

Caracterización fisicoquímica de aceite de semilla de sandía (*Citrullus lanatus*) y melón (*Cucumis melo*) considerando distintos métodos de extracción

Physicochemical characterization of wander seed oil (*Citrullus lanatus*) and melon (*Cucumis melo*) considering three extraction methods

Martha Daniela Jacome Calie¹, Kary Victoria Castro Holguín², Denisse Margoth Zambrano Muñoz^{3*}, Karol Revilla Escobar⁴, Jhonattan Aldas Morejon⁵, Roxanna Mercedes Zambrano Muñoz⁶, Jonathan Alexander Arguello Cedeño⁷

Cómo citar este artículo: Aldas Morejon, J., Jacome Calie, M. D., Castro Holguín, K. V., Zambrano Muñoz, D. M., Revilla Escobar, K., Zambrano Muñoz, R. M., & Arguello Cedeño, J. A. Caracterización fisicoquímica de aceite de semilla de sandía (*Citrullus lanatus*) y melón (*Cucumis melo*) considerando distintos métodos de extracción. *Innovaciencia* 2023; 11(1): 1-13. DOI: [10.15649/2346075X.3518](http://dx.doi.org/10.15649/2346075X.3518)

Publicado: diciembre 1 de 2023

RESUMEN

Introducción: Las industrias procesadoras de frutas descartan los subproductos, los cuales generan contaminación, el aceite vegetal extraídos de semillas oleaginosas se considera uno de los componentes primordiales de nuestros alimentos. **Objetivo:** La presente investigación tuvo como objetivo evaluar las características fisicoquímicas de aceite de semilla de sandía (*Citrullus lanatus*) y melón (*Cucumis melo*) considerando tres métodos de extracción. **Materiales y Métodos:** Para el caso de la materia prima se obtuvieron del mercado local del cantón de Quevedo, provincia de los Ríos (Ecuador). Se empleó un diseño de bloques completamente al azar con modelo bifactorial AxB; donde factor A= Tipos de semillas Sandía y Melón, factor B= Método de extracción, Prensado en frío, Solvente y Combinado. **Resultados:** Para los análisis físicos-químicas Índice de refracción no obtuvieron diferencias significativas, mientras que el método de semillas de melón + solvente químico (T5), destacó en los contenidos de humedad (2,37 %), ceniza (0,12 %) y índice de saponificación (198,33 mg KOH/g). Así mismo se estable que el método semillas de melón + combinado obtuvo el mayor contenido de acidez con 0,48 %, en relación con el índice de yodo el método sandía + prensado en frío resaltó con un valor de 134,44 %. **Conclusión:** Se concluye que el índice de peróxido en los dos aceites fue favorecedor debido a su resultado. Los perfiles de ácidos grasos muestras que el mayor contenido fue el ácido oleico, seguido por el palmítico.

Palabras clave: aceite; ácidos grasos; extracción; índice de refracción.

¹Investigadora, Facultad de ciencias de la industria y producción, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, martha.jacome2016@uteq.edu.ec, <https://orcid.org/0009-0005-4467-7755>

²Investigadora, Facultad de ciencias de la industria y producción, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, kary.castro2016@uteq.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0002-21682130>

³Docente Titular, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, dzambranom@uteq.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0002-21682130> (Autor de correspondencia)

⁴Investigadora, Facultad de Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional del Cuyo, Ecuador, revillak12@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8734-1216>

⁵Investigador, Facultad de Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional del Cuyo, Ecuador, jhonattanaldas719@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3592-0563>

⁶Investigadora, Plantaciones de Balsa Plantabal S.A, Ecuador, roxannazambrano1995@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-1902-4559>

⁷ Docente, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador, jaarguello@puccese.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0002-2861-4659>

ABSTRACT

Introduction: Fruit processing industries discard by-products, which generate contamination, vegetable oil extracted from oilseeds is considered one of the primordial components of our food. **Objective:** The objective of this research was to evaluate the physicochemical characteristics of watermelon (*Citrullus lanatus*) and melon (*Cucumis melo*) seed oil considering three extraction methods. **Materials and Methods:** The raw material was obtained from the local market in the canton of Quevedo, Los Ríos province (Ecuador). A completely randomized block design with AxB bifactorial model was used; where factor A= Types of seeds Watermelon and Melon, factor B= Method of extraction, Cold pressed, Solvent and Combined. **Results:** For the physical-chemical analyses, the refractive index did not show significant differences, while the melon seed + chemical solvent method (T5) stood out in moisture content (2.37%), ash (0.12%) and saponification index (198.33 mg KOH/g). It was also established that the melon seeds + combined method obtained the highest acidity content with 0.48 %, and in relation to the iodine index, the watermelon + cold pressed method stood out with a value of 134.44 %. **Conclusion:** It is concluded that the peroxide index in the two oils was favorable due to its result. The fatty acid profiles show that the highest content was oleic acid, followed by palmitic acid.

Keywords: oil; fatty acids; extraction; refractive index; refractive index.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una preocupación global por los subproductos de las frutas, paralelamente, la industria frutícola genera residuos o subproductos durante la producción, en gran parte de esto son las semillas que al no ser eliminados adecuadamente generan contaminación, pero también una pérdida, para otras industrias en la producción de aceites de semillas (1). Hoy en día debido a la creciente tendencia de sustituir grasas de origen animal por grasas vegetales, las semillas de las frutas son empleadas en la utilización en extracción de aceites (2).

