

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

Facultad de Ciencias de la Salud

Escuela Profesional de Nutrición Humana



Perfil de ácidos grasos y composición química del aceite de seis variedades de Tarwi (*Lupinus Mutabilis*) consumidos en Perú

Tesis para obtener el título profesional de Licenciada en Nutrición Humana

Autor:

Treisy Carolina Chavez Hernandez
Giuliana Sofia Laly Zamata Callata

Asesor:

Mg. Yaquelin Eveling Calizaya Milla

Lima, noviembre de 2023

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Mstra. Yaquelin Eveling Calizaya Milla, docente de la Facultad de Ciencias de la salud, Escuela Profesional de Nutrición Humana, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Perfil de ácidos grasos y composición química del aceite de seis variedades de Tarwi (*Lupinus Mutabilis*) consumidos en Perú”** de los autores Treisy Carolina Chavez Hernandez y Giulianna Sofia Laly Zamata Callata tienen un índice de similitud de 14% verificable en el informe del programa de Turnitin y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 13 días del mes de noviembre del año 2023



Mg. Yaquelin E. Calizaya Milla

DNI: 43958305

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña 13 días del mes de noviembre del año 2023 siendo las 10:30 am horas se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión, bajo la dirección del (de la) presidente(a): **Presidente: Mg. María Miranda Flores, Secretario: Mg. María Bernarda Collantes Cossio, Vocal: Mg. Mery Rodríguez Vasquez, Asesor: Mg. Yaquelin Calizaya Milla** con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: "Perfil de ácidos grasos y composición química del aceite de seis variedades de Tarwi (*Lupinus Mutabilis*) consumidos en Perú". De la (los) egresada (os): a) **Bach. Treisy Carolina Chavez Hernandez** b) **Giulianna Sofia Laly Zamata Callata**, conducente a la obtención de título profesional de licenciada en Nutrición Humana.

La presidenta inició el acto académico de sustentación invitando a las candidatas hacer uso del tiempo determinado para su exposición, concluida la exposición el presidente invito a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por las candidatas. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/(a): **Bach. Treisy Carolina Chavez Hernandez**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	19	A	Con nominación de Excelente	Excelencia

Candidato/(a): **Bach. Giulianna Sofia Laly Zamata Callata**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	19	A	Con nominación de Excelente	Excelencia

Finalmente, la presidenta del jurado invitó a las candidatas para recibir la evaluación final y concluir el acto de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.



 Secretaria

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado para el ser que nos dio vida y siempre nos apoyó para cumplir nuestras metas, nuestras madres.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a Dios por habernos permitido llegar hasta donde hemos llegado, por hacer realidad este sueño anhelado, así mismo agradecer a las personas que nos apoyaron en la realización de este trabajo, puesto que, sin ellas no lo hubiésemos logrado.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA iv
AGRADECIMIENTOS v
TABLA DE CONTENIDO vi
ÍNDICE DE TABLAS vi
RESUMEN vii
ABSTRAC..... viii
INTRODUCCIÓN 9
RESULTADOS 12
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Análisis fisicoquímicos de las variedades de Tarwi	13
Tabla 2.	Contenido (cantidad relativa, %) de ácidos grasos, en forma de metilésteres (FAME), presentes en las diferentes variedades de aceite de Tarwi	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Contenido de ácidos grasos, en forma de metilésteres (FAME).....	17
Figura 2.	Cantidad relativa (%) de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados y Trans en forma de metilésteres (FAME)	17

RESUMEN

Objetivo: El objetivo de esta investigación fue analizar el perfil de ácidos grasos (FAME) y la composición química del aceite de seis variedades de Tarwi (*Lupinus Mutabilis*) consumidas en Perú.

Metodología: La extracción de aceite de cada variedad de lupino se realizó mediante el método Soxhlet. Además, se emplearon los métodos oficiales de la AOAC para llevar a cabo el análisis fisicoquímico que concluyó la determinación de la humedad, el índice de acidez, los ácidos grasos libres, el índice de peróxido, el índice de yodo, el índice de saponificación y la densidad. Por último, se empleó el método de cromatografía de gases con detector de ionización en llama (GC/FID) para determinar el perfil de ácidos grasos (FAME).

Resultados: Los resultados obtenidos mostraron que los ácidos grasos insaturados presentaron valores superiores a los ácidos grasos saturados. Dentro de los ácidos grasos monoinsaturados (MUFA), el ácido oleico fue el más predominante, con porcentajes que variaron entre el 41,83% y 54,33%. La variedad "Andenes" destacó por su mayor aporte de ácido oleico en comparación con las otras variedades. El ácido linoleico (ω -6) fue el ácido graso poliinsaturado (PUFA) más abundante, y la variedad "Cholo fuerte" reportó valores más altos (34,70%) en comparación con los demás. Además, la variedad "Andenes" presentó el valor más bajo de ω -6 (23,63%). La concentración de ácido graso linolénico esencial (ω -3) varió desde el 2,1% en la variedad "Andenes" hasta el 2,9% en el "Tarwi común". En cuanto a la proporción de ácidos grasos ω -6/ ω -3, el contenido promedio de ácido graso linoleico (ω -6) y linolénico (ω -3) fue del 30,88 % y 2,33% (ratio 13:1). Es importante destacar que no se observó la presencia de ácidos grasos trans en ninguna de las variedades.

Conclusión: Estos hallazgos convierten a las seis variedades de Tarwi en un recurso oleaginoso con características fisicoquímicas que le dan la capacidad de ser una nueva fuente de aceite vegetal con calidad y alto valor nutricional.

