



Doi: <https://doi.org/10.70577/ASCE/895.919/2025>

Recibido: 2025-05-23

Aceptado: 2025-06-23

Publicado: 2025-07-25

**Evaluación de las características de la calidad del aceite de chocho
(*Lupinus mutabilis sweet*) obtenido por dos métodos de extracción**

**Evaluation of the quality characteristics of lupine oil (*Lupinus mutabilis
sweet*) obtained by two extraction methods**

Johanna Giselle Bravo Quinga

<https://orcid.org/0009-0000-3771-8348>

joishappy@hotmail.com

Universidad Técnica de Cotopaxi.

NINDALGO S.A.

Quito-Ecuador

Edwin Fabián Cerda Andino

<https://orcid.org/0009-0004-4472-6812>

edwin.cerda@utc.edu.ec

Universidad Técnica de Cotopaxi

Cotopaxi-Ecuador

Clara Elena Villacrés Poveda

<https://orcid.org/0000-0001-9660-5845>

elenavillacres9@hotmail.com

Instituto Nacional de Investigaciones

Agropecuarias INIAP

Quito-Ecuador

Luis Eduardo Grandes Román

<https://orcid.org/0009-0007-9970-4815>

luisgrandes@grupograndes.com

NINDALGO S.A.

Cotopaxi-Ecuador

Cómo citar

Bravo Quinga, J. G., Cerda Andino, E. F., Villacrés Poveda, C. E., & Grandes Román, L. E. (2025). Evaluación de las características de la calidad del aceite de chocho (*Lupinus mutabilis sweet*) obtenido por dos métodos de extracción. *ASCE*, 4(3), 895–919.

Resumen

El objetivo de este estudio fue analizar las características de la calidad del aceite de chocho (*Lupinus mutabilis sweet*) obtenido por dos métodos de extracción. Se obtuvo el aceite de chocho de la variedad INIAP – 450 ANDINO que se extrajo por el método soxhlet con solvente hexano (ACDH) y por extrusión en prensa expeller (ACDE). Se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre ambos métodos con mejores resultados en el aceite ACDE. En la caracterización físico química, el aceite ACDE presentó un rendimiento de 18.01 %, densidad 0.91 g/ml, viscosidad 98.2 cP, prueba de frío negativo, punto de humo 206 °C, color claro con tonos rojizos, índice de refracción 1.47, índice de yodo 92.42 g I₂/100g, índice de peróxidos mEq O₂/kg, índice de acidez 1.81 mg KOH/g índice de saponificación mg KOH/g y materia insaponificable 2.67%. Todos los valores cumplen con los límites permitidos por el Codex Stan 19-1981, la NTE INEN 26 para aceite de girasol y NTE INEN 29 para aceite de oliva. En cuanto al perfil lipídico ACDE presentó un total de 20,42% de AGS y 79.08% en AGI destacando el $\omega 3$ (2.80 %), $\omega 6$ (30.04 %) y $\omega 9$ (46.24 %). Para el estudio de los índices de calidad del aceite ACDE se obtuvo valores de IA 0.15, IT 0.38 y h/H 7.23, resultados que posiciona al aceite de chocho como una alternativa lipídica cardioprotectora dado su impacto positivo sobre el colesterol total y LDL sin incrementar el riesgo trombogénico ni aterogénico.

Palabras clave: Chocho, Aceite, Composición Química, Perfil de Ácidos Grasos, Calidad Nutricional.

Abstract

The objective of this study was to analyze the quality characteristics of lupine oil (*Lupinus mutabilis* sweet) obtained by two extraction methods. Lupine oil was obtained from the INIAP – 450 ANDINO variety, which was extracted using the Soxhlet method with hexane solvent (ACDH) and by extrusion in an expeller press (ACDE). Statistically significant differences ($p > 0.05$) were observed between the two methods, with better results for ACDE oil. In the physical-chemical characterization, ACDE oil had a yield of 18.01%, density of 0.91 g/ml, viscosity of 98.2 cP, negative cold test, smoke point of 206 °C, clear color with reddish tones, refractive index 1.47, iodine index 92.42 g I₂/100g, peroxide index mEq O₂/kg, acidity index 1.81 mg KOH/g, saponification index mg KOH/g, and unsaponifiable matter 2.67%. All values comply with the limits permitted by Codex Stan 19-1981, NTE INEN 26 for sunflower oil, and NTE INEN 29 for olive oil. In terms of the lipid profile, ACDE presented a total of 20.42% SFA and 79.08% PUFA, with ω 3 (2.80%), ω 6 (30.04%), and ω 9 (46.24%) standing out. For the study of the quality indices of ACDE oil, values of IA 0.15, IT 0.38, and h/H 7.23 were obtained, results that position chocho oil as a cardioprotective lipid alternative given its positive impact on total cholesterol and LDL without increasing thrombogenic or atherogenic risk.

Keyword: lupin, oil, chemical composition, fatty acid profile, nutritional quality.

Introducción

El chocho (*Lupinus mutabilis sweet*) es una leguminosa autóctona de los Andes de América del Sur. Es un grano no amiláceo que se cultiva en altitudes comprendidas entre 2800 y 3600 msnm y se adapta a condiciones edafoclimáticas caracterizadas por suelos secos y arenosos. El fruto es una vaina que contiene de 3 a 8 granos cuyo color depende de la variedad genética y puede incluir tonalidades blancas, blanco crema o con manchas oscuras. Las 3 variedades existentes en el Ecuador son: INIAP – 450 Andino, INIAP- 451 Guaranguito y Criollo, las cuales se cultivan en las provincias de la sierra centro del país tales como Cotopaxi, Pichincha, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Carchi e Imbabura. (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2015).

A lo largo del tiempo, el interés por una alimentación saludable ha incrementado, lo que impulsa a la industria alimentaria al desarrollo de nuevas alternativas comestibles. En este contexto, el chocho ha captado la atención de las industrias agroalimentarias por su notable valor nutricional, especialmente por su elevado contenido en proteína (50 %) y grasas saludables (21 %) y por su sostenibilidad ecológica; catalogándolo como un superalimento. La ingesta de chocho, rico en compuestos antioxidantes podría contribuir a la prevención de patologías como el cáncer, así como enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares (Llerena, 2022).

El grano de chocho (*Lupinus mutabilis sweet*) tiene alto contenido de lípidos insaturados (18 % - 22 %) en el que predominan el ácido oleico con 40,40%, linoleico (Ω6) con 37,10 % y linolénico (Ω3) con 2,90 %, éstos se metabolizan rápidamente transformándose en energía, en contraste a las grasas de origen animal que se almacenan en el tejido adiposo y dan lugar a la obesidad. Numerosos estudios han demostrado los posibles beneficios que tiene el consumo de estos lípidos que incluye los efectos reductores del colesterol y los triglicéridos, propiedades antihipertensivas e hipoglucémicas, antiinflamatorias, anticancerígenas y antioxidantes (Ferchichi, et al. 2020).

