



Caracterización del aceite esencial de semillas de *Schinus molle* L. para aplicaciones agroindustriales

Characterization of the essential oil of *Schinus molle* L. seeds for agroindustrial applications

Caracterização do óleo essencial de sementes de *Schinus molle* L. para aplicações agroindustriais

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i25.335>

Leyla Sofia Curasma Castellanos¹

2018122003@unh.edu.pe

Franklin Oré Areche¹

franklin.ore@unh.edu.pe

Jovencio Ticsihua Huaman¹

jovencio.ticsihua@unh.edu.pe

Elisa Raquel Atao Surichaqui²

eraquelatao@gmail.com

Rafael Julian Malpartida Yapias³

rmalpartida@unaat.edu.pe

¹Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú

²Asociación de Productores Agroindustriales de la Margen Izquierda del Rio Perene - APAMIRPE, Pichanaqui, Junín, Perú

³Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma. Tarma, Perú

Artículo recibido: 17 de octubre 2024 / Arbitrado: 25 de noviembre 2024 / Publicado: 27 de enero 2025

RESUMEN

Los aceites vegetales son esenciales para la salud, la industria alimentaria y la sostenibilidad ambiental. El propósito de la presente investigación fue caracterizar el aceite extraído de las semillas de *Schinus molle* L., evaluando sus posibles aplicaciones en la agroindustria. La investigación se desarrolló en Huancavelica, Perú, con un diseño cuantitativo y descriptivo. Los **resultados** indican que la extracción del aceite es más eficiente a temperaturas moderadas, 100°C y 150°C, logrando un rendimiento del 35,25%, mientras que a temperaturas de 200°C se reduce al 9,47%, afectando negativamente la calidad del aceite. Los parámetros fisicoquímicos mostraron una baja humedad, 0,03%-0,04%; un índice de acidez aceptable, 5,61-5,68 mg KOH/) y un índice de peróxido dentro del rango seguro para aceites comestibles, aunque con riesgo de oxidación. Se **concluye** que la extracción a temperaturas moderadas maximiza el rendimiento y calidad del aceite, recomendándose mantener condiciones entre 100°C y 150°C.

Palabras clave: Aceite esencial; Agroindustria; *Schinus molle* L.; Parámetros fisicoquímicos; Técnica de extracción

ABSTRACT

Vegetable oils are essential for health, the food industry and environmental sustainability. The purpose of this research was to characterize the oil extracted from the seeds of *Schinus molle* L., evaluating its potential applications in agroindustry. The research was developed in Huancavelica, Peru, with a quantitative and descriptive design. The **results** indicate that oil extraction is more efficient at moderate temperatures, 100°C and 150°C, achieving a yield of 35.25%, while at temperatures of 200°C it is reduced to 9.47%, negatively affecting the quality of the oil. The physicochemical parameters showed low humidity, 0.03%-0.04%; an acceptable acidity index, 5.61-5.68 mg KOH/l) and a peroxide index within the safe range for edible oils, although with a risk of oxidation. It is **concluded** that extraction at moderate temperatures maximizes the yield and quality of the oil, and it is recommended to maintain conditions between 100°C and 150°C.

Key words: Essential oil; Agroindustry; *Schinus molle* L.; Physical-chemical parameters; Extraction technique

RESUMO

Os óleos vegetais são essenciais para a saúde, a indústria alimentar e a sustentabilidade ambiental. O objetivo desta pesquisa foi caracterizar o óleo extraído das sementes de *Schinus molle* L., avaliando suas possíveis aplicações na agroindústria. A pesquisa foi desenvolvida em Huancavelica, Peru, com desenho quantitativo e descritivo. Os **resultados** indicam que a extração do óleo é mais eficiente em temperaturas moderadas, 100°C e 150°C, alcançando um rendimento de 35,25%, enquanto em temperaturas de 200°C é reduzido para 9,47%, afetando negativamente a qualidade do óleo. Os parâmetros físico-químicos apresentaram baixa umidade, 0,03%-0,04%; um valor de acidez aceitável, 5,61-5,68 mg KOH/) e um valor de peróxido dentro da faixa segura para óleos comestíveis, embora com risco de oxidação. **Conclui-se** que a extração em temperaturas moderadas maximiza o rendimento e a qualidade do óleo, sendo recomendado manter as condições entre 100°C e 150°C.

Palavras-chave: Óleo essencial; Agronegócio; *Schinus molle* L.; Parâmetros físico-químicos; Técnica de extração

INTRODUCCIÓN

El aceite vegetal desempeña un papel fundamental en la agroindustria, como ingrediente clave en la producción alimentaria y en diversas aplicaciones industriales y agrícolas. Son componentes básicos en casi todos los alimentos de alto consumo, contribuyendo al sabor, textura y estabilidad de estos. Constituyen una fuente importante de ácidos grasos esenciales y vitaminas liposolubles, que son cruciales para una dieta equilibrada. Su consumo adecuado está relacionado con beneficios para la salud cardiovascular y el desarrollo celular (1).

Ofrecen, además, beneficios ambientales para la sostenibilidad, ya que son biodegradables y menos propensos a dejar residuos tóxicos en el medio ambiente en comparación con los aceites minerales, lo que los convierte en una opción más sostenible para la agricultura (2). Pueden ser utilizados como extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, actuando tanto como pesticidas como repelentes. Esto permite un enfoque más ecológico y menos dependiente de químicos sintéticos (3).