El aceite vegetal extraídos de semillas oleaginosas se considera uno de los componentes primordiales de nuestros alimentos (3). A nivel global los principales aceites vegetales que han dominado el mercado debido a su alto rendimiento son el aceite de soja y palma. Se informó que la producción de soja representa el 60 % y el aceite de palma 30 % de la producción de aceite comestible (4). En el 2022 se reportó un consumo de 212,82 millones de toneladas, lo cual indica un incremento del 1,25 en comparación del año 2014 (5).

Con el aumento de la demanda en aceites vegetales empleados para producir alimentos, la brecha crece firmemente, para lo cual se proporcionan algunas ideas innovadoras (6). Como lo son la extracción de aceites de diferentes semillas (7). Los aceites vegetales cuentan con una compicisión de ácidos grasos saturados, moinsaturados y polisaturados, donde el predominante generalmente es el ácido oleico y palmítico, se han empleado aceites de origen vegetal para sustitución en emulsiones con grasas de origen animal (8).

En Ecuador la sandía (*Citrullus lanatus*), es cultivado con mayor porcentaje en la provincia de Manabí 40 %, Santa Elena 25 %, Guayas 20 % y distribuidos en otras provincias el 15 % (9). Así mismo, es un cultivo hortícola prominente que pertenece a la familia de las Cucurbitáceas, cultivada significativamente por sus apetecibles frutos, el 81 % de la producción global la lideran los países asiáticos (10). Las semillas de sandía tienen el potencial de ser empleadas en industrias de producción de aceites (11). Generalmente se utilizan como materia prima para la elaboración de batidos, mermeladas, salsas, dulces y jugos (12).

El melon (*Cucumis melo*), es una planta cuyos frutos aportan propiedades nutricionales siendo de los más consumidos y empleados en elaboraciones de dulces, conservas y jugos, en el Ecuador el cultivo de esta fruta

se da en la provincia de Manabí y Santa Elena con una producción de 75946 toneladas, donde 1,4 % de la producción se exporta a países Europeos (13). Por otro lado, las semillas de melón reportan un contenido de proteína del 27,34 % .Los ácidos grasos son componentes comunes en los lípidos (14). Así mismo otros autores mencionan que el aceite de semillas de melón contiene ácido aléico y linoleico (14).

En las últimas décadas se ha incrementado el uso de los subproductos de frutas para la extracción de aceite proveniente de semillas por lo cual ha sido foco de estudios con el fin de presentarlo como alternativa (15). Por lo antes mencionado, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la caracterización fisicoquímica de aceites obtenidos de semilla de sandía (*Citrullus lanatus*) y melón (*Cucumis melo*) considerando distintos métodos de extracción (prensado en frío, solvente químico y combinado).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material

Para el caso de la materia prima se obtuvieron del mercado local del cantón de Quevedo, provincia de los Ríos (Ecuador). Con respecto a los análisis estos fueron realizados en el laboratorio de Química y Bioquímica ubicado en el Campus “La María”, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo-Ecuador, ubicada a 73 msnm, Latitud: Sur 1°02’24”, 26’26.70” de longitud Oeste.

Análisis estadístico

Se empleó un diseño de bloques completamente al azar con modelo bifactorial A**B; donde factor A= Tipos de semillas (Sandía y Melón) y Factor B= Método de extracción (Prensado en frío, Solvente y Combinado). Para determinar diferencias estadísticas se aplicó una prueba de Tukey ($p < 0,05$) mediante el programa InfoStat.

Tabla 1. Tratamientos para la extracción de aceites de dos tipos de semillas mediante tres métodos de extracción.

Tratamientos	Descripción
T1	Semillas de sandía + Prensado en frío
T2	Semillas de sandía + Solvente químico
T3	Semillas de sandía + Combinado
T4	Semillas de melón + Prensado en frío
T5	Semillas de melón + Solvente químico
T6	Semillas de melón + Combinado

Fuente: Construcción propia

Extracción de aceite por prensado en frío

Una vez seleccionadas las semillas fueron expuestas al proceso de prensado en frío, mediante una prensa hidráulica que ejerce presión 246-250 Bar, aplicando temperatura 45 °C a 45 min, el aceite extraído es recogido en bandejas de aceros inoxidable y finalmente es filtrado mediante tamiz.

Extracción de aceite por método solvente químico

La extracción del aceite se realizó mediante un extractor Soxhlet, el cual con su sistema recircula el líquido disolvente permitiendo la separación de sólido-líquido, mediante el uso de éter de petróleo (250 ml) a temperatura de 50 °C.

Extracción de aceite método combinado

En relación con el método de extracción combinado se empleó la torta residual de los tipos de semillas del método prensado en frío y luego sometidas al método de extracción por solvente químico.

Parámetros fisicoquímicos del aceite de Sandía y melón

Determinación de Acidez: El contenido de acidez se determinó mediante la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0038. Grasas y aceites comestibles”. Determinación de la acidez, donde se tomaron 50 ml de cada muestra de aceites y 100 ml de alcohol neutralizado, posteriormente se introdujo Fenolftaleína ($C_2H_{14}O_4$) como indicador y finalmente se tituló con Hidróxido de Sodio (NaOH) con 0.01 N se expresó el ácido predominante % ácido oleico (16).