Existen pocos estudios sobre la caracterización de la composición de aceite y ácidos grasos del chocho de la especie *Lupinus mutabilis sweet*, la mayoría de los estudios se han centrado en la calidad de la proteína de muchas variedades. Ruiz –López et al. (2019) estudiaron la composición de ácidos grasos de los aceites de diferentes especies de chocho europeo y encontraron que *L. luteus* contiene la mayor cantidad de ácido linoleico con 475 g/kg, *L. albus*

contiene la mayor cantidad de ácido linolénico con 95 g/kg mientras que *L. angustifolius* tiene alto contenido de ácido palmítico y esteárico. (p.4). Boschini et al. (2008) estudiaron la composición de ácidos grasos de los aceites de semillas extraídos de seis cultivares de chocho de la especie *L. albus* cultivados en Italia. Según su estudio, el ácido oleico fue el ácido graso más abundante (40,8– 50,5%), seguido del ácido linoleico (7,79– 15,81%) y el ácido linolénico (5,31– 10,36%). Sotelo et al. (2023) realizaron un estudio del perfil de ácidos grasos en 6 variedades de *Lupinus mutabilis sweet* provenientes de Perú, entre los cuales reportaron de 42.33 % a 54.33 % de ácido oleico, 23.63 % - 34.70 % en ácido linoleico y 2.1 % - 2.9 % en ácido linolénico.

El contenido lipídico y las características de calidad del aceite del chocho es particularmente prometedor debido a que su composición es muy cercana a las recomendaciones dietéticas para la prevención de enfermedades cardiovasculares como la ingesta de ácidos grasos omega 6 y omega 3 cuyo efecto positivo está asociado a la reducción de la mortalidad por enfermedades cardiovasculares (Sotelo, et al., 2023; Sbihia, 2013). La extracción de aceites vegetales mediante solventes resulta eficaz ya que alcanza mayores rendimientos, pero es necesario realizar tratamientos posteriores para eliminar estos solventes y obtener un aceite de consumo humano (Ferchichi, et al., 2020).

El objetivo de la presente investigación es analizar las características de calidad del aceite de chocho (*Lupinus mutabilis sweet*) obtenido por dos métodos de extracción.

Metodología

Se utilizó el chocho de la variedad INIAP- Andino 450 desamargado, cultivado en Sigchos, provincia de Cotopaxi. La variedad INIAP-450 ANDINO se obtuvo de un mejoramiento por selección de una población de germoplasma introducida de Perú, en 1992. Las primeras evaluaciones se realizaron en surcos triples, en 1993 se consideró como línea promisorio y en 1999 se entregó como la primera variedad mejorada: INIAP-450.

Los granos limpios y sin impurezas de chocho amargo pasaron por un proceso de desamargado luego se deshidrataron en un horno de convección a 100°C por 40 minutos, los granos secos se trituraron en un molino de martillos a 1500 rpm para obtener el pulverizado de chocho a 210 µm de tamaño de partícula.

Extracción de aceite de chocho con disolvente (ACDH)

La extracción del aceite de chocho se efectuó con la metodología Soxhlet, el chocho pulverizado se maceró con hexano grado alimenticio durante 8 horas al punto de ebullición del disolvente (68°C – 70°C), luego se destiló la mezcla a 60 °C en un rotavapor para separar el disolvente del aceite. El aceite recuperado se colocó en una estufa por 20 minutos, se enfrió la muestra y se almacenó en un envase plástico luego de pesar el contenido.

El aceite de chocho pasó por un proceso de refinado, inició con el desgomado, se mezclaron 100 ml de aceite con 1 ml de ácido cítrico al 1% con 15 ml de agua destilada y se agitó la mezcla por 20 min. Transcurrido el tiempo se agregaron 15 ml de agua destilada para eliminar los residuos de ácido y se agitó nuevamente la mezcla por 15 min. La emulsión se centrifugó a 3000 rpm por 20 min. Se recolectó el aceite sobrenadante.

Para el proceso de neutralización, se agregó una solución de NaOH 0.5 N en el aceite hasta llegar al pH 7 luego se centrifugó la mezcla por 10 minutos a 3000 rpm. Se recuperó el aceite sobrenadante y se realizaron diferentes lavados para eliminar toda la sosa.

Finalmente, para la decoloración, en 100 ml de aceite se agregaron 0,5 g de carbón activado y se sometió a centrifugación por 15 min a 3000 rpm, se recuperó el sobrenadante y se sometió a filtración al vacío.

Extracción de aceite de chocho por extrusión (ACDE)

La extracción del aceite de chocho se efectuó en un extrusor expeller (Marca Chidan, modelo 6YL-100, China) a una temperatura externa de 126 °C para alcanzar 80 °C en el producto y a 2500 bar de presión, luego se clarificó el aceite mediante un sistema líquido de capa comprimida en una prensa de filtro hidráulica (Marca superior, modelo XQ30/630-30U, China) a 1.6 MPa.

MÉTODOS

Caracterización física de los aceites

La densidad relativa se determinó mediante el método de densitometría descrito en NTE INEN 35:2012 y en la AOAC 920.212, a 25 °C. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\rho_{25} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

ρ_{25} es la densidad relativa a 25/25 °C

m_0 es la masa, en gramos, del picnómetro vacío

m_1 es la masa, en gramos, del picnómetro lleno de agua

m_2 es la masa, en gramos, del picnómetro lleno de la muestra

El color de los aceites se determinó mediante un sistema de evaluación del color CIE L*a*b*.

Se utilizó el colorímetro DR LANGE spectro-color d/8° portable, colorímetro espectral.

Firmware: 2.11.

La viscosidad se determinó según el método de Alvarado, (1996), con un viscosímetro Brookfield LVTD, previa termostatación de los aceites a 25°C. Las lecturas se realizaron a una velocidad de rotación de 50 rpm.

La prueba de frío, para determinar la resistencia de los aceites a la cristalización a temperatura de 0 °C por cinco horas y media, se realizó según la metodología descrita en la Normalización Española UNE 55042:1959.

El Punto de humo se evaluó mediante la metodología de la A.O.A.C. International, (1996). Se colocaron 150 ml de aceite en un recipiente a fuego medio hasta que llegue a temperaturas entre 180 y 220 °C, en el momento en que se observó una corriente de humo desprendiéndose del aceite se asignó ese valor de temperatura como el punto de humo.

El índice de refracción se determinó mediante refractometría por la metodología descrita en la AOAC 921.08; Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives. (1987), citado por Madrid et al., (2007) a 20 °C.

Caracterización química de los aceites

Para identificar la pureza e insaturación de los aceites, se determinó el índice de Yodo por volumetría descrita en NTE INEN ISO 3961:2013.

