad, que contiene mayoritariamente ácido oleico, por lo que puede utilizarse tanto con fines comestibles como cosméticos o para masajes corporal.

Palabras clave: aceite vegetal; *moringa oleifera*; semillas.

ABSTRACT

Moringa oleifera is a plant with a large number of therapeutic properties that enhance its use in the treatment of various diseases. One of the most usable parts is the seed due to its oil content between 35 and 40 %. The objective of these work was to evaluate the process of obtaining *Moringa oleifera* oil by cold hydraulic pressing in terms of performance and physicochemical characteristics, quantifying the losses. To carry out the work, approximately 100 kg of *Moringa oleifera* seeds were used, preserved in jute fiber bags and 100 kg repackaged in nylon fiber bags due to deterioration. The oil was extracted by cold pressing, and the fatty acid profile was determined by gas chromatography. The yield value, based on the seeds conserved in jute bags, in nylon bags and the control, was 22, 99, 19,05 and 20,31 %, respectively. The fatty acid profile showed oleic acid as the major component, representing approximately 80 %, a similar value for the three pressed continuously carried out on seeds, both preserved in jute bags, as well as in nylon and the type of seed. The cold pressing procedure showed higher oil yield in the seeds preserved in jute bags than those repackaged in nylon. The oil retained high quality characteristics, containing mostly oleic acid, so it can be used for both edible and cosmetic purposes or for body massage.

Keywords: *moringa oleifera*; seeds; vegetable oil.

Recibido: 08/08/2021

Aceptado: 15/12/2021

Introducción

Moringa oleifera, es uno de los árboles con más utilidad en todo el mundo, es una especie nativa del norte de la India, introducida en la actualidad en zonas tropicales secas a nivel mundial. Es la más conocida de las 14 especies del género *Moringa*. Este árbol es potencialmente comestible, del que se aprovechan todas sus partes (raíz, tallo, hojas, flores y semillas).⁽¹⁾

Estudios demuestran la capacidad antioxidante de las hojas, vainas, semillas, así como la corteza del tallo y las raíces de *Moringa*, debido a su elevado contenido en polifenoles (flavonoides y ácidos fenólicos) que favorecen la reducción del daño oxidativo.⁽²⁾

Las semillas pueden consumirse tiernas y hervidas en agua, o secas y tostadas; sin embargo, el mayor valor de la semilla radica en la fracción oleosa, pues de ella se obtiene el aceite en una proporción aproximada del 35 – 40 % del peso, cuyas características son muy parecidas al aceite de oliva.⁽³⁾ La torta resultante de la extracción del aceite se utiliza como fertilizante para los suelos de cultivo, en algunos casos para la alimentación animal, pero hay gran cantidad de información respecto de su uso como floculante natural para reducir la turbidez del agua, habiendo sido catalogado como el mejor coagulante natural para la purificación de aguas turbias.⁽⁴⁾

Respecto al uso de las hojas y semillas de *Moringa oleifera* como materia prima es importante que las condiciones de almacenamiento logren conservar sus propiedades nutricionales y organolépticas. Se ha logrado conservar las hojas frescas mediante la refrigeración y enlatado,^(5,6) por otra parte, en las semillas se informa que dependiendo de las condiciones de almacenamiento estas pierden su poder germinativo en un tiempo que oscila entre los 180 y 360 días,⁽⁶⁾ mientras que otros autores comunican que las semillas de *Moringa* conservan la vitalidad hasta 10 años y su porcentaje de germinación es de 95%.⁽⁷⁾

En las semillas de *Moringa oleifera* el contenido proteico es alto, con promedio de $31,4 \pm 1,3$ g, que aumenta en la torta de la semilla prensada, mientras que los

carbohidratos, grasas, fibras y cenizas son $18,4 \pm 1,4$ g, $36,7 \pm 2,8$, $7,3 \pm 0,5$ g y $6,2 \pm 0,9$ g, respectivamente, todo lo anterior contenido en 100 g de base seca (BS). Además, en la grasa de la semilla el ácido oleico ocupa el mayor por ciento de su composición.⁽⁸⁾

El proceso de extracción de aceite a partir de semillas, depende del tipo y estructura de éstas. Cuando presentan alto contenido de aceite (> 20 % BS) el proceso a utilizar es la aplicación de fuerza mecánica por prensado, con el fin de romper las paredes celulares del material vegetal, obteniéndose el aceite crudo y la torta de prensado, la cual retiene aceite residual. Con semillas que poseen bajo contenido graso ($< 20\%$ BS) se emplea la extracción con disolventes orgánicos, como el hexano, presentando ventajas de ser operaciones simples con bajos costos; sin embargo, los productos son relativamente de bajo valor y necesitan ser refinados.⁽⁹⁾