Determinación de densidad: se obtuvo de acuerdo con lo establecido en Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0391. Conservas vegetales. Jugos de frutas. Determinación de la densidad relativa, en el cual se usó un picnómetro de 10 ml, obteniendo el resultado mediante la diferencia de peso (17).

Determinación ceniza: se empleó 10 ml de muestra y se determinó mediante método AOAC 923.03/Gravimetría.

Determinación del contenido de humedad: se estableció según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 662. Aceites y grasas de origen animal y vegetal. En el cual, se colocó 10 ml de muestra la en una estufa por un periodo de 2 horas a 130 °C (18).

Índice de refracción, Índice de saponificación, Índice de yodo, índice de peróxidos y perfil de ácidos grasos

El índice de refracción se determinó siguiendo el método AOAC 921.08/Reflectometría, mediante el uso de un refractómetro de Abbe a 20 °C. Para el índice de saponificación se obtuvo según lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana “NTE INEN ISO 3657:201. Aceites y grasas - Determinación del índice de saponificación, en el cual se empleó 4-5 g de aceite (19). En cuanto al índice de yodo se midió según Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO 3961:2013. Aceites y grasas de origen vegetal, utilizando 15 ml de aceite (20). Respecto al índice de peróxido se determinó mediante la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0277:1978. Grasas y aceites. el índice de peróxido, se pesaron 5 ml de muestra en un matraz Erlenmeyer de tapa esmerilada (250 cm³) (21).

Determinación del perfil de ácidos grasos

El análisis de perfil de ácidos grasos se efectuó según el método de referencia MMQ.HPLC-09, mediante cromatografía de gases empleando detector de ionización de llama (GC-FID), cabe mencionar que, este parámetro se evaluó únicamente a los tratamientos que obtuvieron mayor rendimiento (T1= Semillas de sandía + Prensado en frío y T5 = semillas de melón + Solvente químico).

Tabla 2. Rendimiento de aceite de semillas obtenidos por diferentes métodos de extracción

Tratamientos	Rendimiento
T1	210 ml
T2	72 ml
T3	52 ml
T4	166 ml
T5	55 ml
T6	97 ml

RESULTADOS

Caracterización fisicoquímica tipo de semilla (Factor A)

Los resultados fisicoquímicos de las semillas de sandía y melón por el método de prensado en frío, obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) en cada uno de los parámetros estudiados, donde las semillas de melón obtuvieron los valores más relevantes (**Tabla 3**).

En relación con la humedad, el mayor porcentaje se situó en la semilla de melón con 0,90 % mientras que el menor se obtuvo la semilla de sandía con un valor de 0,21 %. Respecto al contenido de ceniza, densidad, acidez e índice de refracción se puede observar que el tipo de semilla no difiere significativamente entre sí, presentando valores similares. En cuanto al índice de saponificación el mayor contenido con 196,68 mg KOH/g se obtuvo de las semillas de melón; mientras que, el menor contenido con 187,99 mg KOH/g de las semillas de sandía. Respecto al índice de yodo el mayor porcentaje se situó en semilla de melón con 132,67 %, mientras que el menor lo obtuvo la semilla de sandía con 130,47 %. Por otro lado, el índice de peróxido se obtuvo 0,00 meqO₂/kg para las dos semillas en estudio.

Tabla 3. Resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica del tipo de semillas (Factor A)

Tipos de Semillas	Humedad (%)	Cenizas (%)	Densidad (g/mL)	Acidez (%)	Índice de refracción (η)	Índice de saponificación (mg KOH/g)	Índice de yodo (%)	Índice de peróxido (meqO ₂ /kg)
A0: Sandía	0,21 ^A	0,02 ^A	0,92 ^A	0,30 ^A	1,47 ^A	187,99 ^A	130,47 ^A	0,00
A1: Melón	0,90 ^B	0,05 ^A	0,92 ^A	0,45 ^A	1,47 ^A	196,68 ^B	132,67 ^B	0,00

Los súper índices muestran diferencia significativa ($p < 0,05$), entre las medias de los tratamientos

Fuente: Construcción propia

Caracterización fisicoquímica método de extracción (Factor B)

En la **Tabla 4** se detallan los resultados los diferentes métodos de extracción (Factor B). Para el cual se determinó que, los métodos de extracción no incidieron significativamente ($p > 0,05$) en el contenido de cenizas, densidad, acidez e índice de refracción. Mientras que, en el contenido de humedad, se denotó que el método de solvente obtuvo una mayor humedad (1,36 %) en comparación a los métodos prensado y combinado que obtuvieron una humedad inferior con 0,13 % y 0,16 % respectivamente. En cuanto al índice de yodo el método prensado con 194,86 mg KOH/g fue estadísticamente superior ($p < 0,05$) al método combinado que situó 190,80 mg KOH/g. Por su parte, en el índice de yodo el método de extracción por prensado obtuvo un valor superior con 133,60 % mientras que, los métodos de extracción por solvente y combinado presentaron valores inferiores con 130,47 % y 130,64 % consecutivamente. Es necesario enfatizar que, los diferentes métodos de extracción situaron un valor de 0 para el índice de peróxido.