El índice de Peróxidos por la metodología de la AOAC 965.33, NTE INEN – ISO 3960:2013. Expresado en mEq de Oxígeno activo contenidos en 1 kg de aceite, se calculó a partir de yodo liberado del yoduro potásico con la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de Peróxidos} = \frac{v \times N}{m_0} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde:

v es el volumen de tiosulfato en ml consumidos en la valoración

N es la normalidad de la solución de tiosulfato sódico³

m_0 es la masa, en gramos, de la muestra de aceite.

El índice de acidez se determinó con el método volumétrico IUPAC, 1964 por medio de una titulación de 5 ml de aceite disuelto en 50 ml de éter etílico, con hidróxido de potasio 0.1 N hasta el viraje del indicador. El índice se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de acidez} = \frac{56,1 \times V \times N}{m_0} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Dónde:

V es el volumen de hidróxido de potasio en ml consumidos en la valoración.

N es la normalidad del hidróxido de sodio (0.1 N).

m_0 es la masa, en gramos, de la muestra de aceite.

El índice de Saponificación se determinó por el Método Volumétrico descrito en descrito en Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives, (1987) y NTE INEN ISO 3657. En una muestra de 2 gramos de aceite se agregó 25 ml de hidróxido de potasio 0,5 N y se tituló con ácido clorhídrico 0,5 N hasta el viraje del indicador. Se realizó un blanco utilizando la misma metodología. El índice se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de saponificación} = \frac{56,11 \times N (V - V')}{m_0} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Dónde:

V es el volumen en ml de HCl 0,5 N consumidos en el blanco.

V' es el volumen en ml de HCl 0,5 N consumidos en la titulación.

N es la normalidad del HCl utilizado.

m_0 es la masa, en gramos, de la muestra de aceite.

La materia insaponificable se determinó por el método de éter etílico descrito en Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives, (1987), Las sustancias no saponificables se extrajeron con 100 ml de éter etílico luego de una saponificación de las grasas con potasa alcohólica 2 N. Las sustancias saponificables se lavaron sucesivamente con hidróxido de potasio 0.5 N y con agua. A la solución acuosa etérea se agregaron 6 ml de acetona y se llevó a evaporación total. Se pesó el material insaponificable. El índice se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Insaponificable \%} = \frac{100 \times m_1}{m_0} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Dónde:

m_0 es la masa, en gramos, de la muestra de aceite

m_1 es la masa, en gramos, del residuo (material no saponificable)

Caracterización lipídica de los aceites

El perfil de ácidos grasos se determinó por cromatografía de gases por detector de ionización de llama GC-FID y la metodología AOAC 996.06, 963.22.

Índices Nutricionales de los aceites

Para calcular el índice aterogénico (IA), índice trombogénico (IT) y el índice hipocolesterolémico/hipercolesterolémico (h/H) se aplicaron las fórmulas descritas por Chen y Liu (2020).

$$IA = \frac{(C12:0) + (4 \times C14:0) + (C16:0)}{\omega_3 + \omega_6 + AGM} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Dónde:

IA Índice Aterogénico

C12:0 Ácido Láurico

C14:0 Ácido Mirístico

C16:0 Ácido Palmítico

ω_3 Omega 3

ω_6 Omega 6

AGM ácidos grasos monoinsaturados

$$IT = \frac{(C14:0 + C16:0 + C18:0)}{(0,5 \times AGM) + (0,5 \times \omega_6) + (3 \times \omega_3) + \left(\frac{\omega_3}{\omega_6}\right)} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Dónde:

IT Índice Trombogénico

C14:0 Ácido Mirístico

C16:0 Ácido Palmítico

C18:0 Ácido esteárico

ω_3 Omega 3

ω_6 Omega 6

AGM ácidos grasos monoinsaturados

$$\frac{h}{H} = \frac{(C18:1 + C18:2 + C18:3 + C20:4 + C20:5 + C22:4 + C22:5 + C22:6)}{C12:0 + C14:0 + C16:0} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Dónde:

h/H Índice hipocolesterolémico/

hipercolesterolémico

C12:0 Ácido Láurico

C14:0 Ácido Mirístico

C16:0 Ácido Palmítico

C18:1 Ácido oleico

C18:2 Ácido linoleico

C18:3 Ácido linolénico

C20:3 Ácido eicosatrienoico

C20:4 Ácido araquidónico

C20:5 Ácido eicosapentaenoico, EPA

C22:4 Ácido adrenico

C22:5 Ácido docosapentaenoico, DPA

C22:6 Ácido docosahexaenoico, DHA

Análisis Estadístico

Los valores expuestos de los diferentes parámetros analizados se realizaron por triplicado y corresponden a un promedio $\pm$ desviación estándar. Se analizaron estadísticamente con el programa Statgraphics centurió XV.

Resultados

Caracterización físico química de los aceites

La caracterización físico química de los aceites ACDH y ACDE se expone en la Tabla 1. Presenta diferencias estadísticamente significativas entre las dos muestras de aceites en el rendimiento, viscosidad, punto de humo, color, índice de yodo, índice de peróxido, índice de acidez y materia insaponificable (p value < 0.05), mientras que no se presentan diferencias significativas en la densidad, prueba de frío, índice de refracción e índice de saponificación.

El rendimiento en la obtención de aceite tiene un resultado superior en el método de extracción con hexano (ACDH) con 24.69% a comparación de un 18.01% con el método por extrusión (ACDE), esta diferencia es porque el solvente al ser líquido logra estar en contacto con la mayor área de superficie del chocho pulverizado lo que incurre en mayor cantidad de extracción, mientras que en la extracción por extrusión queda cierta cantidad de aceite en la torta extruida, que puede extraerse con solventes en un siguiente proceso (Villacrés, et al., 2010).

Los resultados obtenidos con la extrusión concuerdan con Pascual, et al., 2021 quien obtuvo rendimientos entre 14 % y 22 %, mientras que los resultados obtenidos por solvente también parecen estar de acuerdo con Villacrés, et al. 2010 con rendimientos entre 15 % y 25 %.

Tabla 1. *Propiedades físico químicas del aceite de chocho.*

Propiedades	ACDH	ACDE
Rendimiento de extracción (% p/p)	24.69 $\pm$ 0.81 ^a	18.01 $\pm$ 0.67 ^b
Densidad (20 °C; g/ml)	0.92 $\pm$ 0.00 ^a	0.91 $\pm$ 0.01 ^a
Viscosidad (cP)	58.12 $\pm$ 0.33 ^b	98.20 $\pm$ 0.23 ^a