La agroindustria del aceite vegetal es un pilar fundamental para las economías locales, especialmente en países, donde las exportaciones de este producto han mostrado un crecimiento significativo, contribuyendo de manera considerable al Producto Interno Bruto agroindustrial. Este sector ha demostrado ser

resiliente y en crecimiento, con un incremento notable en las exportaciones agroalimentarias, que alcanzaron los 60.118 millones de euros en 2021. En particular, los aceites y grasas han mostrado un crecimiento del 27.4%, impulsado principalmente por el aceite de oliva, lo que indica una tendencia positiva en el mercado (4).

En este contexto, el *Schinus molle* L., comúnmente conocido como molle, falsopimentero o pimentero peruano, es un árbol perennifolio que pertenece a la familia *Anacardiaceae*. Es nativo de la región andina de Sudamérica, específicamente en países como Perú, Bolivia, Ecuador y Chile, aunque su distribución se ha extendido a México y otras partes de América Central y del Norte, incluyendo Argentina, Uruguay, Paraguay y Brasil. Además, ha sido introducida en la región costera del oeste de los Estados Unidos (5).

Posee importancia y uso en diversos sectores, las bayas de *Schinus molle* L. se utilizan con fines analgésicos, antisépticos, antidepresivos y antibacterianos, para contrarrestar infecciones del tracto respiratorio y urinario, como digestivo, diurético y en tratamientos para el reumatismo. Además, los estudios han revelado que los polisacáridos de las bayas tienen efectos antioxidantes, antigénicos, antidiabéticos y antihemolíticos *in vitro* y propiedades antiinflamatorias y antinociceptivas (6).

El aceite esencial de *Schinus molle* L. se obtiene principalmente de las hojas y los frutos

y ha mostrado un amplio espectro de actividad biológica. Así, Turchetti et al. (7), han demostrado que los extractos de la planta poseen una notable actividad antibacteriana contra cepas como *Staphylococcus aureus* y *Enterococcus faecalis*, con concentraciones mínimas inhibitorias, que indican su eficacia en la lucha contra infecciones bacterianas.

Asimismo, se ha utilizado en la agricultura como un biopesticida natural, gracias a su capacidad para repeler insectos y combatir enfermedades fúngicas en cultivos, lo que no solo contribuye a la salud de estos, sino que también ofrece una alternativa sostenible frente al uso de pesticidas químicos. Se ha demostrado que el aceite esencial es eficaz contra plagas como *Premnotrypes vorax*, el gusano blanco de la papa, mostrando un 50% de mortalidad en adultos a concentraciones del 5% en 24 horas (8).

Además, su uso contribuye a la salud de los cultivos al ofrecer una alternativa sostenible frente a los pesticidas químicos, ayudando a reducir el impacto ambiental negativo asociado con la agricultura convencional. La capacidad de este árbol para mejorar la salud del suelo y su resistencia a plagas lo convierte en un recurso valioso para los agricultores que buscan prácticas más ecológicas y sostenibles en sus cultivos (8)

A pesar de la variedad de usos de este aceite esencial en la agroindustria, también se presentan desafíos que limitan su implementación y eficacia. Uno de los principales retos es la variabilidad en

la composición química del aceite, que puede depender de factores como la región de cultivo, las condiciones climáticas y el método de extracción utilizado, aspecto que puede afectar su potencial biocida y su eficacia como insecticida o fungicida, lo que dificulta la estandarización de productos basados en este aceite para su uso comercial (9). Además, aunque el aceite tiene propiedades antimicrobianas y antifúngicas prometedoras, se requiere valorar su estabilidad a largo plazo, ya que algunos de sus componentes pueden degradarse con el tiempo o bajo condiciones ambientales adversas, reduciendo así su efectividad (10).

Para Tsitlakidou et al. (11), otro desafío significativo es la aceptación por parte de los agricultores, quienes pueden ser reacios a cambiar de pesticidas químicos convencionales a soluciones naturales, debido a la falta de información sobre su eficacia y las percepciones sobre su costo y facilidad de uso. La educación y capacitación son esenciales para superar estas barreras y promover el uso del aceite esencial como una alternativa sostenible. Por otra parte, la regulación y certificación también juegan un papel crucial; los productos derivados del aceite esencial deben cumplir con normativas específicas para garantizar su seguridad y eficacia, lo que puede ser un proceso complejo y costoso para los productores (12). En conjunto, estos desafíos requieren atención para maximizar el potencial del aceite esencial de *Schinus molle* L. en la agroindustria.

Abordar estos desafíos requiere un enfoque integral que incluya las técnicas de extracción del aceite y evaluar sus propiedades. Es por ello pertinente considerar ¿cuál es el rendimiento óptimo de extracción de aceite esencial de *Schinus molle* L. a diferentes temperaturas?, ¿cómo afecta la temperatura de extracción a la calidad del aceite esencial obtenido?, ¿qué parámetros fisicoquímicos son más relevantes para evaluar la idoneidad del aceite esencial de *Schinus molle* L. para aplicaciones en la agroindustria?, ¿cuál es el impacto del contenido de humedad en el rendimiento del aceite esencial extraído de las semillas? Teniendo en cuenta este contexto, el propósito de la presente investigación fue caracterizar el aceite extraído de las semillas de *Schinus molle* L., evaluando sus posibles aplicaciones en la agroindustria.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación adoptó un diseño cuantitativo y descriptivo, desarrollándose en dos fases principales: la extracción del aceite y su posterior caracterización.