Tabla 4. Resultados obtenidos en la caracterización físicoquímicos del método de extracción (Factor B)

Métodos de extracción	Humedad (%)	Cenizas (%)	Densidad (g/mL)	Acidez (%)	Índice de refracción (η)	Índice de saponificación (mg KOH/g)	Índice de yodo (%)	Índice de peróxido (meqO ₂ /kg)
B0: Prensado	0,13 ^A	0,01 ^A	0,92 ^A	0,35 ^A	1,47 ^A	194,86 ^C	133,60 ^C	0,00
B1: Solvente	1,36 ^C	0,07 ^A	0,92 ^A	0,37 ^A	1,47 ^A	191,34 ^B	130,47 ^A	0,00
B2: Combinado	0,16 ^A	0,02 ^A	0,92 ^A	0,40 ^A	1,47 ^A	190,80 ^A	130,64 ^B	0,00

Los súper índices muestran diferencia significativa ($p < 0,05$), entre las medias de los tratamientos

Fuente: Construcción propia

Resultados en la caracterización físicoquímica de los tratamientos (Tipo de semilla + Método de extracción)

En la Tabla 5 se presentan los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos, determinando que, en existió diferencia significativa ($p < 0,05$) en las variables estudiadas a excepción del índice de refracción que las muestras presentaron un contenido similar. En relación con el contenido de humedad el mayor porcentaje lo obtuvo el T5 con 2,37 %, mientras que el menor se situó en T1 con 0,10 %. Respecto al porcentaje de ceniza el T5 con 0,12 % presentó el mayor contenido, sin embargo, el T4 con 0,01 % obtuvo el menor contenido. Por otra parte, el análisis de densidad para los T1-T2-T3-y T4 presentaron un valor de 0,92 g/ml, mientras que los T4 y T5 obtuvieron 0,91 g/ml. Para el contenido de acidez la mayor incidencia se presentó en T6 con 0,48 %; en comparación al T1 que posicionó la menor acidez con 0,26 %. En cuanto al índice de refracción al no existir diferencia significativa ($p < 0,05$) los tratamientos obtuvieron un contenido de 1,47 η . Para el índice de saponificación para cada uno de los tratamientos, se determinó que el mayor contenido se obtuvo en el T5 con un valor de 198,34 mg KOH/g mientras que el T2 presentó un menor contenido con 184,36 mg KOH/g. Respecto al índice de yodo el T1 con 134,44 % fue estadísticamente superior al T3 que situó el menor rango con 127,99 %. En relación con el índice de peróxido se obtuvo 0,00 meqO₂/kg para los tratamientos en estudio.

Tabla 5. Caracterización físicoquímicos del aceite obtenido de los diferentes tipos de semilla y métodos de extracción (Interacción A*B).

Tratamientos	Humedad (%)	Cenizas (%)	Densidad (g/mL)	Acidez (%)	Índice de refracción (η)	Índice de saponificación (mg KOH/g)	Índice de yodo (%)	Índice de peróxido (meqO ₂ /kg)
T1	0,10 ^A	0,02 ^{AB}	0,92 ^A	0,26 ^A	1,47 ^A	194,35 ^C	134,44 ^F	0,00
T2	0,36 ^C	0,02 ^{AB}	0,92 ^A	0,33 ^B	1,47 ^A	184,36 ^A	128,98 ^B	0,00
T3	0,16 ^B	0,03 ^B	0,92 ^A	0,32 ^B	1,47 ^A	185,26 ^B	127,99 ^A	0,00
T4	0,17 ^B	0,01 ^A	0,92 ^A	0,45 ^D	1,47 ^A	195,38 ^D	132,77 ^D	0,00
T5	2,37 ^D	0,12 ^C	0,91 ^B	0,42 ^C	1,47 ^A	198,33 ^F	131,97 ^C	0,00
T6	0,17 ^B	0,02 ^{AB}	0,91 ^B	0,48 ^E	1,47 ^A	196,34 ^E	133,29 ^E	0,00

Los súper índices muestran diferencia significativa ($p < 0,05$), entre las medias de los tratamientos

Fuente: Construcción propia

Perfiles ácidos grasos del aceite extraído de las semillas

En la **Tabla 6**. Se presentan los resultados obtenidos de los ácidos grasos presente en los aceites de semilla de sandía extraído por prensado frío y de semillas de melón obtenido por solvente químico. En relación con los ácidos grasos saturados se demostró que, el mayor contenido de ácido palmítico se situó en el T5 con 8,38 % mientras que el menor contenido en el T1 con 8,14 %. Por otro lado, el ácido esteárico se identificó que la mayor valoración con 2,89 % se obtuvo en el T1, en comparación al T5 que presentó el menor valor con 2,07 %. En cuanto al ácido lignocérico se obtuvo 0,72 % para ambos tratamientos.

En relación con los ácidos grasos monoinsaturados, el que prevaleció fue el ácido oleico con 9,53 % para el T1 y 7,70 % para el T5. Para los ácidos grasos poliinsaturados, el T5 situó mayor concentración de ácido linoleico y eicosapentanoico con 79,72 % y 0,93 % respectivamente.