La obtención del aceite se puede realizar por métodos diversos, el prensado en frío o en caliente, o mediante la utilización de disolventes para una mayor extracción de producto. Los disolventes más empleados por varios investigadores según señalan diversos autores son: etanol, metanol, isopropanol, hexano, ciclohexano, tolueno, xileno, éter etílico, acetato de etilo y acetona.^(10,11,12)

El rendimiento de la extracción de aceite, por prensado mecánico, depende de la presión aplicada y factores como el grado de humedad y la composición química de las semillas,⁽¹³⁾ además del tiempo que se deje drenar el aceite, la temperatura y la viscosidad.⁽¹⁴⁾

El aceite obtenido por prensados hidráulico frío o expeller sólo necesita ser tratado por métodos físicos para eliminar los residuos sólidos que acompañan al aceite virgen y que deben ser retirados. De esta forma el producto conserva sus características y composición química original, que lo hacen altamente apreciado por aquellos consumidores que buscan alimentos ecológicos, sin adición de productos químicos que puedan ser dañinos para la salud.⁽¹⁵⁾ Por lo que estos métodos mediante un proceso exclusivamente mecánico, sin la adición de aditivos químicos, tienen la gran ventaja de garantizar un aceite más sano, que conserva todas sus propiedades organolépticas (sabor, color y textura).⁽¹⁶⁾

Los aceites extraídos de las diferentes variedades de semillas de *Moringa oleifera* son de color amarillo intenso, pocos viscosos, siendo empleados en preparaciones y bálsamos para la piel. Actualmente el uso de éstos se ha extendido con éxito ya que su estructura ofrece una enorme cantidad de ácidos grasos, tocoferoles y vitamina

E, convirtiéndose en un complemento poderosamente eficaz para combatir el colesterol.⁽¹⁷⁾ Asimismo, puede proteger contra los daños causados al cuerpo por los radicales libres y algunas enfermedades degenerativas. Contiene además agentes antiinflamatorios que ayudan a reducir el dolor, que lo hace útil como tratamientos para las picaduras, quemaduras y erupciones dolorosas.⁽¹⁸⁾

Puede ser usado además, en terapias antioxidantes para disminuir la genotoxicidad del arsénico y otros metales pesados, cuyos mecanismos de acción carcinogénica están relacionados con especies reactivas de oxígeno.⁽¹⁷⁾ Históricamente se ha utilizado para ayudar a combatir enfermedades de la piel, gota, dolor en las articulaciones, el escorbuto, inflamación, dolor de estómago, reumatismo y muchas otras.⁽⁷⁾ En la industria farmacéutica el aceite es utilizado como adyuvante de principios activos, además como emoliente y saborizante; su consumo se ha incrementado paulatinamente a través del aumento en las exportaciones como lubricantes de maquinaria y en la cosmética.⁽¹⁷⁾

Tomando lo anterior como premisa, el presente trabajo se planteó como objetivo evaluar el proceso de obtención del aceite de *Moringa* mediante prensado hidráulico en frío en cuanto al rendimiento y las características fisicoquímicas que presenta, y cuantificar las pérdidas.

Materiales y métodos

Material vegetal

Se emplearon semillas secas de *Moringa oleifera* Lam., provenientes de la India, conservadas en sacos de fibra de yute, durante 5 años y otras con entre 3 y 4 años más de adquiridas, que sus sacos de yutes sufrieron deterioro y 5 años atrás se re-ensavaron en sacos de fibra de nylon.

Muestras para el ensayo

Se utilizaron aproximadamente 100 kg de semillas secas de *Moringa oleifera* conservadas en sacos de fibra de yute y 100 kg re-ensavadas en sacos de fibras de nylon, distribuidas en 5 y 7 sacos, respectivamente, todas almacenadas a temperatura y humedad ambientes.

Selección de las semillas: La labor se realizó de forma manual, sobre mesas de acero inoxidable, cumpliendo con las normas de Buenas Prácticas de Producción (BPP). Se procesaron todos los sacos, uno a uno, que contenían aproximadamente 20 kg de semillas los de yute y 15 kg de semillas los de nylon. La evaluación física se realizó por observación directa, según la forma, tamaño, color y textura de las semillas y la eliminación de los materiales extraños. Se separaron las semillas por su color pardo oscuro o blanco, así como las vanas, las dañadas por insectos, las que partieron al tacto y las materias extrañas.

Descascarado de las semillas: El procedimiento se realizó de forma mecánica, en un equipo artesanal construido especialmente para la separación de la nuez o endospermo de la cáscara de la semilla.