Palabras claves: Tarwi, ácidos grasos esenciales, MUFA, PUFA, omega 3, omega 6

ABSTRAC

Objective: *The objective of this research was to analyze the profile of fatty acids (FAME) and the chemical composition of the oil of six varieties of Tarwi (Lupinus Mutabilis) consumed in Peru.*

Methodology: *The oil extraction of each lupine variety was carried out using the Soxhlet method. In addition, the official methods of the AOAC were used to carry out the physicochemical analysis that concluded the determination of moisture, acidity value, free fatty acids, peroxide value, iodine value, saponification value and the density. Finally, the gas chromatography method with flame ionization detector (GC/FID) was used to determine the fatty acid profile (FAME).*

Results: *The results obtained showed that unsaturated fatty acids presented higher values than saturated fatty acids. Within the monounsaturated fatty acids (MUFA), oleic acid was the most predominant, with percentages that varied between 41.83% and 54.33%. The variety "Andenes" stood out for its higher contribution of oleic acid compared to the other varieties. Linoleic acid (ω -6) was the most abundant polyunsaturated fatty acid (PUFA), and the "Cholo fuerte" variety reported higher values (34.70%) compared to the others. In addition, the "Andenes" variety presented the lowest value of ω -6 (23.63%). The concentration of essential linolenic fatty acid (ω -3) varied from 2.1% in the "Andenes" variety to 2.9% in the "Common Tarwi". Regarding the proportion of ω -6/ ω -3 fatty acids, the average content of linoleic (ω -6) and linolenic (ω -3) fatty acids was 30.88% and 2.33% (13:1 ratio). It is important to highlight that the presence of trans fatty acids was not observed in any of the varieties.*

Conclusion: *These findings make the six varieties of Tarwi an oilseed resource with physicochemical characteristics that give it the ability to be a new source of quality vegetable oil with high nutritional value.*

Keywords: *Tarwi, essential fatty acids, Soxhlet method, MUFA, PUFA, Omega 3, Omega 6*

INTRODUCCIÓN

La región andina del Perú cuenta con una diversa gama de recursos naturales, a su vez, es fuente de varios cultivares, que brindan una amplia variedad de alimentos autóctonos de alto valor nutritivo, así como la papa nativa, maca, quinua, tarwi, kiwicha, cañihua, etc. Sin embargo, con el paso del tiempo, fueron reemplazados por alimentos industrializados que no aportan los nutrientes necesarios al organismo(1).

El tarwi (*Lupinus Mutabilis*) es una leguminosa que se ha posicionado como un superalimento por su alto valor nutricional y contiene hasta un 53 % de proteínas y un 24 % de grasas, principalmente ácidos grasos como omega 3, 6 y 9 (2–4). El aporte nutricional de ácidos grasos es de alta calidad y no requiere la eliminación industrial del ácido linolénico (4,5).

Los lípidos han sido identificados como un elemento fundamental de la alimentación y deben consumirse en las proporciones adecuadas siendo que cumplen un rol muy importante para el organismo. Los ácidos grasos esenciales (AGE), como el ácido linoleico (AL) y el α -linolénico (AAL), cumplen funciones importantes(6). La familia de los omegas 6 (ω 6), son precursores de otros ácidos grasos como el araquidónico (AA), mientras que el omega 3 (ω 3), da origen a los ácidos eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA)(7).

El interés por los ácidos grasos esenciales (AGE) omega-6 (ω -6) y omega-3 (ω -3) ha aumentado en los últimos años debido a sus diversos beneficios para la salud y la prevención de enfermedades. Desempeñan funciones importantes en la función inmunitaria y los procesos inflamatorios, aportan flexibilidad, fluidez y permeabilidad selectiva a la membrana, favorecen la salud cardiovascular, reducen el riesgo de deficiencias en la visión y el desarrollo neural en lactantes y niños, y demencia en adultos mayores(8). También se han encontrado efectos en la prevención y tratamiento de enfermedades coronarias, presión arterial alta, diabetes, artritis, inflamaciones, enfermedades autoinmunes y cáncer(7).

Es por ello que se buscan nuevas fuentes de aceites vegetales, que garanticen calidad y valor nutricional. Por lo tanto; Ikhlas y Sirelkhatim (9) en su estudio titulado “Propiedades fisicoquímicas y composición de ácidos grasos de la semilla de tarwi amargo y dulce”, afirman que los aceites de lupino se caracterizan por su

composición equilibrada de ácidos grasos, observándose un aporte de ácidos grasos insaturados del 80% aproximadamente, presentando mayor aporte de ácidos grasos oleicos (47%) respectivamente. Asimismo, en otro estudio Siger(10) reporta que desde el punto de vista tecnológico los aceites de semillas de tarwi en sus variedades son un ingrediente alimentario valioso por su aporte de ácidos grasos además de la estabilidad oxidativa que poseen.

En la actualidad, se cuenta con información nutricional acerca de este alimento, pero no se han reportado los contenidos de las diferentes variedades de Tarwi presentes en el Perú. Por tanto, la inquietud de esta investigación se enfocó en analizar los aceites derivados de las distintas variedades de Tarwi en el Perú, con el fin de generar nuevos conocimientos sobre su contribución y beneficios en el campo de la nutrición. Además, esta información busca promover el consumo de esta leguminosa en el país, destacando su aporte de grasas además de su valor proteico ya conocido. Por lo tanto, el objetivo general de este estudio fue analizar el perfil de ácidos grasos (FAME) y la composición química del aceite de seis variedades de Tarwi (*Lupinus Mutabilis*) consumidas en Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño, tipo de investigación y participantes

El estudio realizado tuvo un enfoque cuantitativo y de diseño experimental, con el objetivo de evaluar el perfil de ácidos grasos y la composición química del aceite de seis variedades de Tarwi (*Lupinus Mutabilis*) consumidas en Perú. Las pruebas y análisis de las seis muestras de tarwi se llevaron a cabo en tres laboratorios diferentes: el laboratorio de técnicas dietéticas de la escuela profesional de nutrición humana de la Universidad Peruana Unión (UPeU), el laboratorio de control de calidad total de la Universidad Agraria La Molina (UNALM) y el laboratorio de cromatografía y espectrometría de masas de la Universidad Industrial de Santander (UIS). Se utilizaron diferentes variedades locales de tarwi cultivadas y comercializadas en la ciudad de Carhuaz, ubicada en la sierra del Departamento de Ancash en Perú, entre ellas "Chocho común", "Cholo fuerte", "Andenes", "Yunguyo", "Patón grande" y "Alta gracia".