Tabla 6. Perfiles ácidos grasos del aceite de semillas extraído por diferentes métodos.

Tratamientos	Perfil de ácidos grasos					
	Ácidos grasos saturados			Ácidos grasos monoinsaturados	Ácidos grasos poliinsaturados	
	Ácido Palmítico (C16:0)	Ácidos Esteárico (C18:0)	Ácidos Lignocérico (C24:0)	Ácido Oleico (C:18:1n9cis)	Ácido Linoleico (C18:2n6cis)(Omega 6))	Ácido Eicosapentanoico (C20:4N6)
T1= Ácidos grasos en aceite de semillas de sandía extraído por prensado en frío	8,14	2,89	0,72	9,53	70,06	0,00
T5= Ácidos grasos en aceite de semillas de melón extraído por solvente químico	8,38	2,07	0,72	7,70	79,72	0,93

DISCUSIÓN

Parámetros fisicoquímicos en la caracterización de los tratamientos (tipo de semilla + método de extracción)

Según los resultados obtenidos para la variable humedad guardan relación con los valores de aceite de canola (*Brassica napus*) mediante prensado en frío que obtuvo 8.4 – 16 % (22). Por otro lado, en aceites de semillas de sandía se obtuvo 0,031 % por solvente químico (Soxhlet) (23), otros autores indican que a mayor contenido de humedad es desfavorable para la conservación del aceite debido que interfiere con la estabilidad (24).

El contenido de ceniza osciló entre 0,01 % – 0,12 %, resultados que son inferiores a los obtenidos en aceite de sandía mediante prensado en frío (0,03 %) y método de Soxhlet (0,71 %), se hace énfasis que el método de prensado detecta minerales, lo cual influye en mayor contenido de ceniza (25). Por otro lado, el contenido de ceniza en aceite Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) mediante prensado obtuvo 2,9 % (26).

El comportamiento del contenido de densidad osciló entre 0,91 – 0,92 g/ml; estos valores guardan relación con los obtenidos en aceite de moringa (0,90 g/ml) y aceite de oliva (0,91 g/ml) obtenido por medio de solvente químico (27). Otro estudio, determinó 0,925 g/ml en aceite de oliva; por lo que los valores hallados en la presente investigación se encuentran dentro de los reportados (28).

El contenido de acidez titulable los valores fluctuaron entre 0,26 – 0,48 %. Estos valores son inferiores a los obtenidos en semillas de maracuyá (0,93 g/ml) extraído mediante diferentes métodos de extracción (químico y frío) (29). Por otra parte, se indica que los valores obtenidos en la presente investigación están dentro de lo permitido por el Codex Alimentario, que establece una acidez de 0,40 KOH/g para aceites refinados (31). Además, se hace énfasis que la acidez se relaciona directamente con la degradación del aceite (30).

En relación al índice de refracción en aceite de semillas de limón con 1,47 η , donde se concluye en su comparación de dos métodos de extracción (prensado en frío y solvente químico) que el aceite de semillas de limón extraído por prensado es de alta calidad (32), el comportamiento es similar a la presente investigación, la determinación de este parámetro tiene afinidad con la degradación de los aceites luego de ser empleados en frituras (33).

En cuanto al índice de saponificación, en comparación con el aceite de palma la NTE INEN 1 640 establece rangos 180 -270, lo cual indica que el aceite vegetal (sandía y melón), están dentro de lo establecido (34). Por otro lado, los aceites con mayor contenido en saponificación se debe al mayor contenido de grasas saturadas (35).

El comportamiento del contenido de yodo osciló entre 127,99 – 134,44 %; estos valores resultaron superiores a los obtenidos en otro estudio de semillas de sandía con 107,6 % y melón con 105,4 %, donde indican que el aceite obtenido de ambas semillas satisface las necesidades (36). La determinación del contenido de yodo hace referencia a los ácidos grasos presentes en el aceite, el cual indica que de acuerdo con el punto de fusión a mayor grado de insaturación menor es el punto de fusión del aceite (37).

Respecto al índice de peróxido se obtuvo valor de 0,00 meq O₂/kg lo cual indica que no obtendrá oxidación, varios estudios indican, que la velocidad del proceso de oxidación aumenta por factores como oxígeno y luz. Así mismo, es asociado al porcentaje alto de ácidos libres (38). Por su parte, en semillas de melón se obtuvo un valor de 3,9 meq O₂/kg, mediante el método químico (39).

Determinación del perfil de ácidos grasos

Los resultados obtenidos en los ácidos grasos saturados, los valores reportados fueron similares a los obtenidos en semillas de melón por el método químico (Soxhlet), donde para ácido palmítico (5,01 %), ácido esteárico (3,64 %) y ácido lignocérico 0,65 % (40). En otra investigación de extracción de aceite de linaza obtuvieron en ácido palmítico y ácido esteárico (7,17 %, 5,63 %, respectivamente) (41), lo cual indica que el aceite de semillas de melón y sandía fueron representativo respecto al aceite de linaza

En relación al ácido oleico osciló entre 7,7 – 9,53 (Melón y Sandía, respectivamente), estos valores resultaron inferiores a los obtenidos en Brasil para semillas de sandía con 19,4 % en ácido oleico (42). Otros autores indican que el ácido oleico perteneciente a los monoinsaturado es importante, debido a su presencia en la mayoría de aceites y grasas, su estabilidad en oxidación mejora la actividad antioxidante del aceite (43).