Material vegetal y recolección de semillas

Se recolectaron bayas maduras de *Schinus molle* L. de árboles situados en el distrito de Pomacocha, provincia de Acobamba, Huancavelica, Perú. Las bayas fueron cosechadas manualmente durante la temporada de máxima fructificación, asegurando la selección de aquellas que se encontraban en óptimas condiciones de madurez.

Tras la recolección, las bayas se expusieron al sol para su secado; posteriormente, se separaron las semillas de las pajillas y se almacenaron en un lugar fresco y seco hasta su uso posterior Figura 1.



Figura 1. Etapas de obtención de la semilla de *Schinus molle* L.

Muestras para el ensayo

Se utilizaron aproximadamente 6 kg de semillas secas de *Schinus molle* L., conservadas en sacos de yute, los cuales se fueron almacenando

a temperatura y humedad del ambiente. La selección de la semilla se realizó de forma manual en mesas de acero inoxidable del Laboratorio de procesos agroindustriales 01 de la Escuela

Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Huancavelica. 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.

Extracción del aceite

El proceso se efectuó mediante el método de prensado caliente, a tres diferentes temperaturas: 100 °C, 150 °C y 200 °C, en el Laboratorio de tecnología de aceites y grasas, Fomento de Capacidades para la Mitigación del Cambio Climático, FOCAM, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de Huancavelica. La presión empleada fue constante, de 200 atm, 20 MPa. Siempre que se dispuso de la cantidad, se emplearon 2 kg de semilla de *Schinus molle* L. para el proceso de prensado. Las tres prensadas se realizaron de manera continua una tras otra, variando la temperatura para cada extracción.

Analítica

A las muestras de aceite obtenidos se le determinaron los por ciento de humedad y de cenizas; el índice de acidez, mg KOH/g de grasa; el índice de peróxido, meq oxígeno activo/1000 g de grasa; el índice de saponificación, KOH/g de grasa; el índice de Iodo, g de Iodo/100 g de grasa; el índice de refracción a 25 °C; la viscosidad a 37 °C, centistokes y la gravedad específica, g/cm³.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados presentados en la Tabla 1, muestran el rendimiento del aceite extraído de semillas a tres diferentes temperaturas de prensado: 100°C, 150°C y 200°C. Al analizar estos datos, se pueden extraer varias consideraciones importantes sobre el proceso de extracción y su eficiencia.

Tabla 1. Rendimiento del aceite a diferentes temperaturas de prensado.

Temperatura de la prensa (°C)	Semilla (g)	Aceite (mL, g)	Rendimiento (%)
100	2000	750 mL = 705,0 g	35,25
150	2000	750 mL = 705,0 g	35,25
200	2000	200 mL = 189,4 g	9,47
Catechin (mg)	266,61		

Los resultados indican que el rendimiento del aceite es significativamente más alto a las temperaturas de 100°C y 150°C, alcanzando un rendimiento del 35,25% en ambos casos. Este

hallazgo sugiere que las temperaturas moderadas son más efectivas para la extracción de aceite de las semillas, probablemente debido a que permiten una mejor liberación de los lípidos

sin descomponer los compuestos sensibles al calor. A temperaturas más bajas, como 100 °C, la integridad de los componentes del aceite puede mantenerse, lo que no solo maximiza el rendimiento sino también la calidad del producto final.

En contraste, al aumentar la temperatura a 200 °C, el rendimiento se reduce drásticamente al 9,47%. Esta disminución significativa puede atribuirse a varios factores, a altas temperaturas, es probable que se produzca una degradación térmica de los compuestos presentes en las semillas, lo que resulta en la pérdida de aceites volátiles y otros componentes valiosos. Además, el aumento de temperatura puede causar la descomposición de los triglicéridos en ácidos grasos libres, lo que no solo disminuye el rendimiento, sino que puede afectar negativamente la calidad del aceite extraído.

Estos resultados tienen implicaciones directas para el sector agroindustrial que busca optimizar procesos de extracción de aceites. La elección de la temperatura es crucial; las moderadas maximizan el rendimiento y preservan las propiedades organolépticas y nutricionales del aceite. Por

lo tanto, se recomienda realizar extracciones a temperaturas entre 100°C y 150°C para lograr un balance adecuado entre cantidad y calidad del aceite.

Dada la variabilidad observada en los rendimientos según la temperatura, futuros estudios podrían explorar otros parámetros como el tiempo de extracción, el tipo de semilla y la técnica utilizada, prensado en frío versus prensado en caliente. Asimismo, sería beneficioso investigar métodos adicionales que puedan mejorar la extracción sin comprometer la calidad del aceite. La combinación de estas variables podría llevar a un proceso más eficiente y sostenible en la producción de aceites vegetales.

Los resultados presentados en la Tabla 2 reflejan los parámetros fisicoquímicos del aceite extraído de semillas de *Schinus molle* L. a temperaturas de 100 °C, 150 °C y 200 °C. Estos parámetros son cruciales para evaluar la calidad y la estabilidad del aceite, así como su idoneidad para diversas aplicaciones en la agroindustria. A continuación, se analizan cada uno de estos parámetros y sus implicaciones.