Extracción del aceite: El proceso se efectuó mediante el método de prensado en frío, en una prensa hidráulica compuesta por colector, émbolo y manómetro. La presión empleada fue constante, de 200 atm (20 MPa). Siempre que se dispuso de la cantidad, se empleó 25 kg de nueces de semillas por proceso de prensado, que se realizó de manera discontinua hasta completar el procesamiento del total de los endospermos descascarados. La torta obtenida del primer prensado se prensó de forma análoga, así como la torta obtenida en el segundo prensado. Se tomaron muestras del aceite obtenido en cada prensado y se cuantificó la cantidad de torta de endospermos. Las tres prensadas se realizaron de manera continua una tras otra.

Sedimentación o decantación del aceite: se realizó en un tanque decantador, de acero inoxidable, con capacidad de 100 L, con la finalidad de eliminar las partículas insolubles indeseables presentes en el aceite.

Filtrado del aceite: se realizó en un filtro prensa SEITZ, Austria, de 20 x 20 cm, empleando 20 placas KS-80, con el fin de eliminar las finas partículas aun presentes en suspensión en el aceite.

Envasado: se realizó en tanques de plástico de 20 L, adecuadamente identificados.

Almacenado: se conservó a temperatura ambiente de 27 ± 5 °C.

Analítica: se determinó el contenido (%) de ácidos grasos del aceite mediante cromatografía de gases, según USP 41.⁽¹⁹⁾ Las muestras para los ensayos se conservaron a 5 ± 3 °C. El análisis de la composición de ácidos grasos se realizó después de obtener los derivados (ésteres metílicos) de los aceites estudiados. Se empleó como método de derivatización la trans-esterificación ácida, con ácido

clorhídrico y metanol. El servicio de cromatografía de gases se contrató al Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología, La Habana.

Resultados y discusión

Las semillas utilizadas en el estudio provenientes de los 5 sacos de fibras de yute totalizaron 106,57 kg, mientras 96,77 kg las conservadas en los 7 sacos de fibras de nylon. El proceso de beneficio y selección generó como resultado en el caso las conservadas en sacos de fibras de yute 84,27 % peso/peso (P/P) de semillas pardas y 7,30 % P/P de semillas blancas, con la pérdida de 2,32 % P/P como semillas vanas, 5,49 % P/P de desechos de semillas, 0,29 % P/P de materias extrañas, mientras el restante 0,32 % P/P correspondió a polvo que voló durante el cernido previo a la selección. En el caso de las almacenadas en sacos de fibras de nylon generó como resultado 82,65 % P/P de semillas pardas y 6,43 % P/P de semillas blancas, con la pérdida de 3.98% P/P como semillas vanas, 6,23 % P/P de desechos de semillas, 0,26% P/P de materias extrañas y 0,45 % P/P polvo. La tabla 1 recoge las cantidades correspondientes.

Tabla 1. Beneficio y selección de las semillas

Tipo de saco para la conservación de las semillas		Contenido en el saco (kg)				
		Semillas pardas	Semillas blancas	Semillas vanas	Desechos de semillas	Materias extrañas
Material fibras de yute	Saco 1	16.91	1.28	0.33	1.47	0.02
	Saco 2	17.93	1.59	0.49	1.44	0.05
	Saco 3	19.02	1.70	0.46	1.52	0.08
	Saco 4	16.97	1.56	0.54	1.05	0.10
	Saco 5	18.98	1.65	0.66	0.37	0.06
	Total	89.81	7.78	2.48	5.85	0.31
Material fibras de nylon	Saco 1	12.05	0.7	0.69	0.93	0.05
	Saco 2	11.08	1.01	0.53	1.07	0.04
	Saco 3	11.78	0.79	0.62	0.92	0.03
	Saco 4	10.29	1.02	0.47	0.52	0.05
	Saco 5	11.84	0.86	0.51	0.78	0.04
	Saco 6	11.26	1.18	0.51	1.05	0.02
	Saco 7	11.68	0.66	0.52	0.76	0.02
	Total	79.98	6.22	3.85	6.03	0.25

Generalmente la cáscara no suele tener alto contenido de aceite; no más de 1% P/P, que procede del endospermo graso de la semilla que queda adherido a la cáscara durante el proceso de descascarado. No obstante, para la realización del proceso de extracción del aceite de semillas secas por presando en frío es necesario previamente separar éstas de sus cáscaras, puesto que el rendimiento en aceite disminuye, por absorción en la torta.⁽²⁰⁾