Extracción de los aceites

Para determinar el contenido de lípidos en las semillas de tarwi, se llevaron a cabo los siguientes procedimientos. En primer lugar, se utilizó una muestra de 5 gramos de cada variedad de tarwi, la cual fue triturada utilizando un molino para evitar las pérdidas de lípidos. Posteriormente, se procedió a secar las muestras en un horno para eliminar la humedad (11). Luego, se aplicó el proceso de extracción utilizando un extractor Soxhlet, donde las muestras se sumergieron en hexano como solvente durante 6 horas al punto de ebullición de 68°C – 70°C. Durante este proceso, las muestras se vertieron, filtraron y evaporaron periódicamente. (12). En cada ciclo, algunos compuestos no volátiles se disolvieron en el solvente, permitiendo que los lípidos deseados se concentren en un matraz de destilación. Luego, el disolvente se destiló a 45 °C al vacío usando un evaporador rotatorio (Rotavapor R-210, BUCHI). Finalmente, la muestra se pesó y se almacenó a 20°C para su posterior análisis.(11).

Análisis fisicoquímico

En este análisis se determinó la humedad, el índice de acidez, los ácidos grasos libres, el índice de peróxido, el índice de yodo, el índice de saponificación y la densidad se analizaron siguiendo los procedimientos oficiales establecidos por la AOAC (Association of Official Agricultural Chemists)(13,14) y AOCS (Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society) (15–18).

Análisis de ácidos grasos

Se desarrollo según el método acreditado por el ONAC: En "el Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría de Masas, CROM-MASS, de la Universidad Industrial de Santander". Se determino el perfil de ácidos grasos (FAME) en las muestras de aceite vegetal de las variedades de tarwi seleccionada por cromatografía de gases con detector de ionización en llama (GC/FID); documento normativo: Norma ISO 12966-1:2014: Animal and vegetable fats and oils; empleando como estándar de referencia la mezcla certificada de 37 Component FAME mix (Accustandard, Inc., 125 Market Street, New HavenCT 06513. El análisis cromatográfico de la muestra se realizó en un cromatógrafo de gases (GC) AT 6890N (Agilent Technologies, Palo Alto, California, EE.UU.), con detector de ionización de llama (FID). La columna que se empleó en el análisis fue DB-23 (J & W Scientific, Folsom, CA, EE.UU.) [50%-cianopropil-poli(metilsiloxano), 60 m x 0,25

mm x 0,25 μ m]. La inyección se realizó en modo split (50:1) (Vy: 2 μ L). Realizado el proceso se obtuvo las cantidades relativas (%) de ácidos grasos medida en forma de metilester (saturados, monoinsaturados, poliinsaturados y trans) presente en las muestras. Todo esto de acuerdo con el método oficial AOCS Ce 1h-05 (15)

Análisis estadístico

El análisis de los datos, se realizó en dos fases. En la primera fase, los datos obtenidos se codificaron y vaciaron en una plantilla de Microsoft Excel 2019, posteriormente fueron procesados mediante el programa informático IBM spss statistics 21. En la segunda fase, para las comparaciones estadísticas se usó un análisis de varianza unidireccional (ANOVA) utilizando como valor de significancia estadística $p < 0,05$.

RESULTADOS

En esta investigación se realizó un análisis del perfil de ácidos grasos y composición química del aceite de seis variedades distintas de tarwi. Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas del aceite, así como el contenido de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados y grasas trans presentes en el mismo.

En la tabla 1, se puede observar que los niveles de humedad variaron en un rango de $0,27 \pm 0,02$ y $0,36 \pm 0,4$ %, siendo la variedad "Yunguyo" la que presentó el valor más alto de humedad ($0,36 \pm 0,4$ %). Es importante destacar que no se encontraron diferencias significativas entre las diferentes variedades. Respecto a los valores de índice de acidez, oscilaron entre 2.295 ± 0.06 y 2.522 ± 0.21 mg·KOH/kg, siendo la variedad de "Cholo fuerte" la que tuvo el índice de acidez más bajo (2.295 ± 0.06 KOH/kg), sin encontrar diferencias significativas entre las variedades en este aspecto. Por otro lado, al evaluar la densidad a 25°C, se encontraron valores que variaron entre 0.905 ± 0.22 g/mL para la variedad "Cholo fuerte" y 0.919 ± 0.06 g/mL para el "tarwi común". En cuanto al índice de peróxido, los valores fluctuaron entre 2.65 ± 0.28 y 3.21 ± 0.22 mEq·O₂ /kg. Además, el contenido del índice de yodo varió de 61.01 ± 0.16 a $69,33 \pm 0,36$ mg·I₂ /g. Se observaron diferencias significativas entre las variedades de "Andenes" ($61,01 \pm 0,16$ mg·I₂ /g), "Yunguyo" ($65,87 \pm 0,11$ mg·I₂ /g) y "Patón grande" ($67,42 \pm 0,11$ mg·I₂ /g), en comparación con el tarwi común ($69,33 \pm 0,36$ mg·I₂ /g). Sin embargo, las variedades "Cholo

fuerte” ($68,81 \pm 0,01 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-2}/\text{g}$) y “Alta gracia” ($68,34 \pm 0,36 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-2}/\text{g}$) no mostraron diferencias significativas con el tarwi común.

Adicionalmente, en la tabla 1, se puede observar que los niveles de ácidos grasos libres varían entre el 1.63 ± 0.12 a $1.76 \pm 0.02 \%$. La variedad de “Cholo fuerte” presenta el valor más alto de ácidos grasos libres ($1.76 \pm 0.02\%$), mientras que la variedad “Andenes” muestra el valor más bajo ($1.63 \pm 0.12\%$). Asimismo, se destaca que la variedad "Patón grande" se caracterizó por tener el índice de saponificación más representativo, con un valor de $186,45 \pm 0,2 \text{ mg}\cdot\text{KOH}/\text{g}$, el cual no mostró diferencias significativas en comparación con el tarwi común ($186,23 \pm 0,16 \text{ mg}\cdot\text{KOH}/\text{g}$). Además, se demostró un rango de valores de saponificación que osciló entre $179,91 \pm 0,23$ y $186,45 \pm 0,2 \text{ mg}\cdot\text{KOH}/\text{g}$.