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos del aceite de semilla de molle extraído a 100 °C.

Análisis	100 °C	150 °C	200 °C
Humedad (%)	0,04	0,03	0,03
Ceniza (%)	0,09	0,09	0,10
Índice de acidez (mg KOH/g de grasa)	5,61	5,63	5,68
Índice de peróxido (meq Oxígeno activo/1000 g de grasa)	14,79	14,95	14,91

Análisis	100 °C	150 °C	200 °C
Índice de saponificación (KOH/g de grasa)	251,50	256,00	264,00
Índice de Iodo (g de Iodo/100 g de grasa)	10,15	10,85	10,06
Índice de refracción a 25 °C	1,45	1,46	1,45
Viscosidad a 37 °C (centistokes)	177,00	181,50	188,50
Gravedad específica (g/cm ³)	0,91	0,92	0,92

Humedad y ceniza

La humedad del aceite extraído se mantuvo baja en todos los casos, con valores de 0,04% a 100 °C; 0,03% a 150 °C y 0,03% a 200 °C. Una baja humedad es deseable ya que indica una menor probabilidad de deterioro microbiano y una mayor estabilidad del aceite. En cuanto al contenido de ceniza, los valores fueron relativamente constantes, variando entre 0,09% y 0,10%, lo que sugiere que el proceso de extracción no introdujo impurezas significativas en el aceite. Estos resultados son indicativos de un proceso de extracción eficiente que minimiza la contaminación.

Índice de acidez

El índice de acidez se mantuvo relativamente estable en un rango de 5,61 mg KOH/g a 5,68 mg KOH/g, lo que indica una presencia moderada de ácidos grasos libres. Este parámetro es esencial ya que un índice de acidez elevado puede ser indicativo de la descomposición del aceite o de una mala calidad inicial de las semillas. Los valores observados sugieren que el aceite extraído es apto para consumo humano y aplicaciones industriales, aunque un monitoreo continuo es recomendable

para asegurar que no se produzcan cambios desfavorables durante el almacenamiento.

Índice de peróxido

El índice de peróxido mostró valores cercanos entre 14,79 meq O₂/1000 g a 100 °C y 14,95 meq O₂/1000 g a 150 °C, con una ligera disminución a 14,91 meq O₂/1000 g a 200 °C. Esto es un indicador clave de la rancidez oxidativa del aceite; valores más altos pueden sugerir una mayor degradación oxidativa. Aunque todos los valores están dentro del rango aceptable para aceites comestibles, el aumento progresivo con la temperatura sugiere que las condiciones más elevadas pueden estar contribuyendo a un inicio de oxidación, lo cual debe ser considerado en procesos industriales.

Índice de saponificación e índice de Iodo

El índice de saponificación aumentó con la temperatura, alcanzando 251,50 KOH/g a 100 °C, 256,00 KOH/g a 150 °C, y subiendo a 264,00 KOH/g a 200 °C. Este incremento puede reflejar una mayor cantidad de ácidos grasos presentes en el aceite extraído, lo cual es positivo para aplicaciones en cosmética y jabonería donde se

requiere un alto contenido graso. Por otro lado, el índice de Iodo mostró ligeras variaciones, 10,15 g I/100 g a 100 °C; 10,85 g I/100 g a 150 °C; 10,06 g I/100 g a 200 °C, indicando la capacidad del aceite para absorber halógenos; esto es relevante para evaluar su grado de insaturación y potenciales aplicaciones.

Viscosidad y gravedad específica

La viscosidad aumentó con la temperatura, 177 cSt a 100°C; 181,50 cSt a 150°C; 188,50 cSt a 200 °C, lo que puede afectar la fluidez del aceite durante su procesamiento y aplicación. La gravedad específica también mostró un ligero aumento, 0,91 g/cm³ a 100 °C y 0,92 g/cm³ en las otras temperaturas, lo que puede influir en las propiedades físicas del aceite al ser mezclado con otros ingredientes.

Los parámetros fisicoquímicos analizados indican que el aceite extraído de semillas de *Schinus molle* L. presenta características favorables para su uso en diversas aplicaciones agroindustriales. Las temperaturas moderadas, 100 °C y 150 °C, ofrecen un balance óptimo entre rendimiento y calidad del aceite. Sin embargo, se debe prestar atención al control del proceso para evitar la oxidación y mantener la estabilidad del producto final. Futuros estudios podrían enfocarse en optimizar aún más las condiciones de extracción y evaluar el comportamiento del aceite durante el almacenamiento prolongado.

Discusión

Los resultados obtenidos indican que el rendimiento del aceite es significativamente más alto a temperaturas de 100 °C y 150 °C, este patrón se alinea con lo obtenido por Shehata et al. (13), quienes en su estudio sobre el aceite esencial de *Schinus molle* L., reportaron que las temperaturas moderadas son más efectivas para la extracción, debido a que permiten una mejor liberación de los lípidos sin descomponer compuestos sensibles al calor. Esto es consistente con la observación de Rodríguez et al. (14), cuando plantean que, a temperaturas más altas, como 200°C, se produce una degradación térmica de los compuestos presentes en las semillas, resultando en una pérdida significativa de aceites volátiles y otros componentes valiosos.