En el proceso de descascarado se utilizó el total de las semillas pardas beneficiadas, donde en el caso de las conservadas en sacos de fibras de yute se obtuvo 51,78 kg de semillas descascaradas, nueces o endospermos; mientras que en el caso de las conservadas en sacos de fibras de nylon fue de 43,27 kg. Por su parte, la cantidad de cáscara obtenida fue de 37,78 kg en el caso de las conservadas en sacos de fibras de yute y 36,61 kg de las conservadas en sacos de fibras de nylon, lo que totalizó en endospermos y cáscaras 89,56 kg para las conservadas en sacos de fibras de yute y 79,88 kg para las conservadas en sacos de fibras de nylon. En el descascarado de las semillas blancas conservadas en sacos de fibras de yute se obtuvo 4,38 kg de semillas descascaradas, y 3,14 kg de cáscaras; mientras que en el caso de las conservadas en sacos de fibras de nylon fue de 3,18 kg de endospermos y 2,98 kg de cáscaras, lo que totalizó 7,52 y 6,16 kg, para las de sacos de fibra de yute y de fibra de nylon, respectivamente.

El proceso de descascarado de las semillas pardas conservadas en sacos de fibras de yute y nylon generó la pérdida de 0,25 y 0,1 kg, respectivamente, y en las semillas blancas 0,26 y 0,06 kg, respectivamente. Estas pérdidas fueron debido a la destrucción y pulverización de endospermos vanos y cáscaras de semillas ocurridas por la acción mecánica del equipo, así como otros que salieron expulsados de éste durante la operación.

El prensado de los endospermos correspondientes a las semillas pardas conservadas en sacos de fibras de yute resultó en 6,89 L de aceite durante el primer prensado, mientras 2,64 y 2,59 L, después del segundo y tercer prensados, respectivamente, lo que totalizando 12,12 L de aceite extra virgen. Por su parte, el prensado de las nueces de las semillas pardas conservadas en sacos de fibras de nylon en el primer prensado generó 5,28 L, mientras que en el segundo y tercero 1,91 y 1,04 L, respectivamente, sumando 8,23 L de aceite extra virgen. En el caso de los endospermos correspondientes a las semillas blancas, debido a la poca cantidad disponible se agruparon los de ambos tipos de sacos y se realizó la

extracción del aceite que generó 0,64 L en la primera extracción, mientras 0,49 y 0,26 L, en las segunda y tercera, respectivamente, para un total de 1,39 L de aceite extra virgen.

El aceite obtenido en cada caso se pasó a un tanque decantador de acero inoxidable con la finalidad de retirarle los residuos sólidos y las partículas insolubles e indeseables que acompañan al aceite, obteniendo 20,31 % volumen/peso (V/P); y luego por el filtro prensa para eliminar las finas partículas aun presentes en suspensión, obteniendo 20,15% V/P, que finalmente se envasó en tanques plásticos de 20 L y se almacenó a temperatura ambiente.

En el caso del aceite obtenido a partir de semillas pardas conservadas en sacos de fibras de yute, el rendimiento total del proceso a partir de los endospermos sin considerar las cáscaras de semillas fue de 23,43 % V/P, mientras que considerando éstas fue igual a 13,51 % V/P, y teniendo en cuenta el total de semillas (pardas y blancas) fue de 11,38 % V/P. En el caso del aceite conseguido empleando las semillas pardas re-empacadas en sacos de fibras de nylon el rendimiento con relación a endospermos fue igual a 19,02 % V/P, mientras que en cuanto a semillas con cáscaras fue de 10,29 % V/P, y considerando el total de semillas fue de 8,50 % V/P.

De manera general, considerando todas las pérdidas y las semillas pardas y blancas, el rendimiento total del proceso en las conservadas en sacos de fibras de yute, a partir de los endospermos descascarados fue de 22,99 % V/P, mientras que considerando la cáscara de las semillas fue igual a 13,23 % V/P, y teniendo en cuenta el total del contenido de los sacos fue de 12,11% V/P. En el caso de las conservadas en sacos de fibras de nylon, el rendimiento con relación a endospermos fue igual a 19,05 % V/P, mientras que en cuanto a semillas con cáscaras fue de 10,27 % V/P, y considerando el contenido total fue de 9,15 % V/P. En la figura 1 se presenta el balance general del proceso de obtención de aceite de semillas de *Moringa oleifera* a partir de los endospermos descascarados.