Tabla 1. Análisis fisicoquímicos de las variedades de Tarwi

Análisis Fisicoquímico	Cholo Fuerte	Andenes	Yunguyo	Patón Grande	Alta Gracia	Común
Humedad (%)	0.35 ± 0.11^a	0.32 ± 0.23 a	0.36 ± 0.4^a	$0.28 \pm$ 0.35^a	$0.31 \pm$ 0.09^a	$0.27 \pm$ 0.02^a
Índice de acidez (mg Koh/g)	2.295 ± 0.06 a	$2.359 \pm$ 0.24^a	$2.451 \pm$ 0.36^a	$2.522 \pm$ 0.21^a	$2.452 \pm$ 0.16^a	$2.357 \pm$ 0.16^a
Ácidos grasos libres (%)	1.76 ± 0.02^a	1.63 ± 0.12 a	1.71 ± 0.12 a	$1.74 \pm$ 0.24^a	$1.69 \pm$ 0.51^a	$1.65 \pm$ 0.51^a
Índice de peróxido (mEq·O ₂ /Kg De Muestra).	2.84 ± 0.05^a	2.92 ± 0.26 a	3.09 ± 0.3^a	$3.21 \pm$ 0.22^a	$2.78 \pm$ 0.26^a	$2.65 \pm$ 0.28^a
Índice de yodo (mg· l ² /g)	68.81 ± 0.01 a	$61.01 \pm$ 0.16^b	$65.87 \pm$ 0.11^c	$67.42 \pm$ 0.11^d	$68.34 \pm$ 0.36^a	$69.33 \pm$ 0.36^{ae}
Índice de saponificación (mg·KOH/g)	$183.07 \pm$ 0.12^a	$181.2 \pm$ 0.02^b	$179.91 \pm$ 0.23^c	186.45 $\pm 0.2^d$	$183.79 \pm$ 0.04^e	186.23 ± 0.16 fd
Densidad a 25°C (g/mL)	0.905 ± 0.22 a	$0.915 \pm$ 0.01^a	$0.912 \pm$ 0.05^a	$0.914 \pm$ 0.06^a	$0.918 \pm$ 0.05^a	$0.919 \pm$ 0.06^a

*Los resultados se expresaron como media \pm desviación estándar ($n=3$). Los diferentes superíndices en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,01$).

La tabla 2 muestra el contenido de ácidos grasos en forma de metilésteres. Se observa que los ácidos grasos saturados (AGS) más prominentes fueron el ácido palmítico y el ácido esteárico. Los valores del ácido palmítico fluctuaron entre $8,83 \pm 0,06$ % para la variedad "Andenes" y $11,93 \pm 0,15$ % para la variedad "Patón grande". El ácido esteárico varió entre 5,90 % para la variedad "Chocho común" y 8,6 % para la variedad "Yunguyo". Es importante destacar que la variedad "Andenes" tuvo un menor porcentaje de ácido palmítico (8.83 ± 0.06 %), mientras que la variedad de "Tarwi común" tuvo un menor porcentaje de ácido esteárico (5.9 ± 0.00 %) (ver Figura 1)

En la tabla 2, también se presentan los niveles de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) en las diferentes variedades de tarwi. El ácido oleico fue el más predominante, con valores que variaron entre el $41,83 \pm 0,06\%$ para la variedad "Patón grande" y el $54,33 \pm 0,06\%$ para la variedad " Andenes", siendo este último el de mayor porcentaje (ver Figura1). Se observan diferencias significativas entre las diferentes variedades en este aspecto. Además, se analizaron los ácidos grasos polinsaturados (PUFA) en el estudio, destacando el ácido linoleico (ω -6) como el componente predominante. La variedad "Andenes" presentó el valor más bajo de ω -6 ($23.63 \pm 0.06\%$), mientras que la variedad "Cholo fuerte" mostró valores superiores ($34.70 \pm 0.1\%$) en comparación con las otras variedades. Asimismo, la concentración de ácido linolénico esencial (ω -3) varió desde un 2.1% en la variedad "Andenes" hasta un 2.90% en el "tarwi común".

Tabla 2. Contenido (cantidad relativa, %) de ácidos grasos, en forma de metilésteres (FAME), presentes en las diferentes variedades de aceite de Tarwi

Ácido graso	Cholo fuerte	Andenes	Yunguyo	Patón grande	Alta gracia	Común tarwi
Saturado – saturated						
Láurico (C12:0)	< 0.1 ± 0.01 ^a	< 0.1 ± 0.01 ^a	< 0.1 ± 0.01 ^a	< 0.1 ± 0.01 ^a	< 0.1 ± 0.01 ^a	< 0.1 ± 0.01 ^a
Mirístico (C14:0)	0.1 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.01 ^a
Palmítico (C16:1)	11.07 ± 0.45 ^a	8.83 ± 0.06 ^b	10.23 ± 0.25 ^c	11.93 ± 0.15 ^d	10.63 ± 0.15 ^{ac}	11.2 ± 0.10 ^{ac}
Pentadecanoico (C15:0)	< 0.1 ± 0.01 ^a	< 0.1 ± 0.01 ^a	< 0.1 ± 0.01 ^a	< 0.1 ± 0.01 ^a	< 0.1 ± 0.01 ^a	< 0.1 ± 0.01 ^a
Heptadecanoico (C17:0)	0.1 ± 0.01 ^a	< 0.1 ± 0.00 ^a	0.1 ± 0.01 ^a	< 0.1 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.01 ^a
Esteárico (C18:0)	6.07 ± 0.06 ^a	7.7 ± 0.00 ^b	8.6 ± 0.00 ^c	7.33 ± 0.06 ^d	6.6 ± 0.00 ^e	5.9 ± 0.00 ^f
Araquídico (C20:0)	0.63 ± 0.06 ^a	0.8 ± 0.00 ^b	0.8 ± 0.00 ^{cb}	0.8 ± 0.00 ^{db}	0.7 ± 0.00 ^e	0.6 ± 0.00 ^a
Heneicosanoico (C21:0)	< 0.1 ± 0.01 ^a	< 0.1 ± 0.01 ^a	< 0.1 ± 0.01 ^a	0.07 ± 0.01 ^a	< 0.1 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.01 ^a
Behénico (C22:0)	0.73 ± 0.06 ^a	0.8 ± 0.00 ^b	0.7 ± 0.00 ^a	0.9 ± 0.00 ^c	0.8 ± 0.00 ^{db}	0.7 ± 0.00 ^a
Tricosanoico (C23:0)	0.1 ± 0.01 ^a	< 0.1 ± 0.01 ^a	< 0.1 ± 0.01 ^a	< 0.1 ± 0.01 ^a	< 0.1 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.01 ^a
Lignocérico (C24:0)	0.1 ± 0.01 ^a	0.2 ± 0.01 ^b	0.1 ± 0.01 ^a	0.2 ± 0.01 ^{cb}	0.17 ± 0.06 ^{abc}	0.2 ± 0.01 ^{dbc}
Monoinsaturado – Monounsaturated						
Palmitoleico (C16:1)	0.2 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.00 ^b	0.2 ± 0.01 ^a	0.2 ± 0.01 ^a	0.2 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.01 ^{cb}