Por su parte, Lafont et al. (15), reportaron un promedio de aceite extraído de semillas de *Crescentia cujete* L. por el método de prensado de 17,36 ± 0,90%; lo cual muestra una eficiencia menor, casi del 50%, al obtenido en el presente estudio, debido a que en el residuo de la semilla presionada, torta, quedan retenidas moléculas de aceite que no lograron salir de las células vegetales; mientras que Bello (16), reportó la extracción del 31,7% de aceite, empleando el método de solvente para semillas de *Crescentia cujete* L.; en tanto que, para la especie *Crescentia alata* L., Corrales et al. (17), obtuvieron un valor del 33%. Se observa que el porcentaje de aceite obtenido en el presente estudio, por el mismo método, es mayor.

Se concuerda con la investigación realizada por Dashtian et al. (18), que, utilizando fluidos supercríticos para la extracción de aceites esenciales también sugieren que las condiciones deben ser cuidadosamente controladas para maximizar el rendimiento y mantener la calidad del producto final. El uso de técnicas como la extracción con CO₂ supercrítico ha demostrado ser efectivo para obtener aceites con alta pureza y rendimiento, aunque este método puede no ser accesible para todos los productores debido a su costo.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, el índice de acidez se mantuvo relativamente estable entre 5,61 mg KOH/g y 5,68 mg KOH/g, lo que indica una presencia moderada de ácidos grasos libres. Este hallazgo es coherente con estudios previos, como el de Chen y Liu (19), que sugieren que un índice de acidez bajo es indicativo de un aceite fresco y apto para el consumo humano. La estabilidad del índice de acidez en este estudio sugiere un proceso de extracción eficiente, donde se minimiza la descomposición del aceite durante el procesamiento.

Los resultados del índice de peróxido, que mide la cantidad de oxígeno activo presente en el aceite de *Schinus molle* L., muestra valores relativamente consistentes a diferentes temperaturas de extracción. Este resultado es similar a lo encontrado por Agregán et al. (20), quienes observaron que un aumento en la temperatura durante la extracción

puede llevar a una mayor formación de peróxidos, lo cual es un indicador clave de rancidez oxidativa.

Aunque todos los valores están dentro del rango aceptable para aceites comestibles, es crucial monitorear estos parámetros durante el almacenamiento para asegurar la calidad del aceite. Asimismo, Belhoussaine et.al. (5), destacan las propiedades del aceite de *Schinus molle* L., incluyendo su estabilidad y características fisicoquímicas. Se concuerda con López et al. (21), que abordan la extracción y caracterización del aceite esencial de molle, donde se evalúan aspectos fisicoquímicos relevantes, incluido el índice de peróxido.

El índice de saponificación aumentó con la temperatura desde 251,50 KOH/g hasta 264,00 KOH/g, lo cual puede reflejar una mayor cantidad de ácidos grasos presentes en el aceite extraído. Se concuerda con Dalla et al. (22), quienes en su estudio obtiene un incremento similar y refieren que este resultado es positivo para aplicaciones en cosmética y jabonería donde se requiere un alto contenido graso.

Por su parte, Rahnama et al. (23), han indicado que un alto índice de saponificación está relacionado con aceites ricos en ácidos grasos insaturados. A su vez, el índice de Iodo mostró ligeras variaciones entre las temperaturas analizadas, lo que concuerda con el estudio de Lima et al. (24), quienes indican que estos resultados

muestran la capacidad del aceite para absorber halógenos; aspecto relevante para evaluar su grado de insaturación y potenciales aplicaciones.

Por su parte Lafont et al. (15), reportan el índice de saponificación de $77,940 \pm 0,014$ mg KOH/g, encontrado para el aceite de semillas de *Crescentia cujete* L., extraído por prensado, relacionado con la longitud de las cadenas de los ácidos grasos hallados en el aceite; mientras Zumalacárregui y Ferrer (25), obtiene valores inferiores a los alcanzados en la presente investigación, para el aceite de semilla de moringa, con un índice de saponificación de 151,02 mg KOH/g.

La humedad del aceite extraído se mantuvo baja en todos los casos, lo cual es deseable ya que indica una menor probabilidad de deterioro microbiano y una mayor estabilidad del aceite. Este resultado concuerda con las investigaciones realizadas por Jugreet et al. (26), donde se encontró que un bajo contenido de humedad está asociado con una mejor conservación del aceite esencial. Asimismo, el contenido constante de ceniza, de 0,09% a 0,10%, sugiere que el proceso de extracción no introdujo impurezas significativas en el aceite.

Los valores de humedad obtenidos contrastan con el reporte de Zumalacárregui y Ferrer (25), los que reportaron 6,24 % para el aceite de semilla de moringa; de esta manera los valores de humedad del presente estudio son muy inferiores a los

alcanzados por los autores antes mencionados, lo que permite inferir que la temperatura de extracción y el tipo de materia prima influyen en esta propiedad.