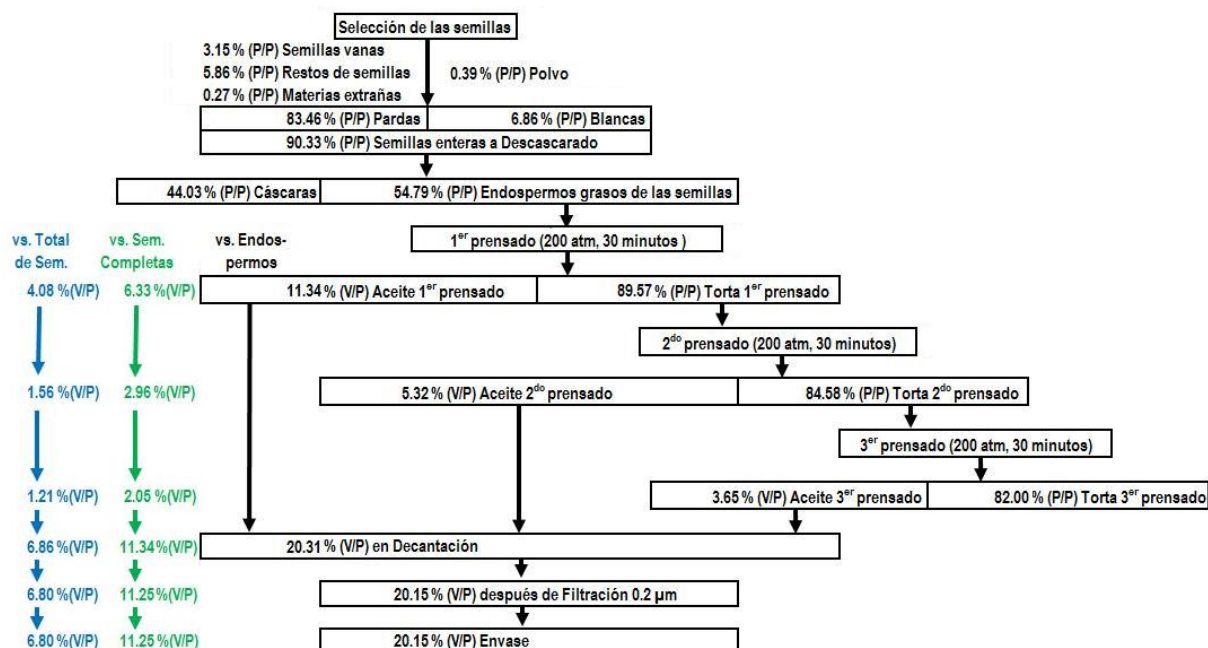


Fig. 1- Balance general del proceso de obtención de aceite de semillas de Moringa a partir de los endospermos descascarados

En el proceso de obtención que se presenta en la figura 1, se consideraron todas las pérdidas, independientemente del tipo de saco utilizado en la conservación de las semillas e incluyendo las semillas pardas y blancas. En colores verde y azul se muestran los datos correspondientes al rendimiento del proceso a partir de las semillas íntegras y del contenido total en los sacos, respectivamente.

Por otro lado, el rendimiento total del proceso control, que tomó en cuenta todas las pérdidas e incluyó semillas pardas y blancas, independientemente del tipo de saco usado en la conservación, fue de 20,31 % V/P con relación a los endospermos descascarados, mientras que con relación a las semillas íntegras fue igual a 11,34 % V/P y al peso bruto en los sacos fue de 6,86 % V/P.

Comparando los procesos con endospermos de semillas pardas se obtuvo mayor rendimiento de aceite con las semillas conservadas en sacos de yute que las re-ensadas en sacos de nylon, con valores de 22,99 y 19,05 % V/P, respectivamente, lo cual pudo estar determinado por tener mayor tiempo de conservación, además del deterioro que pudieron haber experimentado las semillas antes de ser re-ensadas en los sacos de nylon. También la menor permeabilidad de este último material pudo haber afectado. En la tabla 2 se muestran Los resultados obtenidos en el perfil de ácidos grasos.

Tabla 2- Perfil de ácidos grasos del aceite extra virgen de semillas secas de *Moringa oleifera*

Muestras	Contenido de ácidos grasos (% P/P)									
	Palmitico	Palmitoleico	Esteárico	Oleico	Linoleico	Linolénico	Araquidónico	Behénico	Erúxico	Lignocérico
Aceite 1 ^{ra} prensada, saco de yute, semillas pardas	7.17	1.23	5.63	80.10	0.63	-	3.19	2.00	-	-
Aceite 2 ^{da} prensada, saco de yute, semillas pardas	7.29	1.32	5.68	80.23	0.57	-	2.91	1.95	-	-
Aceite 3 ^{ra} prensada, saco de yute, semillas pardas	7.04	1.41	5.82	79.55	0.62	-	2.95	1.80	-	-
Aceite 1 ^{ra} prensada, saco de nylon, semillas pardas	7.20	1.22	5.45	80.75	0.40	-	2.97	1.97	-	-
Aceite 2 ^{da} prensada, saco de nylon, semillas pardas	7.01	1.41	5.00	81.27	0.41	-	2.83	2.03	-	-
Aceite 3 ^{ra} prensada, saco de nylon, semillas pardas	6.69	1.47	5.32	81.44	0.53	-	2.55	1.96	-	-
Aceite 1 ^{ra} prensada, semillas blancas, saco de yute y nylon	6.75	0.97	5.12	81.32	0.79	-	2.88	2.11	-	-