Oleico (C18:1n9c)	42.33 ±0.15 ^a	54.33 ±0.06 ^b	43.6 ±0.10 ^c	41.83 ±0.06 ^d	43.27 ±0.06 ^e	48.3 ±0.00 ^f
Eicosenoico (C20:1n9)	0.1 ±0.01 ^a	0.1 ±0.01 ^a	0.1 ±0.01 ^a	0.1 ±0.01 ^a	0.1 ±0.01 ^a	0.1 ±0.01 ^a
Poliinsaturado – Polyunsaturated						
Linoleico (C18:2n6c)	34.70 ±0.1 ^a	23.63 ±0.06 ^b	32.03 ±0.06 ^c	32.8 ±0.00 ^d	33.73 ±0.06 ^e	28.43 ±0.06 ^f
Linolénico (C18:3n3)	2.20 ±0.00 ^a	2.1 ±0.00 ^b	2.3 ±0.00 ^c	2.3 ±0.00 ^{dc}	2.2 ±0.00 ^e	2.9 ±0.00 ^f

*Los resultados se expresaron como media ± desviación estándar (n=3). Los diferentes superíndices en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas (p < 0,01).

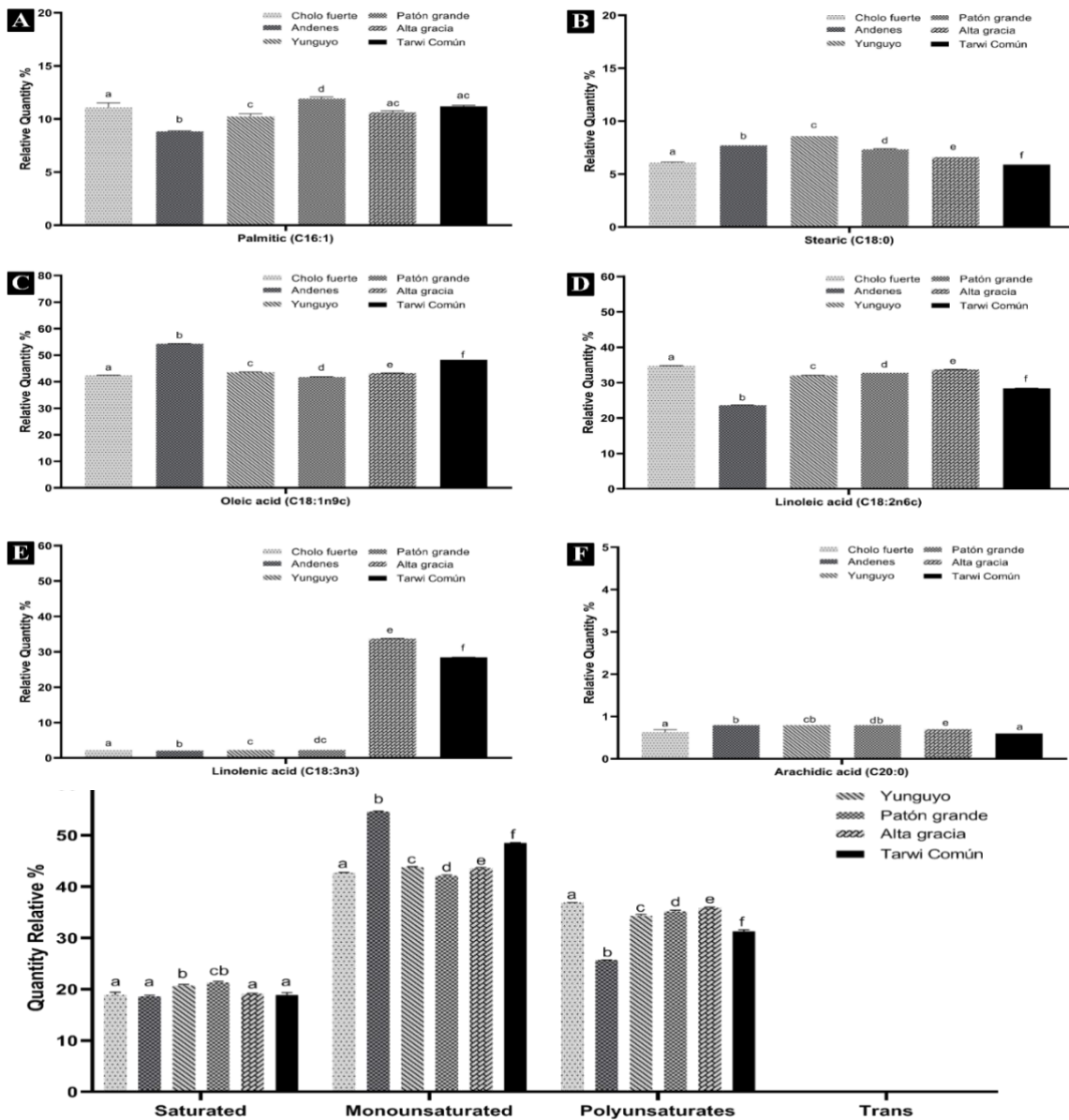


Figura 1. Contenido de ácidos grasos, en forma de metilésteres (FAME)

En la figura 2 se presenta el contenido de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, polinsaturados y trans en las diferentes variedades. Se puede observar que las variedades “Yunguyo” (20.63%) y “Patón grande” (21.33%) tienen los mayores promedios de ácidos grasos saturados (AGS). Por otro lado, las variedades “Andenes” (54.53%) y “Tarwi Común” (48.5%) mostraron los valores promedios más altos de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) en comparación con las otras variedades. En cuanto a los ácidos grasos polinsaturados (PUFA), las variedades “Cholo fuerte” (36.9%) y “Alta gracia” (35.93%) presentaron los valores más altos en comparación con las otras variedades. Es importante destacar que no se observó la presencia de ácidos grasos trans en ninguna de las variedades.