El índice de acidez tiende a aumentar ligeramente a medida que se incrementa la temperatura de extracción del aceite de, sin embargo, las diferencias observadas entre los valores de temperatura son mínimas y no son estadísticamente significativas. Esto sugiere que la temperatura de extracción dentro del rango estudiado no tiene un efecto considerable en el índice de acidez, lo que podría implicar que otros factores podrían ser más determinantes en la calidad del aceite obtenido. Por su parte, Fernández et.al. (27), reportaron un índice de acidez para el aceite de semilla de moringa de 4,01 mg KOH/g; lo cual demuestra que el tipo de materia prima influye en esta propiedad.

Además, Razzak et al. (28), llevaron a cabo un estudio comparativo sobre el poder lubricante y la estabilidad oxidativa del aceite, evaluando el índice de peróxido y proporcionando información valiosa sobre su comportamiento a distintas temperaturas. Estos estudios sugieren que el índice de peróxido en el aceite de *Schinus molle* L. se mantiene relativamente estable frente a variaciones en la temperatura de extracción.

El índice de Iodo difiere del obtenido por Fu et al. (29), para el aceite de semilla de moringa, 68,685 mg KOH/g, valor superior al de la presente

investigación. Ciertos valores son muy inferiores y discrepan respecto al rango determinado de 86 a 107 g de Iodo/100 g según el Codex alimentarios de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (30).

El índice de refracción presentó valores próximos a los obtenidos por Solis et al. (31) y coinciden con los alcanzados por Phiri et al. (32), quienes obtuvieron el índice de refracción de 1,471 a 20°C del aceite de *Schinus molle* L. En la presente investigación se alcanzó una viscosidad de 177 centistokes a temperatura de 100°C; mientras a temperatura de 150°C fue de 181,5 centistokes, así mismo, a temperatura de 200°C fue de 188,5 centistokes, lo que coincide con lo obtenido por Machado et al. (33), esto demuestra que la viscosidad del aceite se incrementa de acuerdo a la temperatura de extracción.

Futuros estudios podrían enfocarse en optimizar otros parámetros del proceso de extracción y evaluar cómo diferentes técnicas pueden influir en la calidad final del producto. Además, sería beneficioso investigar métodos adicionales para mejorar la eficiencia sin comprometer las propiedades deseables del aceite extraído. La combinación de estas variables podría llevar a un proceso más eficiente y sostenible en la producción de aceites vegetales.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que la extracción de aceite de semillas de *Schinus molle* L. es significativamente más eficiente a temperaturas moderadas, específicamente a 100°C y 150°C, donde se alcanzó un rendimiento del 35,25%. Este hallazgo resalta la importancia de seleccionar adecuadamente las condiciones de extracción, ya que temperaturas más altas, 200°C, provocan una drástica reducción del rendimiento al 9,47%. La degradación térmica de los compuestos presentes en las semillas a altas temperaturas no solo disminuye el rendimiento, sino que también compromete la calidad del aceite extraído.

Los parámetros fisicoquímicos analizados indican que el aceite obtenido a temperaturas moderadas mantiene características favorables para su uso en la agroindustria. La baja humedad, 0,03% a 0,04%, y el contenido constante de ceniza, 0,09% a 0,10%, sugieren un proceso de extracción eficiente que minimiza contaminantes. El índice de acidez se mantuvo en un rango aceptable, 5,61 a 5,68 mg KOH/g, lo que indica que el aceite es apto para consumo humano y aplicaciones industriales. Sin embargo, se recomienda un monitoreo continuo para evitar cambios desfavorables durante el almacenamiento.

El índice de peróxido mostró valores dentro del rango para aceites comestibles, aunque el ligero aumento con la temperatura sugiere un riesgo potencial de oxidación que debe ser considerado en procesos industriales. Por otro lado, el aumento en el índice de saponificación con la temperatura indica una mayor cantidad de ácidos grasos presentes en el aceite, lo cual es beneficioso para aplicaciones en cosmética y jabonería.

Estos resultados permiten concluir que las temperaturas moderadas no solo maximizan el rendimiento del aceite, sino que también preservan sus propiedades organolépticas y nutricionales. Futuros estudios podrían centrarse en optimizar otros parámetros del proceso de extracción y evaluar el comportamiento del aceite durante períodos prolongados de almacenamiento, así como explorar técnicas adicionales que puedan mejorar la eficiencia sin comprometer la calidad del producto final.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