Prueba de frío	Negativo	Negativo
Punto de Humo (°C)	187.67 ± 5.03 ^b	206.33 ± 2.08 ^a
C L*	63.77 ± 0.29 ^a	63.19 ± 0.19 ^b
O a*	-0.04 ± 0.08 ^b	0.40 ± 0.17 ^a
L b*	7.00 ± 0.54 ^a	5.67 ± 0.89 ^b
O R		
Índice de Refracción	1.47 ± 0.01 ^a	1.47 ± 0.00 ^a
Índice de Yodo (gI ₂ /100g)	116.05 ± 1.93 ^a	92.42 ± 1,26 ^b
Índice de peróxidos (mEq O ₂ /kg)	2.92 ± 0.14 ^b	5.51 ± 0.24 ^a
Índice de acidez (mg KOH/g)	6.53 ± 0.03 ^a	1.81 ± 0,01 ^b
Índice de Saponificación (mg KOH/g)	188.33 ± 0,58 ^a	184.00 ± 2.65 ^a
Materia insaponificable (%)	1.11 ± 0.00 ^b	2.67 ± 0.01 ^a

El resultado de la densidad entre los dos métodos de extracción concuerda con la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN en aceites comestibles vegetales cuyos valores oscilan entre el mínimo y máximo 0,910 – 0,93 g/ml dependiendo del material vegetal (algodón soya, girasol, oliva, sachá inchi, entre otros). A medida que un aceite presenta menor densidad corresponde a una mejor propiedad, pues es más digerible y posee un punto de fusión muy bajo, por lo que se recomienda el consumo del aceite de chocho con cualquiera de los dos métodos de extracción en estudio (Paucar-Menacho et al, 2015).

La viscosidad de los aceites vegetales está influenciada por múltiples factores, entre ellos el tipo de matriz vegetal, el método de extracción y la composición de ácidos grasos. Este parámetro representa la resistencia al flujo del aceite a una temperatura dada, y suele disminuir al aumentar el grado de insaturación de los ácidos grasos (Cáceres, 2022).

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian esta relación: el aceite ACDH presentó una viscosidad menor (56,3 cP) y una proporción más alta de ácidos grasos insaturados (79,39 %), en comparación con el aceite ACDE, cuya viscosidad fue de 98,2 cP y su porcentaje de AGI alcanzó el 79,08 %.

Valores similares a los del aceite ACDH fueron reportados por Villacrés et al. (2010), quienes determinaron una viscosidad de 62,5 cP en aceite de chocho amargo, desamargado y crudo. En contraste, Cáceres (2022) reportó valores superiores, entre 112,7 y 180 cP, en aceites de chocho obtenidos por prensa expeller, lo que se asemeja al comportamiento observado en el aceite ACDE. Estas diferencias podrían atribuirse al grado de refinamiento y al método de extracción, pues, los aceites no refinados, como el ACDE, tienden a ser más viscosos debido a la presencia de compuestos bioactivos, como fosfolípidos, pigmentos y esteroides, que no se eliminan durante la extracción mecánica (Cáceres, 2022).

La prueba de frío en aceites comestibles es un parámetro para evaluar la estabilidad de los aceites a bajas temperaturas e identificar la tendencia a formar turbidez o precipitados a temperaturas entre 0 °C y 4°C (Villacrés et al, 2010). El resultado en las dos muestras de aceite en estudio fue negativo ya que no se presentaron la formación de cristales, turbidez ni sedimentos visibles luego de 24 horas de almacenamiento a 0°C. Esto indica que el aceite posee buena estabilidad a bajas temperaturas.

El punto de humo es un parámetro clave en la evaluación de aceites comestibles, ya que indica la temperatura a la cual comienzan a descomponerse térmicamente y a liberar compuestos volátiles potencialmente tóxicos (Suca y Suca, 2015). Durante el calentamiento, los aceites sufren un proceso de polimerización lo que incrementa su viscosidad y facilita una mayor absorción por parte de los alimentos, dando lugar a productos excesivamente grasos. En este sentido, los aceites con mayor grado de saturación tienden a ser más estables frente a reacciones oxidativas e hidrolíticas, lo que reduce su propensión a polimerizar (FAO, sf). En el presente estudio, el aceite ACDH registró un punto de humo de 187.67 °C, mientras que el aceite ACDE alcanzó 206.33 °C, evidenciando que este último presenta una mayor resistencia a temperaturas elevadas. Sin embargo, de acuerdo con Pearson (2005), para considerarse adecuado en procesos de fritura profunda, un aceite debe tener un punto de humo mínimo de 215 °C. Por tanto, se recomienda utilizar los aceites evaluados en preparaciones en frío o en frituras moderadas que no excedan los 206 °C. Estos resultados coinciden con reportes previos. Suca y Suca (2015) informaron un punto de humo de 140.3 °C en aceite crudo de *Lupinus mutabilis* S., y de 188.7 °C en su versión refinada. Asimismo, Villacrés et al. (2010) reportaron 188.7 °C en aceite refinado de *Lupinus mutabilis* S. proveniente de granos desamargados. Estos hallazgos

respaldan el potencial de los aceites evaluados para aplicaciones culinarias a temperaturas controladas, y destacan la importancia del refinamiento en la mejora de la estabilidad térmica de los aceites vegetales.

El análisis de colorimetría reveló que ambos aceites en estudio presentan una luminosidad elevada ($L > 63$), lo que indica una apariencia clara y brillante. Esta característica visual es deseable en aceites comestibles, ya que se asocia con niveles bajos de impurezas (FAO, s.f.). En cuanto a los parámetros cromáticos, el aceite ACDE se posicionó en la zona de amarillos con matices rojizos ($a^* = 0.4$, $b^* = 5.67$), lo cual puede estar relacionado con una mayor presencia de carotenoides u otros compuestos termolábiles liberados durante el proceso de extracción a alta temperatura (Salinas & Pacheco-Delahaye, 2003). Por su parte, el aceite ACDH mostró un leve desplazamiento hacia la zona de amarillos con matices ligeramente verdosos ($a^* = -0.04$, $b^* = 7.00$), posiblemente asociado a un menor grado de procesamiento térmico (Ochoa, 2025). Estas diferencias cromáticas podrían reflejar no solo el tipo de extracción utilizado, sino también variaciones en la estabilidad oxidativa de los aceites.

El índice de peróxidos es un indicador clave de la oxidación primaria de los aceites, y permite estimar su grado de deterioro y la probabilidad de enranciamiento. En este estudio, el aceite obtenido mediante extrusión (ACDE) presentó un valor de 5.51 mEq O₂/kg, superior al del aceite extraído con solvente (ACDH), que alcanzó 2.59 mEq O₂/kg. Esta diferencia puede atribuirse a la mayor temperatura involucrada en el proceso de extracción por extrusión, lo cual podría haber favorecido la oxidación de los dobles enlaces presentes en los ácidos grasos insaturados (Quispe, 2012). A pesar de esta diferencia, ambos valores se encuentran muy por debajo del límite establecido por el Codex Alimentarius (1999), que fija un máximo de 15 mEq O₂/kg para aceites vírgenes y aceites prensados en frío. Esto sugiere que tanto el aceite ACDE como el ACDH presentan un buen estado de conservación y adecuada estabilidad oxidativa, cumpliendo con parámetros internacionales de calidad.