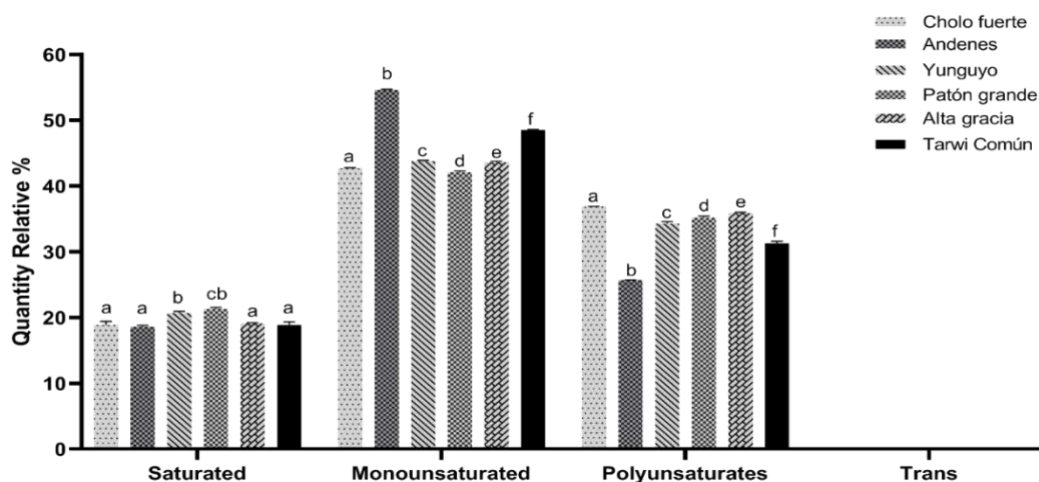


Figura 2. Cantidad relativa (%) de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados y Trans en forma de metilésteres (FAME)

DISCUSIÓN

Esta investigación presenta el análisis fisicoquímico donde se identificó en que las diferentes variedades de los aceites de Tarwi pueden ser una fuente alternativa para la alimentación humana, demostrando una larga vida útil debido a su menor grado de insaturación y alta estabilidad oxidativa, reportando bajos rangos de valores de acidez y peróxido. Estos resultados coinciden a los reportados por Hassen Mohamed et al.(19), que analizaron dos variedades aceite de tarwi (bitter and seet lupinus) por el mismo método de extracción Soxhlet; así mismo los valores del análisis fisicoquímico se acercan y coinciden como en el análisis de densidad (Andenes” a 25°C 0.90 g/mL), ácidos grasos libres (1,6%), índice de peróxido (2,7 mEq·O₂/k), índice de acidez (3.2 mg·KOH/g), índice de yodo (58 ± 2,0 mg·I₂/g) ;a diferencia de los informados por Pascual Chagman et al. (20) quienes evaluaron a los aceites del *Lupinus Mutabilis* “Común” y “Andenes” por método de prensa Expeller a diferencian de este estudio, sin embargo coincidieron en que sus características fisicoquímicas cumplen con los estándares del Codex Alimentarius(21). En contraste con la investigación Ikhlas Ibrahim et al. (22) Informó que los valores de peróxido de ambos aceites (*Lupinus termis* y *albus*) están muy por debajo del rango de los informados por la Comisión del Codex Alimentarius (2001), es decir, no están dentro de los rangos permitidos; esto se podría deber a que utilizaron otro método de extracción (molienda con cambios de solvente y evaporador rotatorio)(22). Este aceite cumple con los requisitos para aceite comestible evidenciado por sus características fisicoquímicas identificadas ya que

los valores están dentro de los límites para los aceites vegetales según el Codex Alimentarius(21) Además, en comparación con otros aceites como el aceite de colza y girasol altos en oleico, el aceite de lupino andino tiene una estabilidad oxidativa muy alta (23).

Por otra parte, al determinar el contenido de ácidos grasos, en forma de metilésteres, presentes en las diferentes variedades de aceite de Tarwi (*Lupinus Mutabilis*), se identificó el contenido de ácidos grasos saturados (AGS) más prominentes fueron el ácido palmítico ($11,93 \pm 0,15$ % patón grande) y el ácido esteárico (8,6 % yunguyo). Estos resultados coinciden con los encontrados por Ikhlas Ibrahim et al. (22) y Abdel Razec et. (24) al. mencionando que el ácido palmítico y esteárico son los más característicos. Arellano Martínez et al.(25) refiere que en el *lupinus Mutabilis* predomina el ácido graso saturado palmítico con un valor de 10,4%; además Pascual-Chagman et al. (20)reportaron un contenido similar de 7.10%(Andenes). Por el contrario, en otras variedades se encontró valores inferiores de ácido esteárico como en el lupino *sweet albus del Cayro* ($1,711 \pm 0,14$ %) (22) En comparación con otros aceites, el porcentaje de ácido palmítico es muy similar al de aceite de palma ($11,9 \pm 1,1$ %) e inferior al aceite de oliva ($18,41 \pm 0,01$ %) pero muchísimo más bajo al aceite de palma africana ($40,1 \pm 0,1$ %)(26). La literatura reporta que un valor alto de este ácido graso saturado de 16 carbonos en la dieta puede ser un factor importante para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, porque eleva las LDL y disminuye las HDL(27); por lo tanto, el aceite de tarwi tiene una ventaja sobre los aceites de oliva y de palma africana al tener valores menores de ácido palmítico en su composición.