FINANCIAMIENTO. La investigación fue financiada por Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional de Huancavelica, mediante el Programa Presupuestal 066-2022.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Msanne J, Kim H, Cahoon E. Biotechnology tools and applications for development of oilseed crops with healthy vegetable oils. *Biochimie*. 2020;178:4-14. <https://lc.cx/s1Jhzt>
2. Fadda A, Sanna D, Sakar E, Gharby S, Mulas M, Medda S, et al. Innovative and sustainable technologies to enhance the oxidative stability of vegetable oils. *Sustainability*. 2022;14(2):849. <https://lc.cx/YY5n-e>
3. Lengai G, Muthomi J, Mbega E. Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African*. 2020;7:e00239. <https://lc.cx/RipKFr>
4. Raghavan M, Khan F, Devadason E. Agri-food trade channel and the ASEAN macroeconomic impacts from output and price shocks. *Agricultural Economics*. 2024;55(1):5-26. <https://lc.cx/4UuKXf>
5. Belhoussaine O, El Kourchi C, Harhar H, El Moudden H, El Yadini A, Ullah R, et al. Phytochemical characterization and nutritional value of vegetable oils from ripe berries of *Schinus terebinthifolia* raddi and *Schinus molle* L., through extraction methods. *Food Chemistry: X*. 2024:101580. https://lc.cx/w_iN17
6. Feriani A, Tir M, Hamed M, Sila A, Nahdi S, Alwaseel S, et al. Multidirectional insights on polysaccharides from *Schinus terebinthifolius* and *Schinus molle* fruits: Physicochemical and functional profiles, in vitro antioxidant, anti-genotoxicity, antidiabetic, and antihemolytic capacities, and in vivo anti-inflammatory and anti-nociceptive properties. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020;165:2576-87. <https://lc.cx/qxwmBS>
7. Turchetti G, Garzoli S, Laghezza V, Sabia C, Iseppi R, Giacomello P, et al. Antimicrobial testing of *Schinus molle* (L.) leaf extracts and fractions followed by GC-MS investigation of biological active fractions. *Molecules*. 2020;25(8):1977. https://lc.cx/jS_Ynr
8. Ganoza-Yupanqui M, Suárez-Rebaza L, Venegas-Casanova E, Ruiz-Reyes S, de Albuquerque R, Ganoza-Suárez M. Essential Oils of Medicinal Plants from Northern Peru: Traditional and Scientific Knowledge. *Essential Oils*. Estados Unidos: CRC Press; 2023. p. 120-33. https://lc.cx/q_16m0
9. Lipa C, Puma R. Efecto de los aceites esenciales de eucalipto: *Eucalyptus globulus* Labill.(1800) y molle: *Schinus molle* L.(1753) sobre larvas de moscas que afectan el cultivo de champiñón:

- Agaricus bisporus (JE Lange) Imbach.(1946). Cusco, Perú: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco; 2024. <https://lc.cx/0YugaE>
- 10.** Lammari N, Louaer O, Meniai A, Elaissari A. Encapsulation of essential oils via nanoprecipitation process: Overview, progress, challenges and prospects. *Pharmaceutics*. 2020;12(5):431. <https://lc.cx/-lv5VF>
- 11.** Tsitlakidou P, Tasopoulos N, Chatzopoulou P, Mourtzinou I. Current status, technology, regulation and future perspectives of essential oils usage in the food and drink industry. *Journal of the Science of Food Agriculture*. 2023;103(14):6727-51. <https://lc.cx/7WetNF>
- 12.** Puppo M, Gianotti C, Calvete A, Leal A, Rivas M. Landscape, agrobiodiversity, and local knowledge in the protected area "Quebrada de los Cuervos y Sierras del Yerbál," Uruguay. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2023;7:1240991. <https://lc.cx/un9F9M>
- 13.** Shehata M, El-Sherbiny G, Sharaf M, Kalaba M, Shaban A, Biorefinery. Phytochemical analysis, antimicrobial, antioxidant, and cytotoxicity activities of Schinus molle (L.) extracts. *Biomass Conversion*. 2024:1-18. <https://lc.cx/jam7vt>
- 14.** Rodríguez R, Oré J, Esenarro D. Efficient and sustainable improvement of a system of production and commercialization of Essential Molle Oil (Schinus Molle). *Empresa: investigación y pensamiento crítico*. 2021;10(4):43-75. https://lc.cx/_UeAT5
- 15.** Lafont J, Espitia A, Torres F. Estudio químico del aceite y torta de semillas de Crescentia cujete: reporte de caso. *Revista UDCA Actualidad Divulgación Científica*. 2023;26(2):e2132. <https://lc.cx/76lv2t>
- 16.** Bello A. Obtención y caracterización físico-química del aceite de las semillas del mate (Crescentia cujete L.). *Cumbres*. 2017;3(1):93-9. <https://lc.cx/zxxNox>
- 17.** Corrales C, Flidel G, Pérez A, Servent A, Prades A, Dornier M, et al. Physicochemical characterization of jicaro seeds (Crescentia alata HBK): A novel protein and oleaginous seed. *Journal of Food Composition Analysis*. 2017;56:84-92. <https://lc.cx/TfogQw>
- 18.** Dashtian K, Kamalabadi M, Ghoorchian A, Ganjali M, Rahimi-Nasrabadi M. Integrated Supercritical Fluid Extraction of Essential Oils. *Journal of Chromatography A*. 2024;1733(27):465240. https://lc.cx/Sobh_c
- 19.** Chen J, Liu H. Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini-review. *International journal of molecular sciences*. 2020;21(16):5695. <https://lc.cx/7SGETO>
- 20.** Agregán R, Lorenzo J, Munekata P, Dominguez R, Carballo J, Franco D. Assessment of the antioxidant activity of Bifurcaria bifurcata aqueous extract on canola oil. Effect of extract concentration on the oxidation stability and volatile compound generation during oil storage. *Food Research International*. 2017;99:1095-102. <https://lc.cx/sVYbH7>
- 21.** López A, Plascencia M, Lizardi J, Fernández D, Rodríguez F, Mouriño R, et al. Schinus molle L. essential oil-loaded chitosan nanoparticles: Preparation, characterization, antifungal and anti-aflatoxigenic properties. *Lwt*. 2018;96:597-603. <https://lc.cx/EDEE4L>
- 22.** Dalla F, Stangherlin A, Nichelle B, de Freitas D, Duarte F, Oliveira R, et al. Miniaturized, high-throughput and green determination of the saponification value of edible oils using thermal infrared enthalpimetry. *Analytical methods*. 2018;10(30):3770-6. <https://lc.cx/e9ddic>
- 23.** Rahnema A, Salehi F, Meskarbashee M, Mehdi K, Ghorbanpour M, Harrison M. High temperature perturbs physicochemical parameters and fatty acids composition of safflower (Carthamus tinctorius L.). *BMC Plant Biology*. 2024;24(1):1080. <https://lc.cx/IYUh1N>
- 24.** Lima J, da Cruz A, Alves R, de Almeida A, Darnet S, Meller L. Alternative sources of oils and fats from Amazonian plants: Fatty acids, methyl tocopherols, total carotenoids and chemical composition. *Food research international*. 2019;116:12-9. <https://lc.cx/edav6w>