Se observó en los resultados que el aceite ACDH tiene un índice de acidez más alto comparado al aceite ACDE con valores entre 6.53 mg KOH/g y 1.81 mg KOH/g respectivamente. El valor del aceite ACDE se encuentra más bajo con respecto a Codex Stan 19-1981 que indica un nivel máximo de 4.0 mg KOH/g para grasas y aceites prensados en frío y grasas y aceites vírgenes.

Valores similares y un poco más altos fueron estudiados por Sotelo et al. 2023 en 6 variedades de *lupinus mutabilis* originarios de Perú, que obtuvo valores entre 2.3 mg KOH/g y 2.52 mg KOH/g en aceite obtenido por extracción con hexano. En una investigación realizada por Pascual, et al. 2021 se obtuvo un valor de 3.2 mg KOH/g en aceite de *lupinus mutabilis* obtenido por prensa expeller. Sin embargo, el índice de acidez del aceite ACDH se encuentra fuera del rango máximo permitido por norma, esto podría deberse al método de extracción en el que se utilizó hexano como disolvente, lo que podría ser un alterante para la calidad del aceite (Siger, et al 2023).

El índice de refracción (IR) de las dos muestras de aceite no presentaron diferencias, que corresponden a un mismo valor en los dos aceites de 1,472. El índice de refracción es utilizado para controlar la pureza y calidad de los aceites, se lo relaciona con su grado medio de insaturación y también se utiliza para observar el progreso de las reacciones tales como hidrogenación e isomerización (Pinto, 2022). Estos valores concuerdan con los obtenidos por Pascual et al, 2021 en aceite de chocho obtenido por extrusión igual a 1.469, Sbihi et al, 2013 también obtuvo valores de 1,4739 y 1,4734 en muestras de aceite de *Lupinus albus L.* amargo y desamargado respectivamente.

El índice de yodo del aceite ACDH presenta un valor superior de 116.05 g I₂/100g con respecto al aceite ACDE que tiene un valor de 92.42 g I₂/100g. Valores similares reportaron Petkova et al, 2022 que obtuvo 116 g I₂/100g en aceite de *Lupinus angustifolius*, Villacrés et al, 2010 obtuvo 115 g I₂/100g en aceite de *Lupinus mutabilis Sweet* variedad Andino 450 y Sbihi et al. 2013, obtuvo valores de 118.87 g I₂/100g y 122.86 g I₂/100g en muestras de aceite de *Luinus albus L.* amargo y desamargado respectivamente que se obtuvieron por extracción con hexano. Al comparar los resultados del aceite ACDH, concuerdan con la normativa NTE INEN 27 (aceite de maíz), NTE INEN 22 (aceite de algodón) y NTE INEN 25 (aceite de canola), mientras que el aceite ACDE cumplen con los límites permitidos en NTE INEN 23 (aceite de arroz) y NTE INEN 28 (aceite de maní). El índice de yodo es un indicador del grado de insaturación de los ácidos grasos que se relaciona directamente con la estabilidad oxidativa (Petkova et al. 2022) y permite clasificarlo como aceites no secantes, semisecantes y secantes, es decir, aceites que se secan al contacto con el aire debido a su grado de insaturación (dobles enlaces), mientras más alto es el índice de yodo menor es la estabilidad oxidativa (Guarnizo & Martínez, 2001, p.175). Según lo expuesto, el aceite ADCH se categorizaría como un aceite semisecante

mientras que el aceite ACDE como no secante y tendrán mayor estabilidad oxidativa, manteniéndose como aceites líquidos.

El índice de saponificación corresponde al número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para saponificar un gramo de grasa (Rodríguez, et al. 2016). En las muestras de aceite analizadas se obtuvieron valores de 188,21 mg KOH/g y 184 mg KOH/g que corresponden al aceite ACDH y ACDE respectivamente. Estos resultados son menores a los que expresa Sbihi et al. 2013 que obtuvo 195.6 mg KOH/g y 195.45 mg KOH/g para aceite de *Lupinus albus* L. amargo y desamargado respectivamente que se obtuvo por extracción con hexano. Khalid y Elhardallou, 2019 también reportaron índices de saponificación altos de 193.54 mg KOH/g y 190 mg KOH/g en chocho amargo (*Lupinus termis*) y dulce (*Lupinus albus*) en extracción con hexano y Villacrés et al. 2010 reportó valores semejantes con 188.2 mg KOH/g para aceite de *Lupinus mutabilis* S. refinado y 191.5 mg KOH/g para *Lupinus mutabilis* S. en aceite crudo que se obtuvo por extracción con hexano. Quispe, 2012 expresó 184 mg KOH/g en aceite de *Lupinus mutabilis* S. Al comparar con normativa, los valores obtenidos en los aceites de estudio se asemejan a los límites permisibles y establecidos en el CODEX STAN 210-1999 para aceite de maní, almendra, aguacate, sachá inchi y girasol; que oscilan entre 184 mg KOH/g y 196 mg KOH/g. Un índice de saponificación alto puede indicar que el aceite presenta más ácidos grasos libres y menos triglicéridos lo que indicaría que el aceite ACDH presenta mayor cantidad de ácidos grasos libres o mayor número de enlaces éster (Zahir et al., 2017).

Los resultados de la materia insaponificable fueron más altos en el caso del aceite ACDE con 2.67 % con respecto a 1.11 % del aceite ACDH. La materia insaponificable representa a los componentes que no reaccionan con las bases o álcalis para formar jabón (saponificación), por lo general suelen ser tocoferoles, esteroides, carotenoides y otros lípidos no saponificables (Suca y Suca, 2015). Ante lo expuesto se puede decir que el aceite ACDE no presenta una pureza posiblemente por la cantidad de esteroides u otros compuestos lipídicos no saponificables que no se separan eficientemente durante el proceso de extracción, alguno de los cuales tienen beneficios nutricionales y antioxidantes (Villacrés et al., 2010, Suca y Suca, 2015), además, de que el aceite ACDE no ha pasado por un proceso de refinamiento luego de la extracción para disminuir la cantidad de estos compuestos. Al considerar el Codex Alimentario, la materia

insaponificable del aceite ACDH se enmarca dentro del límite establecido 1.5% para aceite de soya, girasol, palma, oliva y coco, mientras que el aceite ACDE podría compararse con el límite máximo de 2.8% con el aceite de maíz, y pistacho.

Caracterización lipídica de los aceites

En la tabla 2 se expone el perfil de ácidos grasos de los aceites de *Lupinus mutabilis* S variedad INIAP 450 Andino obtenidos por dos métodos de extracción. De manera general no hay diferencias estadísticamente significativas ($p\text{-value} < 0.05$) entre los ácidos grasos Saturados (AGS) Total y los Ácidos Grasos Insaturados (AGI) Total.