Los valores del rendimiento resultantes del estudio, tanto partiendo de las semillas conservadas en sacos de yute, como de las re-empacadas en sacos de nylon y el control, de 22,99; 19,05 y 20,31 % V/P, respectivamente, mostraron valores similares a los alcanzados por otros autores descritos en la literatura, donde refieren un rendimiento de 25,8% V/P de la extracción del aceite de las semillas de *Moringa oleifera* con prensado en frío,⁽²¹⁾ y rendimientos de 25,1% V/P.⁽²²⁾ Otros estudios mostraron valores semejantes de 24,70 % V/P.⁽²³⁾

Los resultados obtenidos en el perfil de ácidos grasos (tabla 2) mostraron al ácido oleico como componente mayoritario en el aceite de todas las muestras analizadas, tanto de semillas pardas o blancas y de las tres extracciones realizadas de manera continua, seguido del ácido palmítico, similar a lo descrito por otros autores.⁽²⁴⁾ La presencia de C18:3, perteneciente al grupo omega 3 (Ω 3), C18:2, grupo omega 6 (Ω 6) y C18:1, omega 9 (Ω 9), en las estructuras de los aceites de Moringa, le confiere valor nutricional y calidad como suplemento alimenticio.⁽¹⁷⁾ En la figura 2 se presenta el perfil de ácidos grasos observado por cromatografía de gases.

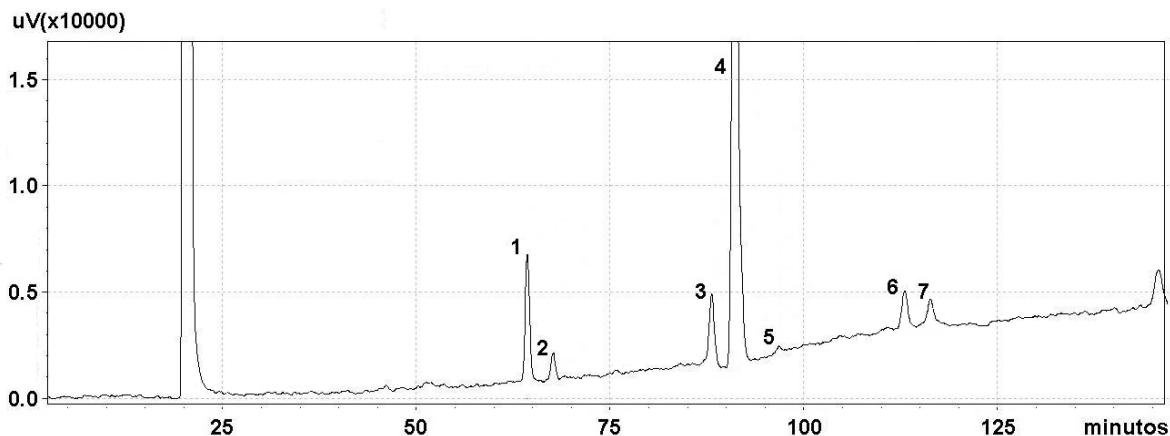


Fig. 2-Diagrama característico de la cromatografía de gases para las muestras de aceite. **1** – Ácido palmítico, **2** – Ácido palmitoleico, **3** – Ácido esteárico, **4** – Ácido oleico, **5** – Ácido linoleico, **6** – Ácido araquidónico y **7** – Ácido behénico.

El contenido de ácido oleico ($\Omega 9$) encontrado en este estudio representó aproximadamente un 80 % en las muestras, valor superior a los encontrados en la literatura de otros autores, donde obtuvieron valores entre 70 y 75%.^(7, 21, 22, 23)

Como aspecto importante a resaltar es que el perfil de ácidos grasos observado por cromatografía de gases presentó un patrón similar (figura 2) para las muestras de aceite de 1^{ra}, 2^{da}, y 3^{ra} prensadas, tanto de semillas pardas, como blancas, ya sean conservadas en sacos de fibra de yute, como las más viejas re-embasadas en sacos de fibra de nylon. En todos los casos las prensadas se realizaron de forma inmediata, una tras otra, que evidenció la fortaleza de esta tecnología para la obtención de aceite extra virgen.