Como se puede observar en el perfil de ácido linoleico (omega 3-6), los resultados de la presente investigación resultaron superior en comparación al aceite de palma con 3 %, el linoleico es un ácido graso polinsaturado se lo considera esencial para la ingesta diaria (44). En Perú se obtuvo 75,6 % (omega 6) y 2,19 % (omega 3). Otros estudios en semillas de melón informaron valores que oscilaron entre 64,1 % y el 69,0 % en ácido linoleico (45), así mismo se reportó 0,93 % de ácido eicosapentanoico. La deficiencia de ingesta en ácidos grasos como el omega 6 y 3 en el cuerpo humano puede repercutir de manera desfavorable disminuyendo así la resistencia a infecciones (46).

CONCLUSIONES

El aceite de semillas de sandía y melón es un producto de gran valor que se puede obtener a partir de los subproductos del proceso agroindustrial de sus frutos. Los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos mostraron que en el índice de refracción los tratamientos no obtuvieron diferencias significativas ya que presentaron un valor de 1,47 η . Por otro lado, el aceite obtenido de semillas de melón mediante el método solvente químico tuvo mayor contenido de humedad (2,37 %), ceniza (0,12 %) y índice de saponificación (198,33 mg KOH/g), en relación con el contenido de densidad los rangos entre los tratamientos se presentó valores de 0,92 – 0,91 g/ml. Así mismo se estable que el aceite de semillas de melón obtenido por método combinado presentó mayor contenido de acidez con 0,48 %, en relación con el índice de yodo el aceite de semillas de sandía mediante el método prensado en frío resaltó con un valor de 134,44 %, se concluye que el índice de peróxido en los dos aceites fue favorecedor debido a su resultado.

En relación con la caracterización de los perfiles ácidos grasos se concluye que el aceite de semillas de melón obtenido por solvente químico resultó con mayor cantidad en ácidos palmítico (8,38 %) y ácido linoleico (79,72 %), lo cual este último le confiere al aceite un valor biológico superior en comparación a otros debido a que es un ácido esencial y precursor de factores nutricionales. Por otro lado, el aceite de semillas de sandía mediante prensado en frío los ácidos que predominaron fueron ácido esteárico (2,89 %) y el ácido oleico (9,53 %). Si embargo, el ácido eicopentanoico (0,93 %) se presentó en el aceite obtenido a partir de semillas de sandía por prensado en frío, adicional de contener ácidos (EPA), que son trascendentales en el desarrollo neuronal humano.

REFERENCIAS

1. Ouassor I, Aqil Y, Belmaghraoui W, EL-Hajjaji S. Characterization of two Moroccan watermelon seeds oil varieties by three different extraction methods. 2020 ; 27(13). doi:<https://doi.org/10.1051/ocl/2020010>
2. Mallek-Ayadi S, Bahloul N, Kechaou N. Chemical composition and bioactive compounds of Cucumis melo L. seeds: Potential source for new trends of plant oils. Process Safety and Environmental Protection. 2018; 113: p. 68-77. doi:<https://doi.org/10.1016/j.psep.2017.09.016>
3. El-Hamidi M, A.Zaher F. Production of vegetable oils in the world and in Egypt: an overview. Bull Natl Res Cent. 2018 ; 42(19). doi:<https://doi.org/10.1186/s42269-018-0019-0>
4. Zhang M, Wang O, Cai S, Zhao L, Zhao L. Composition, functional properties, health benefits and applications of oilseed proteins: A systematic review. Food Res Int. 2023 . doi:10.1016/j.foodres.2023.113061
5. Tian M, Bai Y, Tian h, Xuebing Z. The Chemical Composition and Health-Promoting Benefits of Vegetable Oils—A Review. Moléculas. 2023 ; 28(17). doi:<https://doi.org/10.3390/molecules28176393>
6. Chen K, Yin Y, Ding Y, Chao H, Li M. Characterization of Oil Body and Starch Granule Dynamics in Developing Seeds of Brassica napus. International Journal of Molecular Sciences. 2023 ; 24(4). doi:<https://doi.org/10.3390/ijms24044201>
7. Kowalska M, Żbikowska A, Woźniak M, Amanowic A. Quality of Emulsions Based on Modified Watermelon Seed Oil, Stabilized with Orange Fibres. Molecules. 2022 ; 27(2). doi:10.3390/molecules27020513
8. Li H, Zhang L, Jia Y, Yuan Y, Li H, Cui W, et al. Application of whey protein emulsion gel microparticles as fat replacers in low-fat yogurt: Applicability of vegetable oil as the oil phase. J Dairy Sci. 2022; 105(12). doi:10.3168/jds.2022-22314
9. Rosales-Villao VM. Análisis económico de la producción y comercialización de la sandía (citrullus lanatus) en el centro de práctica manglaralto, provincia de Santa Elena. ; 2018.Tesis de grado <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4281/1/UPSE-TAA-2018-0005.pdf>
10. Assefa AD, Hur OS, Ro NY, Lee JE, Hwang AJ, Kim BS, et al. Fruit Morphology, Citrulline, and Arginine Levels in Diverse Watermelon (Citrullus lanatus) Germplasm Collections. Plants (Basel). 2020; 9 (9). doi: 10.3390/plants9091054
11. Rai A, Mohanty B, Bhargava R. Modeling and response surface analysis of supercritical extraction of watermelon seed oil using carbon dioxide. Separation and Purification Technology. 2015 ; 142: p. 354-365. doi:<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2014.12.016>
12. Manivannan A, Lee ES, Han K, Lee HEKDS. Versatile Nutraceutical Potentials of Watermelon— A Modest Fruit Loaded with Pharmaceutically Valuable Phytochemicals. Molecules. 2020 ; 25(22). doi:10.3390/molecules25225258
13. Bachón-Toro RJ. - Evaluación y selección de cultivares híbridos de melón (Cucumis melo L.) en condiciones de invernadero en la zona de Puerto La Boca, Manabí [Tesis de pregrado]; 2018. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Repositorio institucional <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1379/1/UNESUM-ECUA-ING.AGROPE-2018-21.pdf>
14. Hashiya S M, Reuben A, Ikoni J O, Ngwuluka NC. Physicochemical characterization and fatty acids composition of four indigenous plant oils. Scientific African. 2023 ; 20. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01669>