Tabla 2. Perfil de ácidos grasos del aceite de chocho

Ácido graso	ACDH (%)	ACDE (%)
AGS		
C12:0 Ácido láurico	0.29 ± 0.02^a	$< 0.01 \pm 0.00^b$
C14:0 Ácido mirístico	0.20 ± 0.01^a	0.22 ± 0.02^a
C16:0 Ácido palmítico	11.80 ± 0.12^a	10.83 ± 0.10^b
C18:0 Ácido esteárico	6.56 ± 0.58^a	6.95 ± 0.19^a
C20:0 Ácido araquídico	0.67 ± 0.03^b	0.83 ± 0.04^a
C22:0 Ácido behénico	0.82 ± 0.04^b	0.96 ± 0.02^a
AGS Total	20.38 ± 0.55^a	20.42 ± 0.41^a
AGM		
C18:1n-9 Ácido oleico ($\omega 9$)	48.90 ± 0.18^a	46.24 ± 0.42^b
AGM Total	48.90 ± 0.18^a	46.63 ± 0.10^b
AGP		
C18:2n-6 Ácido linoleico ($\omega 6$)	28.28 ± 0.82^b	30.04 ± 0.23^a
C18:3n-3 Ácido linolénico ($\omega 3$)	2.44 ± 0.49^a	2.80 ± 0.11^a
AGP Total	30.72 ± 0.93^b	32.84 ± 0.33^a
AGI Total	79.44 ± 0.53^a	79.08 ± 0.05^a
Relación $\omega 6$: $\omega 3$	$11.92:1 \pm 2.34^a$	$10.72:1 \pm 0.36^a$

Nota: AGS: Ácidos grasos saturados; AGI: Ácidos grasos insaturados; AGM: Ácidos grasos monoinsaturados; AGP: Ácidos grasos poliinsaturados

Se presenta un bajo contenido de ácidos grasos saturados: laúrico (0,29 %), mirístico (0,22 %) y palmítico (11,83 %) con un valor total de 20.42% para ACDE y 20.38% para ACDH.

En ambos casos, se observa que la concentración total de AGI constituye la fracción mayoritaria con 79.08% en ACDE y 79.44% en ACDH. Un estudio realizado por Chávez & Zamata (2023) presenta características similares en el aceite que se obtuvo por método soxhlet de diferentes variedades de chocho peruano cuyo contenido total de Ácidos Grasos Insaturados (AGI) oscila entre 77,90 % y 80,40 %. Rodríguez, et al. (2022) reportó un total de 82 % de AGI en una muestra de chocho peruano que se obtuvo por extracción mecánica. Estas variaciones pueden atribuirse tanto a diferencias génicas entre variedades como a las técnicas de extracción empleadas.

Los AGI son esenciales en la alimentación del ser humano para cumplir con diversas funciones fisiológicas, como el cuerpo no es capaz de producirlos por sí mismo, es necesario adquirirlos mediante una alimentación balanceada para incorporar efectos protectores frente a enfermedades cardiovasculares, ciertos tipos de cáncer y condiciones autoinmunes (Cáceres 2022). El AGI predominante en los dos aceites en estudio resultó ser el ácido oleico con 46.24% en ACDE y 48.90 % en ACDH. El omega – 9 (ácido oleico) reduce los niveles de colesterol y de lipoproteínas de baja densidad (Dorado, Hurtado y Martínez, 2016). Le sigue el ácido linoleico con una concentración relativamente baja del 30,04 % en ACDE y 28.28 % en ACDH en comparación con otras matrices vegetales como el aceite de soya (48 % - 59 %) y girasol (74 %), cuyo contenido duplica al valor existente en el aceite de chocho (CXS 210-1999); y finalmente el ácido linolénico con 2.80 % en ACDE y 2.44% en ACDH. Ésta característica resulta relevante desde el punto de vista de la estabilidad oxidativa ya que el ácido linolénico, al poseer tres dobles enlaces, es más susceptible a la oxidación y su baja concentración contribuye a una mayor estabilidad del aceite durante el almacenamiento porque reduce el riesgo de formación de compuestos indeseables que puedan afectar negativamente el sabor y la calidad sensorial del aceite (Rodríguez et al., 2022; Ferreira Zambrano, 2020). En concordancia con Quispe, 2012 este aspecto requiere relevancia en la salud pública por los efectos del ácido linoleico en la reducción moderada de los niveles de colesterol y las lipoproteínas de baja densidad (LDL), mientras que el ácido oleico incrementa moderadamente el nivel de las lipoproteínas de alta densidad (HDL).

El perfil lipídico de las muestras de aceite cambia según el método de extracción aplicado, es así, que en las muestras de aceite por extrusión se ven afectados los ácidos grasos saturados aumentando su valor de 20,1436 % a 20,42 %, el ácido oleico disminuye en el proceso de extrusión de 48,6781 % a 46,24 %, mientras que aumentan la concentración de ácido linoleico y ácido linolénico de 28,1713 % a 30,04 % y 2,54 % a 2,80 % respectivamente. Estos cambios se asocian con la liberación de ácidos grasos del aceite debido al tratamiento térmico. El efecto de la temperatura puede cambiar las proporciones de ácidos grasos y su distribución dentro del aceite después de los tratamientos a altas temperaturas. En el caso del aceite que se obtiene con solvente, tiene que pasar por un proceso de refinado para que este pueda ser apto para el consumo humano y en este proceso justamente se utilizan altas temperaturas lo que ocasiona el cambio de distribución de los ácidos grasos (Al-Amrousi et al, 2022).

Los cambios en los nuevos hábitos alimenticios han provocado un mayor consumo de aceites vegetales ricos en ácido linoleico ($\omega 6$), actualmente la relación $\omega 6/\omega 3$ es igual a 15:1, cuando lo recomendable es 5:1 y máximo 10:1 según las directrices de la FAO/OMS (1994). En este caso de estudio, el aceite ACDE cercana al umbral superior permitido con una relación 10,72:1, lo que lo hace aceptable desde el punto de vista nutricional, aunque podría mejorarse éste ratio en combinación con otros aceites ricos en $\omega 3$ como el aceite de sacha inchi o canola (CXS 210-1999).

Índices Nutricionales

Tabla 3. *Índices Nutricionales del aceite de chocho*

Índices Nutricionales	ACDH	ACDE
Índice Aterogénico (IA)	0.16 ± 0.00^a	0.15 ± 0.00^b
Índice Trombogénico (IT)	0.40 ± 0.02^a	0.38 ± 0.01^a
Índice hipocolesterolémico/ Hipercolesterolémico (h/H)	6.53 ± 0.13^b	7.23 ± 0.05^a

El índice aterogénico (IA) constituye un parámetro de calidad nutricional que ayuda a evaluar el impacto de los ácidos grasos de los alimentos sobre la salud cardiovascular. Este índice relaciona la concentración entre el contenido de ácidos grasos capaces de aumentar los niveles

de colesterol sérico y los ácidos grasos de acción protectora. Valores bajos de IA reflejan una mayor proporción de ácidos grasos insaturados como el ácido oleico, linoleico y linolénico; indicativo de aceites saludables ya que presentan en su composición química ácidos grasos capaces de reducir los niveles de colesterol total y el LDL en el plasma sanguíneo (Castro, Herrera y Lutz, 2005; Chen y Liu, 2020). En este estudio, tanto el aceite ACDH como ACDE presentaron valores bajos de IA entre 0.16 y 0.15 respectivamente, lo que corresponde a aceites sumamente saludables ubicándolo en el mismo rango que los aceites de oliva, girasol y soya (Khalili and Kourimská, 2022) que son considerados como cardioprotectores. Resultados similares reportó Al-Amrousi, et al. (2022) con 0.081 y 0.154 en aceite de semilla de chocho dulce y amargo sin tostar. Los valores pueden ser comparables a otros aceites nuevos en el mercado, Ayala (2024) expuso valores entre 0.14 y 0.16 en aceite de aguacate de variedad Fuerte y 0.40 y 0.46 en aceite de aguacate de variedad EECA.