Las semillas blancas mostraron también un buen rendimiento de aceite, de 18,48 y 10,21 % V/P a partir de endospermos y de semillas íntegras, respectivamente. A pesar de ser menor al obtenido a partir de las semillas pardas, el aceite presentó igual perfil de ácidos grasos (figura 2 y tabla 2), donde el porcentaje de cada ácido graso mostró valores semejantes, tanto en los diferentes tipos de semillas, como en la conservación de las mismas y las tres prensadas realizadas de manera continua.

Conclusiones

El procedimiento de prensado en frío mostró el rendimiento total a partir de los endospermos de semillas pardas igual a 22,99 % V/P en las semillas conservadas en sacos de yute, superior a 19,05 % V/P obtenido en el caso de las semillas re-ensadas en sacos de fibras de nylon. Se evidenció que el aceite extra virgen obtenido conservó las características de elevada calidad, que contiene mayoritariamente el ácido graso insaturado oleico en un 80 % P/P. El perfil de ácidos grasos del aceite extraído en las tres prensadas realizadas de manera continua se conservó similar. El aceite obtenido puede ser utilizado tanto con fines comestibles como cosméticos, o para uso en masajes corporales.

Agradecimientos

Al financiamiento recibido del Ministerio de Ciencias, Tecnologías y Medio Ambiente (CITMA), de Cuba, que posibilitó la realización del presente trabajo, bajo el contrato de servicio 25, de 2020, de los proyectos FONCI.

Referencias bibliográficas

1. CANDO-CANDO, R.J.; INTRIAGO-FARÍAS, ER. Diseño de la valoración proteica de hojas y semillas de *Moringa oleifera*, durante su desarrollo vegetativo y almacenamiento. Tesis presentada en opción al título de Ingeniero en Alimentos, en Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, 2017.
2. BRILHANTE, RSN.; SALES, JA.; PEREIRA VS.; CASTELO-BRANCO DSCM.; CORDEIRO RA.; SAMPAIO CMS. Research advances on the multiple uses of *Moringa oleifera*: A sustainable alternative for socially neglected population. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* [en línea]. 2017, **10**(7), p. 621–630. [Consultado 20 noviembre 2020] ISSN 1995-7645. <https://doi.org/10.1016/j.apjtm.2017.07.002>.

3. NAVARRO, G.P. *Moringa oleifera*: Un aliado en la lucha contra la desnutrición. Acción Contra el Hambre: *ACF International*. Madrid. 2015, p. 1-36. [Consultado 4 septiembre 2020]
4. MEZA-LEONES, M.; RIAÑOS-DONADO, K.; MERCADO-MARTÍNEZ, I.; OLIVERO-VERBEL, R.; JURADO-ERASO, M. Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de *Moringa oleifera* en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo-Atlántico. *Revista UIS Ingenierías* [en línea]. 2018, **17**(2), p. 95-104. [Consultado 7 enero 2021] ISSN 2145-8456. doi: 10.18273/revuin. **(17)** 2-2018009.
5. SÁNCHEZ-MACHADO, I.; NÚÑEZ-GASTÉLUM, J. A.; REYES-MORENO, C.; RAMÍREZ-WONG, B.; LÓPEZ-CERVANTES, J. Nutritional quality of edible parts of *Moringa oleifera*. *Food analytical methods* [en línea]. 2010, **3**(3).p. 175-180. [Consultado 25 noviembre 2020] doi: 10.1007/s12161-009-9106-z.
6. FOTOUO, M.; DU TOIT, ES.; ROBBERTSE, P.J. Germination and ultrastructural studies of seeds produced by a fast-growing, drought-resistant tree: Implications for its domestication and seed storage. *AoB PLANTS* [en línea]. 2015, **7**(1). 1–12. [Consultado 17 enero 2021] ISSN 2041-2851. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plv016>
7. PANIAGUA, A.; CHORA, J. Elaboración de aceite de semillas de *Moringa oleifera* para diferentes usos. *Revista de Ciencias de la Salud*. 2016, **3**(9), p. 36-46. ISSN: 2410-3551.
8. LEONE, A.; SPADA, A.; BATTEZZATI, A.; SCHIRALDI, A.; ARISTIL, J.; BERTOLI, S. *Moringa oleifera* seeds and oil: Characteristics and uses for human health. *International Journal of Molecular Sciences* [en línea]. 2016, **17**(12), p.1–14. [Consultado 5 octubre 2020] <https://doi.org/10.3390/ijms17122141>
9. GRASSO, V. Diseño del proceso: pretratamiento enzimático para extracción de aceites vegetales en un extractor de columna. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de La Plata, Argentina, 2013.
10. GÓMEZ, K. Evaluación de rendimiento de extracción y caracterización fitoquímica de la fracción extraíble de semilla de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) a nivel laboratorio. Tesis presentada en opción al título de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2013.
11. ANWAR, F.; RASHID, U. Physico-chemical characteristics of *Moringa oleifera* seeds and seed oil from a wild provenance of Pakistan., *Pakistan Journal of Botanic*. 2007, **39**(5), p. 1443-1453.