15. Cabezas-Rodríguez JA. Elaboración y caracterización física de recubrimientos biodegradables obtenidos a partir de cáscara y semilla de sandía (*Citrullus lanatus*) [Tesis pregrado]; 2020. Universidad Agraria del Ecuador. Repositorio Institucional. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CABEZAS%20RODRIGUEZ%20JOSE%20ALBERTO.pdf>
16. Instituto Ecuatoriano de Normalización 0038. Grasas y aceites comestibles determinacion de la acidez.;1978. https://www.academia.edu/8969698/NTE_INEN_0038_Grasas_y_aceites_comestibles_Determinaci%C3%B3n_de_la_acidez
17. Instituto Ecuatoriano de Normalización 0391. Conservas vegetales. Jugos de frutas de terminación de la densidad relativa. ; 2012. <https://archive.org/details/ec.nte.0391.1986>
18. Instituto Ecuatoriano de Normalización. INEN-ISO 662 Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Determinación del contenido de humedad y materias volátiles. (IDT). ; 2013. <https://es.scribd.com/document/524203268/ISO-662-DETERMINACION-HUMEDAD>
19. Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN-ISO 3657. Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Determinación del índice de saponificación (IDT). ; 2013. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0064927>
20. Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN-ISO 3961. Aceites y grasas de origen vegetal. Determinación del índice de yodo (IDT). ; 2013. <https://es.scribd.com/document/378666497/Analisis-de-normas-inen>
21. Instituto Ecuatoriano de Normalización NTE INEN 0277. Grasas y aceites. Determinación del índice de peróxido. ; 1978. <https://archive.org/details/ec.nte.0277.1978>
22. Gagandeep S, Singh A, Pawanpreet S. Effect of Moisture Content on the Mechanical Oil Extraction of Canola Seeds. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2019; 8 (3). doi:<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.803.116>
23. Espinoza-Arias DD. “Estudio de las Características Fisicoquímicas y Compuestos Contaminantes del Aceite de Sandía (*Citrullus lanatus*) Considerando Distintas Variedades y Métodos de Extracción”. Santo Domingo [Tesis de pregrado]. 2021. Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. Repositorio institucional: doi:<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25981/1/T-ESPESD-003159.pdf>
24. Rivera.Montalván CO, Rivera-Montaván PP, Rizo-Penado JM. Desarrollo de un método analítico alternativo para la determinación del porcentaje de humedad y materia volátil en aceites vegetal de uso comestible [Tesis de grado]; 2015. Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. Repositorio institucional: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25981/1/T-ESPESD-003159.pdf>
25. Márquez-Sigua M. Refrigeración y congelación de alimentos: Terminología, definiciones y explicaciones [Tesis de pregrado]; 2024. Universidad Nacional de San Agustín. Repositorio institucional: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4188>
26. Romero-Hidalgo LE, Valdiviezo-Rogel CJ, Bonilla-Bermeo SM. Caracterización del aceite de la semilla de Sacha Inchi (*plikenetia volubilis*) del cantón Sanvicente, Manabí, Ecuador, obtenida mediante procesos no térmicos de extrusión. *La Granja*. 2019; 30(2). <https://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.07>
27. Gómez-Mitjans D, Pita-Bravo V, Zumalacárregui de Cárdenas B. Caracterización de aceites de las semillas de Moringa oleífera a partir de la extracción por diferentes métodos. *Rev. Colomb. Biotecnol*. 2016 ; 18(2). 10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.54324