El índice trombogénico (IT) indica la tendencia que una grasa o aceite tiene para formar coágulos en los vasos sanguíneos y proporciona la relación entre los ácidos grasos protrombogénicos y los ácidos grasos antitrombogénicos. a un valor bajo de IT el producto resulta ser más saludable (Khalili and Kourimská, 2022). El IT de las muestras de los dos aceites ACDH y ACDE no presentaron diferencia estadísticamente significativa ($p\text{-value} < 0.05$) con valores de 0.40 y 0.38 respectivamente. Estos valores indican que al consumirlos la incidencia de padecer una enfermedad coronaria es muy baja. Los resultados se asemejan al compararlos con el aceite de girasol 0.18, aguacate 0.41, oliva 0.39 y soya 0.21 (Khalili and Kourimská, 2022). Un estudio realizado por Struti et al. (2020) expone un IT de 0.18 en aceite de *Lupinus albus* variedad Amiga que se obtuvo por extracción con solvente (éter). El calor es muy bajo comparado a la variedad *Lupinus mutabilis*, esto se debe principalmente por la diferencia de variedades, zona de cultivo, clima, método de extracción.

El índice h/H fue inicialmente propuesto por Santos-Silva et al. en 2002 para evaluar el efecto de la composición de ácidos grasos sobre el colesterol. Se basaron en una investigación sobre los ácidos grasos dietéticos y la regulación del colesterol LDL plasmático. En el aceite ACDH se obtuvo un valor de 6.53, mientras que en el aceite ACDE alcanzó 7.23 lo que sugiere que el método de extracción si interviene en la calidad nutricional del aceite, siendo más saludable el que se obtuvo por prensado. Struti et al (2020) reportó valores similares entre 7.12 y 7.18 en

aceite de *L. albus* con y sin cáscara respectivamente, se lo obtuvo por extracción con solvente. Al comparar con los valores en aceites tradicionales considerados saludables como el de oliva (4.53), canola (14.611), girasol (9.048) y soya (5.629) se puede expresar que el aceite de chocho supera estos valores y se consideraría un aceite de buena calidad nutricional (Szabo, et al. 2022).

A valores altos de h/H confiere una mejor calidad nutricional y se asocia con una disminución en la incidencia de cardiopatía coronaria, lo que posiciona al aceite de chocho como una alternativa lipídica cardioprotectora dado su impacto positivo sobre el colesterol total y LDL sin incrementar el riesgo trombogénico ni aterogénico (Chen y Liu, 2020).

Conclusiones

De las dos muestras de aceite de chocho analizadas el mayor rendimiento de extracción se obtuvo con el uso de solventes (24,69%), sin embargo, se demostró que con el método de prensado tipo expeller demostró ser muy eficiente y adecuado para la obtención de aceite de chocho con calidad aceptable. Los parámetros físico químicos evaluados se mantuvieron dentro de los límites establecidos por las normas NTE INEN y Codex Alimentarius, lo que respalda su aptitud para el consumo humano.

El aceite extraído por extrusión presentó una relación ω -6/ ω -3 de 10,72:1, considerada beneficiosa desde el punto de vista nutricional. Asimismo, su elevada proporción de ácidos grasos insaturados y bajo contenido de saturados le confieren propiedades cardioprotectoras, reflejadas en índices aterogénicos y trombogénicos reducidos. Estas características posicionan al aceite de chocho como una alternativa estratégica para su inclusión en dietas saludables y sostenibles, especialmente en contextos de seguridad alimentaria en regiones andinas.

Referencias

Al-Amrousi, E. F., Badr, A. N., Abdel-Razek, A. G., Gromadzka, K., Drzewiecka, K., & Hassanein, M. M. M. (2022). A Comprehensive Study of Lupin Seed Oils and the Roasting Effect on Their Chemical and Biological Activity. *Plants (Basel, Switzerland)*, 11(17), 2301. <https://doi.org/10.3390/plants11172301>.

Ayala, L. (2024). Extracción y Caracterización Físico-Química del Aceite de Aguacate (*Persea Americana Mill*) de las Variedades Fuerte y EECA. Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de Químico. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Boschin, G., D'Agostina, A., Annicchiarico, P., Arnoldi, A., (2008). Effect of genotype and environment on fatty acid composition of *Lupinus albus* L. seed. *Food Chem.* 108, 600–606.

Castro, M., Herrera, C. y Lutz, G. (2005). Composición, Caracterización y Potencial Aterogénico de Aceites, Grasas y Otros Derivados Producidos o Comercializados en Costa Rica. *Acta Médica Costarricense*. Vol. 47 N.1. ISSN 0001-6002.

Chen, J. y Liu, H. (2020). Nutritional Indices for Assessing Fatty Acids: A Mini-Review. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020, 21, 5695; doi:10.3390/ijms21165695.

Codex Alimentario. (1999). Norma Para Grasas y Aceites Comestibles No Regulados por Normas Individuales Codex Stan 19-1981.

Cáceres, S. (2022). Efecto del desamargado de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) en las características fisicoquímicas y estabilidad oxidativa de su aceite. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional José María Arguedas. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Perú. (https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/759/Susan_Tesis_Bachiller_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Dorado, Daniela J, Hurtado-Benavides, Andrés M, & Martínez-Correa, Hugo A. (2016). Extracción con CO₂ Supercrítico de Aceite de Semillas de Guanábana (*Annona muricata*): Cinética, Perfil de Ácidos Grasos y Esteroles. *Información tecnológica*, 27(5), 37-48. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000500005>

FAO/OMS. Fats and Oils in Human Nutrition. Report of a Joint Expert Consultation FAO/OMS. FAO Food and Nutrition 1994. N° 57

FAO. (s.f.). Capítulo 5 - Elaboración y refinado de aceites comestibles. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <https://www.fao.org/4/v4700s/v4700s09.htm>.