Se evidencio, respecto a los ácidos grasos monoinsaturados, el ácido oleico (ω -9) como el más representativo (andenes $54,33 \pm 0,06$ %), siendo similar los valores andenes (56,2%) identificado por Pascual Chagman et al. (20). En comparación a los aceites más consumidos como el aceite de soja 22% y el aceite de maíz (24%), el porcentaje de ácido oleico es inferior al del aceite de tarwi evaluado. Sin embargo, un valor inferior en contraste con el aceite de oliva con un 72% de ácido oleico y de canola 61%(28). Investigaciones informan que este acido en particular beneficia en la prevención de algunas enfermedades crónicas no transmisibles, como la aterosclerosis, la trombosis y enfermedades cardíacas(29). Las mezclas de aceites vegetales con alta cantidad de AGS y AGM, como la examinada en el presente

estudio, tienen la característica de brindar estabilidad durante la fritura, previniendo la oxidación de los AGP (ácidos grasos poliinsaturados) y su conversión en AGT (ácidos grasos trans), asociados con el desarrollo de enfermedad cardiovascular(30). Este tipo de aceite puede ser útil en los servicios de alimentación, donde se hace un uso prolongado del mismo y es sometido a altas temperaturas.

Respecto a los grasos polinsaturados (PUFA) obtenidos en el estudio, el ácido linoleico (ω -6) (andenes 23,63% - Cholo fuerte 34.70%) en comparación con los valores de *Lupinus albus* y *L. angustifolius* (41,7–48,3 %) reportados por Barkiene et al. (31) son similares a diferencia que el lupino egipcio que es muy inferior (23,4%)(22). Asimismo, la concentración de ácido linolénico esencial (ω -3) fue de 2.1% en la variedad "Andenes" hasta un 2.90% en el "tarwi común", esto son inferiores comparado a reportes anteriores (0,1–7,9 %)(31)El aporte de ácidos grasos en el tarwi es considerable ya que en comparación con otras especies como la soya tiene mayor cantidad de omega 9, y mayor cantidad de omega 3 y 6 en comparación con el maní, lo que contribuye y favorece la salud de los consumidores según lo reportado por Zavaleta et al.(32) . Este aceite puede ser beneficioso para la salud por el aporte de ácidos grasos encontrados, tal como lo mencionan otras investigaciones; mostrando mayores indicios de beneficios en la reducción de la presión arterial, así mismo los lípidos séricos(33)

CONCLUSIONES

Se analizó el perfil de ácidos grasos (FAME) y la composición química del aceite de seis variedades de Tarwi (*Lupinus Mutabilis*) consumidas en Perú, encontrando que el aceite podría ser una buena alternativa de consumo para la población debido a que se pudo demostrar que este aceite podría mantener un tiempo largo de vida útil, así mismo cumple con las características necesarias para aceites comestibles según el análisis fisicoquímico realizado. Por otro lado, se determinó mayor aporte de ácidos grasos insaturados resaltando el oleico que fue el más representativo de los ácidos grasos insaturados, siendo la variedad andenes la que posee mayor contenido en comparación a las otras variedades. Respecto a los ácidos monoinsaturados se identificó al ácido linoleico con el más alto contenido, resaltando la variedad del cholo fuerte. De igual forma se resalta el contenido de omega 6 y omega3 encontrado en las variedades una relación media de 13:1. Estos

nuevos conocimientos encontrados muestran al aceite de tarwi como un alimento con valioso contenido nutricional para la población.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere llevar a cabo investigaciones que analicen cómo el aceite de tarwi puede contribuir a la mejora de enfermedades inflamatorias.
- Comparar el aceite de tarwi con otros aceites vegetales actualmente disponibles para el consumo humano.
- Investigar los efectos del aceite de tarwi al someterlo a procesos de cocción.
- Realizar investigaciones que aborden la biodisponibilidad de los nutrientes y los efectos sobre la salud a largo plazo del aceite de tarwi.
- Realizar estudios epidemiológicos y clínicos para evaluar el impacto del consumo del aceite de tarwi en la salud de las personas.

DECLARACIÓN DE FINANCIAMIENTO Y DE CONFLICTO DE INTERÉS:

Los autores declaran que no hay conflictos de intereses potenciales, cabe mencionar el agradecimiento al laboratorio de la Universidad Industrial de Santander que colaboró con el análisis de cromatografía de gases.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arellano Martínez AA. Análisis nutricional y actividades biológicas de compuestos bioactivos derivados del chocho (*Lupinus Mutabilis*). 2022;
2. Bryant L, Rangan A, Grafenauer S. Lupins and Health Outcomes: A Systematic Literature Review. *Nutrients*. 2022 Jan 1;14(2):327.
3. Guilengue N, Alves S, Talhinhos P, Neves-Martins J. Genetic and Genomic Diversity in a Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) Germplasm Collection and Adaptability to Mediterranean Climate Conditions. *Agronomy* 2020, Vol 10, Page 21. 2019 Dec 22;10(1):21.
4. Shalin Carhuallanqui Ávila, Angela Margot Ccora Huamán, Lizve Vilcapoma Ureta. Caracterización del tarwi (*Lupinus mutabilis*) y diseño de un prototipo de desamargador para la reducción de alcaloides. 2022;
5. Vera-Vega M, Jimenez-Davalos J, Zolla G. The micronutrient content in underutilized crops: the *Lupinus mutabilis* sweet case. *Scientific Reports* 2022 12:1. 2022 Sep 7;12(1):1–10.
6. Cesar J, Santivañez M, Oscar L, Paucar C. Larva de *Rhynchophorus palmarum* L., Coleoptera: Curculionidae: efecto de la dieta en la síntesis de ácidos grasos esenciales. *Revista Verde de Agroecología e Desenvolvimento Sustentável*, ISSN-e 1981-8203, Vol 16, Nº 2, 2021, págs 122-130. 2021;16(2):122–30.
7. María Susana Feliu, Ines Fernandez, Nora Slobodianik. Importancia de los ácidos grasos omega 3 en la salud. Buenos Aires - Argentina. 2021;
8. Fernandez I, Giacomino MS, Condori AI, Godoy MF, Pellegrino N, Slobodianik N, et al. Efecto de la suplementación con ácidos grasos n-3 sobre el perfil de lípidos séricos de ratas. *Revista chilena de nutrición*. 2021 Apr 1;48(2):170–8.
9. Ikhlas Ibrahim Khalid, Sirelkhatim Balla Elhardallou. Physico-chemical Properties and Fatty Acids Composition of Bitter and Sweet Lupine Seed. *Oriental Journal of Chemistry*. 2019;35.
10. Siger A, Grygier A, Czubinski J. Comprehensive characteristic of lipid fraction as a distinguishing factor of three lupin seed species. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2023 Jan 1;115:104945.
11. Khalid H, Amin FR, Chen C. An integrated laboratory experiment for the determination of main components in different food samples. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. 2022 Jan 1;50(1):133–41.
12. Daniela Alejandra Sanchez Paredes. Determinación del perfil lipídico en harinas de chocho (*Lupinus mutabilis* sweet) y melloco blanco (*Ullucus tuberosus*) para establecer el contenido de ácidos grasos saturados e insaturados. 2023;
13. AOCS. Official Methods of Analysis(OMA). 1990.
14. AOAC International. Official methods of analysis (OMA). 21th ed. 2017.
15. AOCS. Metodo oficial ce 1h-05. 7th ed. 2017.