12. EFEOVBOKHAN, V.; HYMORE, FK.; RAJID, D.; SANNI, SE. Alternative solvents for *Moringa oleifera* seeds extraction, *Journal of Applied Sciences* [en línea]. 2015, **15**(8), p. 1073-1082. [Consultado 10 marzo 2021] ISSN 1812-5654. doi: 10.3923/jas.2015.1073.1082.
13. GARCÍA, R.; MARTÍNEZ, R.; DÍAZ, I. Evaluación de los usos potenciales del teberinto (*Moringa oleifera*) como generador de materia prima para la industria química. Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad del Salvador, El Salvador, 2013.
14. AVELLANEDA, F. Producción y caracterización de biodiesel de palma y de aceite reciclado mediante un proceso batch y un proceso continuo con un reactor helicoidal. Tesis de Doctorado dirigida por el Dr. Joan Salvadó Rovira. Universidad Rovira Virgili, Tarragona, España, 2010. ISBN 978-84-693-4594-8.
15. NAVAS, P. Componentes minoritarios y propiedades antioxidantes de aceite vírgenes y tortas residuales obtenidos por presión en frío a partir de fuentes vegetales convencionales y no convencionales. Tesis de Doctorado. Universidad de Castilla-La Mancha, España 2010.
16. GALARRAGA, Y. Diseño de una prensa de tornillo tipo *expeller* para la extracción de aceite vegetal virgen de la semilla de maíz, para uso comestible. Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Mecánico, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, 2015.
17. GÓMEZ-MITJANS, D.; PITA-BRAVO, V.; ZUMALACÁRREGUI DE CÁRDENAS, B. Caracterización de aceites de las semillas de *Moringa oleifera* a partir de la extracción por diferentes métodos. *Revista Colombiana de Biotecnología* [en línea]. 2016, julio-diciembre, **18**(2), p.106-111. [Consultado 5 enero 2021] ISSN: 0123-3475. doi: 10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.54324.
18. STAUGHTON, J. 9 *Amazing Benefits of Moringa Oil*. En: *Organic Facts*. [en línea]. Mumbai, Maharashtra, India, 2020. [Consultado 12 enero 2021]. Disponible en: <https://www.organicfacts.net/health-benefits/oils/moringa-oil.html> accedido: junio 2020.
19. USP-41- United State Pharmacopoeia. Chemical Tests /401 Fats and Fixed Oils, USA. 2018.
20. BAILEY, EA. Aceites y grasas industriales. Editorial Reverté S.A., Barcelona, España, 1961. ISBN 978-84-291-7901-9.

21. TSAKNIS, J.; LALAS, S.; GERGIS, V.; DOURTOGLOU, V.; SPILLOTIS, V. Characterization of *Moringa oleifera* variety Mbololo seed oil of Kenya. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [en línea]. 1999, noviembre, **47**(11), p. 4495-4499. [Consultado 20 febrero 2021] doi: 10.1021/jf9904214.
22. LALAS, S.; TSAKNIS, J. Characterization of *Moringa oleifera* seed oil variety “Periyakulam 1”. *Journal of Food Composition and Analysis* [en línea]. 2002, **15**(1), p.65-77. [Consultado 20 febrero 2021] ISSN 0889-1575. doi: 10.1006/jfca.2001.1042.
23. FERNÁNDEZ-SOBRADOS J. Extracción enzimática del aceite de moringa (*Moringa oleifera*) con prensa-expeller y determinación de su tiempo de vida en anaquel. Tesis presentada en opción al título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú, 2018.
24. MARRERO-DELANGE, D.; MURILLO, RV.; GONZÁLEZ-CANAVACIOLO, V. Y GUTIÉRREZ-AMARO, J. Composición de ácidos grasos del aceite de las semillas de *Moringa oleifera* que crece en La Habana, Cuba. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 2014, **19**(2), p.197-204. ISSN 1028-4796.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Gretter León Sánchez: realizó el trabajo experimental, escritura del artículo

Raisa Monteagudo Borges: participó en el trabajo experimental

Efraín Rodríguez Jiménez: idea inicial, asesoría experimental y de la escritura, revisión del informe