28. Paucar-Menacho LM, Slavador-Reyes R, Guillén-Sánchez J, Capa-Robles J, Moreno-Rojo C. Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. *Sciencia Agropecuaria*. 2015; 6(4). doi: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.04.05>
29. Pantoja-Chamorro AL, Hurtado-Benavides AM, Martínez-Correa HA. Caracterización de aceite de semillas de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) procedentes de residuos agroindustriales obtenido con CO₂ supercrítico. *Acta Agronómica*. 2017; 66 (2). doi:<http://dx.doi.org/10.15446/acag.v66n2.57786>
30. Naebi M, Torbati M, Azadmard-Damirchi S, Siabia S, Salvaje GP. Changes in physicochemical properties of cold press extracted oil from Balangu (*Lallemantia peltata*) seeds during storage. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2022 ; 107. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104358>
31. Codex Alimentarius. Norma para aceites vegetales especificados- Codex stan 210. Normas internacionales de los alimentos; 2015. https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/marco/Codex_Alimentarius/normativa/codex/stan/210-1999.PDF
32. Yilmaz E, Guneser BA. Cold pressed versus solvent extracted lemon (*Citrus limon* L.) seed oils: yield and properties. *Journal of Food Science and Technology*. 2017; 54 (7) doi:10.1007/s13197-017-2622-8.
33. Bombón-Sandoval AD. Determinación de los índices de degradación en aceites vegetales usados en procesos de fritura en restaurantes de la ciudad de Ambato. Tesis de grado. ; 2021. <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1379/1/UNESUM-ECUA-ING.AGROPE-2018-21.pdf>
34. Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 1640. Aceite comestible de palma africana. 1988-04. <https://www.ecolex.org/es/details/legislation/resolucion-no-395-nte-inen-1640-sobre-requisitos-del-aceite-de-palma-africana-oleina-lex-faoc120222/>
35. Artica-Mallqui L, Baquerizo-Canchumanya M, Rodríguez-Paucar G. Ácidos grasos, tocoferoles y fitoesteroles en aceites de semillas de granadilla y zapallo extraído con CO₂ supercrítico. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 2021; 87 (1). doi:<http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v87i1.317>
36. Daru F, Nwachukwu CO, Ochulor DO, Ohaegbulam P. Physicochemical Characteristics of Oils Extracted from Melon and Watermelon seeds. In Conference: Science and Technopreneurship as Tools for National Development; 2019; Nigeria. https://www.researchgate.net/publication/342851931_Physicochemical_Characteristics_of_Oils_Extracted_from_Melon_and_Watermelon_seeds
37. Ramírez Nieves T. Evaluación de las propiedades físicoquímicas de aceites y grasas residuales potenciales para la producción de biocombustibles [Tesis de pregrado]; 2018. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Repositorio institucional: https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/369/1/Evaluaci%C3%B3n%20de%20las%20propiedades%20físicoqu%C3%ADmicas%20de%20aceites%20y%20grasas%20residuales%20potenciales%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20biocombustibles_rees.pdf
38. León-Mendoza L, Casanova-Pavel D, Gonzalez-Cabeza J. Estabilidad de la calidad sensorial de aceites de oliva *Olea europea* (*Oleaceae*) extra virgen varietal y mono varietal. *Aenaldoa*. 2021; 28 (3). doi:<http://doi.org/10.22497/arnaldoa.283.28308>

39. Soliman HM, Abdel-Wahhab MA. Synthesis of Antibacterial Bioactive Compounds Using Linoleic Acid Extracted from Melon Seeds Oil and Evaluation of Its Waste Meal Ash for Fried Oil Regeneration. Springer link. 2023. doi: 10.1007/s12649-023-02161-0
40. Zhang H, Yuan Y, Xu R, Shen H, Zhang Q, Ge X. The Effect of Different Extraction Methods on Extraction Yield, Physicochemical Properties, and Volatile Compounds from Field Muskmelon Seed Oil. *Foods*. 2022; 11(5). doi:10.3390/foods11050721
41. León-Sánchez G, Monteagudo-Borges R, Rodríguez-Jiménez E. Caracterización del procedimiento de obtención de aceite de Moringa oleifera con relación al tipo de semillas. *Tecnología Química*. 2022; 42(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852022000100024
42. Campos-Souza AV, Sponholz-Oliveira B, Sari-Hey GB, Henrique-Witt S, Balbi ME, Ramos-Campos F. Análises química e bromatológicas de sementes e de óleo fixo de melancia (*Citrullus lanatus*, cucurbitaceae). *Visao Academica*. 2019; 20(1). doi:<https://revistas.ufpr.br/academica/article/download/66842/38564>
43. Arévalo-Aguilar LP. Desarrollo y validación de un método analítico para determinar ácidos grasos oleico palmítico y esteárico por HPLC en aceites vegetales: Universidad Central del Ecuador; 2021. doi:<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/23565/1/>
44. Chaves-Yela JA, Ortiz-Tobar DP, Bahos-Ordoñez EM, Ordoñez-Forero GA, Villota-Padilla DC. Análisis del perfil de ácidos grasos y propiedades fisicoquímicas del aceite de palma de mil pesos (*Oenocarpus Bataua*). *Perspectivas en nutrición humana*. 2020; 22(2). doi: 10.17533/udea.penh.v22n2a05
45. Rabadán A, M. Antonia N, Bessada SMF, Pardo JE, Olivera BM, Álvarez-Ortí M. From By-Product to the Food Chain: Melon (*Cucumis melo L.*) Seeds as Potential Source for Oils. *Foods*. 2020; 9(10). doi:<https://doi.org/10.3390/foods9101341>
46. Djuricic I, Calder PC. Beneficial Outcomes of Omega-6 and Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Human Health: An Update for 2021. *Nutrients*. 2021; 13 (7). doi:10.3390/nu13072421