16. AOCS. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. 1998.
17. AOCS. Official methods and recommended practices of the American oil Chemists Society. American Oil Chemists Society, editor. Vol. 27th. 1993. 1–62 p.
18. AOCS. Métodos oficiales y prácticas recomendadas de la AOCS. 27th ed. Arlington; 1993.
19. Sbihi HM, Nehdi IA, Tan CP, Al-Resayes SI. Bitter and sweet lupin (*Lupinus albus* L.) seeds and seed oils: A comparison study of their compositions and physicochemical properties. *Ind Crops Prod*. 2013 Aug 1;49:573–9.
20. Pascual-Chagman G, Santa-Cruz-Olivos J, Hidalgo A, Benavente F, Pérez-Camino MC, Sotelo-Mendez A, et al. *Lupinus mutabilis* oil obtained by expeller press: Yield, physicochemical characterization, antioxidant capacity, fatty acids and oxidative stability analyses. *Scientia Agropecuaria* [Internet]. 2021 Jun 1 [cited 2023 May 31];12(2):219–27. Available from: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/3545>
21. Comisión del Codex Alimentarius F. Comisión del Codex Alimentarius, Norma del Codex para aceites vegetales especificados. 2005 [cited 2023 May 31]; Available from: www.codexalimentarius.net
22. Khalid II, Elhardallou SB. Physico-Chemical Properties and Fatty Acids Composition of Bitter and Sweet Lupine Seed. *Oriental Journal of Chemistry*. 2019 Jun 30;35(3):1148–53.
23. Czubiński J, Siger A. Physicochemical Characteristics and Technological Properties of *Lupinus mutabilis* Oil. *European Journal of Lipid Science and Technology* [Internet]. 2023 Mar 23 [cited 2023 May 31];2200200. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ejlt.202200200>
24. Al-Amrousi EF, Badr AN, Abdel-Razek AG, Gromadzka K, Drzewiecka K, Hassanein MMM. A Comprehensive Study of Lupin Seed Oils and the Roasting Effect on Their Chemical and Biological Activity. *Plants* 2022, Vol 11, Page 2301 [Internet]. 2022 Sep 2 [cited 2023 May 31];11(17):2301. Available from: <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/17/2301/htm>
25. Arellano Martínez AA. Análisis nutricional y actividades biológicas de compuestos bioactivos derivados del chocho (*Lupinus Mutabilis*) [Internet]. 2022 [cited 2023 May 31]. Available from: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/34918/1/AL%20809.pdf>
26. Antonio J, Yela C, Diana ;, Ortiz Tobar P, Etthy ;, Bahos Ordoñez M, et al. Análisis del perfil de ácidos grasos y propiedades fisicoquímicas del aceite de palma de mil pesos (*Oenocarpus Bataua*). 2020;22:175–88.
27. En P, Humana N, María C, Botero R, Davahiva Gómez Ramírez B, Paul J, et al. Perfil de ácidos grasos en aceites de cocina de mayor venta en Medellín-Colombia. *Perspectivas en Nutrición Humana*. 2014 Dec 1;16(2):175–85.
28. Aula Médica España Durán Agüero G, García T, Catalán S. Aceites vegetales de uso frecuente en Sudamérica: características y propiedades. *Nutr Hosp*. 2015;32(1):11–9.
29. Sofía L, Guerrero V, Armando D, Portillo V, Wesche-Ebeling P, Abascal LT, et al. *Revista Cubana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular Órgano Oficial de la Sociedad Cubana de Cardiología* The purpose of nutrigenomics and nutraceuticals at the prevention of cardiovascular diseases; review. 2019;25(3).

30. FAO/OMS. Grasas y aceites en la nutrición humana. Composición de las grasas alimentarias. 1993;(57):5.
31. Fernandes L, Pereira JA, López-Cortés I, Salazar DM, Ramalhosa E, Casal S. Fatty acid, vitamin E and sterols composition of seed oils from nine different pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Spain. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015 May 1;39:13–22.
32. Amparo Iris Zavaleta. *Lupinus mutabilis* (tarwi). Leguminosa andina con gran potencial industrial. In Universidad Myor de San Marcos; 2018.
33. Bryant L, Rangan A, Grafenauer S. Lupins and Health Outcomes: A Systematic Literature Review. *Nutrients* [Internet]. 2022 Jan 1 [cited 2023 May 31];14(2):327. Available from: <https://www.mdpi.com/2072-6643/14/2/327/htm>

ANEXOS

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

Perfil de ácidos grasos y composición química del aceite de seis variedades de T arwi (Lupinus M

AUTOR

Treisy - Laly

RECuento DE PALABRAS

5598 Words

RECuento DE CARACTERES

29428 Characters

RECuento DE PÁGINAS

23 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.4MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 14, 2023 3:51 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 14, 2023 3:52 PM GMT-5

● 15% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 8% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)