- 25.** Zumalacárregui B, Ferrer C. Caracterización fisicoquímica de hojas, semillas y aceite vegetal de *Moringa oleifera* ecotipo Plain. *Revista cubana de química*. 2022;34(2):227-41. <https://lc.cx/5deTuM>
- 26.** Jugreet B, Suroowan S, Rengasamy R, Mahomoodally M. Chemistry, bioactivities, mode of action and industrial applications of essential oils. *Trends in Food Science Technology*. 2020;101:89-105. <https://lc.cx/39QYRx>
- 27.** Fernández J, Pascual G, Silva M, Salvá B, Guevara A, Encina C. Efecto del tratamiento enzimático de la semilla de moringa (*Moringa oleifera*) sobre las características físico-químicas del aceite obtenido por extracción con prensa expeller. *Scientia Agropecuaria*. 2018;9(3):371-80. <https://lc.cx/owdxmY>
- 28.** Razzak A, Khiari R, Moussaoui Y, Belgacem N. *Schinus Molle: Currently Status and Opportunity. Annual Plant: Sources of Fibres, Nanocellulose and Cellulosic Derivatives: Processing, Properties and Applications*. Singapore: Springer; 2023. p. 535-51. <https://lc.cx/ZDqCvG>
- 29.** Fu X, Su J, Hou L, Zhu P, Hou Y, Zhang K, et al. Physicochemical and thermal characteristics of *Moringa oleifera* seed oil. *Advanced Composites Hybrid Materials*. 2021;4:685-95. <https://lc.cx/Y7B4dL>
- 30.** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Alimentarius Codex. Norma para aceites vegetales especificados (CXS 210-1999)*. FAO y OMS; 2023. https://lc.cx/M_QnoK
- 31.** Solis J, Davila R, Sandoval C, Guzmán D, Guzmán H, Alejo L, et al. Ethanol production from *Schinus molle* essential oil extraction residues. *Waste Biomass Valorization*. 2020;11(8):4053-65. <https://lc.cx/n3HmpG>
- 32.** Phiri N, Serame EL, Pheko T. Extraction, chemical composition and antioxidant activity analysis of essential oil from *Schinus molle* medicinal plant found in Botswana. *Am J Essent Oil Nat Prod*. 2021;9(4):1-9. https://lc.cx/mi_me8
- 33.** Machado C, Raman V, Rehman J, Maia B, Meneghetti E, Almeida V, et al. *Schinus molle*: anatomy of leaves and stems, chemical composition and insecticidal activities of volatile oil against bed bug (*Cimex lectularius*). *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 2019;29(1):1-10. <https://lc.cx/2kbYYQ>

ACERCA DE LOS AUTORES

Leyla Sofia Curasma Castellanos. Bachiller de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Huancavelica. Asistente Analista de distribución en productos masivos en la empresa DISTRARAJ SAC, sede en el departamento de Ica, supervisor fitosanitario en fundo Agrícola San Lázaro de la empresa UVICA SAC en el departamento de Ica, Perú.

Franklin Oré Areche. Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional de Huancavelica Perú. Magíster en Agronegocios y Comercio Internacional, Universidad Nacional de Huancavelica. Docente ordinario en la Universidad Nacional de Huancavelica en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, donde desarrolla investigaciones con los productos agropecuarios andinos, en las líneas de Ciencia y Tecnología de los alimentos, Fermentaciones industriales, Biotecnología e Ingeniería de procesos, Perú.

Jovencio Ticsihua Huaman. Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional de Huancavelica. Magíster en Gestión Pública y docencia superior, Universidad Nacional de Huancavelica. Doctorado en Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Huancavelica. Experiencia en ciencia y tecnología de alimentos, experiencia en la inspección y supervisión en plantas y almacenes en productos agroindustriales, supervisión en programa social, Perú.

Elisa Raquel Atao Surichaqui. Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional del Centro del Perú. Especialista en el manejo de proyectos productivos. Presidenta de la Asociación de Productores Agroindustriales de la Margen Izquierda del Río Perene – APAMIRPE, Perú.

Rafael Julian Malpartida Yapias. Ingeniero Agroindustrial. Magíster en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible; Magíster en Planificación y Proyectos de Inversión; experticia en TICs. Especialista en formulación y evaluación de planes de negocio y proyectos productivos. Especialista en innovación de productos agroindustriales empleando tecnologías emergentes. Doctor en Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible. Línea de investigación: Desarrollo sostenible, Biotecnología y otras tecnologías, Perú.