Ferchichi, N., Toukabri, W., Vrhosek, U., Nourairi, I., Angeli, A., Masuero, D., Mhamdi, R. y Trabelsi, D. (2020). Proximate composition, lipid and phenolic profiles,

and antioxidant activity of different ecotypes of *Lupinus albus*, *Lupinus luteus* and *lupinus angustifolius*. Journal of Food Measurement and Characterization. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00722-8>.

Ferreira Zambrano, M. C. (2020). Consumo de aceites vegetales y el comportamiento del nivel plasmático de vitamina E en población adulta. Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado de: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/50138>

Guarnizo A., y Martínez P. (2001). Experimentos de Química Orgánica 2da Ed. Elizcrom S.A.S. ISBN: 9789589774465, 9589774466.

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP. (2015). INIAP 450 Andino. Variedad de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Estación Experimental Santa Catalina. Divulgativo N° 169, Junio 2015. Quito, Ecuador.

Khalili Tilami, S.; Kouřimská, L. Assessment of the Nutritional Quality of Plant Lipids Using Atherogenicity and Thrombogenicity Indices. Nutrients 2022, 14, 3795. <https://doi.org/10.3390/nu14183795>

Llerena, L. (2022). Beneficios del chocho para mejorar la nutrición. Revista Qualitas, 24(24), 066 - 075. <https://doi.org/10.55867/qual24.05>

Madrid, A., Cenzano, I., Vicente, M. (2007). Manual de aceites y grasas comestibles. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp. 145-186

Norma Técnica Ecuatoriana INEN. (2012). Grasas y aceites comestibles. Determinación de la densidad relativa.

NTE INEN-ISO 3657:2013 Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Determinación del índice de saponificación.

Ochoa, D. (2025). Estabilidad térmica de grupos funcionales en aceites vegetales analizados mediante espectroscopía infrarroja. Ciencia en Desarrollo, 16 (1). <https://doi.org/10.19053/uptc.01217488.v16.n1.2025.18402>.

Official Methods of Analysis (AOAC) International. Volumen II. Edición 16. Estados Unidos de América. 1996. Capítulo 41. p. 10, 34.

Pascual-Chagman, G., Santa-Cruz-Olivos, J., Hidalgo, A., Benavente, F., Pérez-Camino, M., Sotelo-Mendez, A., Paucar-Menacho, L., & Encina-Zelada, C. (2021). Aceite de *Lupinus mutabilis* obtenido por prensa expeller: Análisis de rendimiento, caracterización fisicoquímica, capacidad antioxidante, ácidos grasos y estabilidad oxidativa. Scientia Agropecuaria, 12(2), 219-227. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.025>

Pearson, E. (2005). Análisis Químico de Alimentos., 3a Ed. México., CECSA., pp 25, 548.

Petkova, Z., Antova, G., Angelova, M., Todorova, I., Stoyanova, M. y Stoyanova A. (2022). *Lupinus angustifolius* L. cultivar “Boregine” from South of Bulgaria: a source of

nutrients and natural biologically active components. *Oilseeds & fats crops and lipids* 2022, 29, 10: doi 10.1051/ocl/2022003.

Pinto, C. (2022). Extracción y determinación de los indicadores de calidad del aceite de tarwi (*Lupinus mutabilis* sweet) y su influencia con la radiación ultravioleta. Proyecto de grado para optar al título de licenciatura en Química Industrial.

Quispe, R. (2012). Extracción y caracterización del aceite de tarwi (*Lupinus mutabilis* sweet). Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial. Puno – Perú

Rodríguez, J., Maldonado, J., Muro, M., Miranda, L. (2016). Índice de Saponificación de Cinco Mantecas Determinado Mediante un Micrométodo. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Vol 1, No. 1. 937-042.

Rodríguez, G., Aguirre, A., Córdova, A., Muñoz, J., Baquerizo, M., Brandolini, A., Villanueva, E. y Hidalgo, A. (2022). Modification of the Nutritional Quality and Oxidative Stability of Lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet) and Sacha Inchi Oil Blends. *Molecules*, 27(21), 7315: Doi: 10.3390/molecules27217315.

Ruiz – López, M., Barrietos – Ramírez, L., García, P., Valdéz, E., Zamora, J., Macías, R., Salcedo, E., Bañuelos, J y Vargas, Jesús. (2019). Nutritional and Bioactive compounds in Mexican luín beans species: a mini-review. *Nutrients* 2019, 11, 1785: doi:10.3390/nu11081785.

Santos-Silva, J.; Bessa, R.; Santos-Silva, F. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: II. Fatty acid composition of meat. *Livest. Prod. Sci.* 2002, 77, 187–194.

Struti, D., Mierlita, D., Simeanu, D., Pop, I., Socol, C., Papuc, T. y Macri, M. (2020). The Effect of Dehulling Lupine Seeds (*Lupinus albus* L.) from Low-Alkaloid Varieties on the Chemical Composition and Fatty Acids Content. *Revista de Chimie*. 71 (4), 2020, 59-70. <https://doi.org/10.37358/RC.20.4.8043>

Salinas, N., & Pacheco-Delahaye, E. (2003). Pigmentos carotenoides identificados y purificados en aceite de palma. *Agronomía Tropical*, 53(4). Recuperado de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2003000400006

Sbihi, H., Nehdi, I., Tan, C y Al-Resayes, S. (2013). Bitter and sweet lupin (*Lupinus albus* L.) seeds and seed oils: A comparison study of their compositions and physicochemical properties. *Industrial Crops and Products* 49 (2013). 573-579. Elsevier B.V doi:10.1016/j.indcrop.2013.05.020.

Szabo, Z.; Marosvölgyi, T.; Szabo, E.; Koczka, V.; Verzar, Z.; Figler, M.; Decsi, T. (2022). Effects of Repeated Heating on Fatty Acid Composition of Plant-Based Cooking Oils. *Foods* 2022, 11, 192. <https://doi.org/10.3390/foods11020192>

Siger, A. Grygier, A. and Czubinski J. (2023), “Comprehensive characteristic of lipid fraction as a distinguishing factor of three lupin seed species,” Journal of Food Composition and Analysis, vol. 115, Article ID 104945, 2023.

Normalización Española UNE 55042:2959 Aceites vegetales y animales. Prueba del frío. 1959-02-15.

Sotelo, A., Pascual, G., Santa, J., Norabuena, E., Calizaya, Y., Huaranga, A., Vargas, E. y Saintila, J. (2023). Fatty Acid Profile and Chemical Composition of Oil from Six Varieties of Lupine (*Lupinus mutabilis*) Consumed in Peru. Journal of Food Quality, vol 2023 (1). <https://doi.org/10.1155/2023/3531839>

Villacrés, E., Navarrete, M., Lucero, O., Espín, S y Peralta, E. (2010). Evaluación del rendimiento, características Físico-Químicas y Nutracéuticas del Aceite de Chocho (*Lupinus mutabilis sweet*). Revista Tecnológica ESPOL – RTE, Vol. 23, N. 2, 57-62.

Zahir E., Saeed, R., Hameed, M., Yousuf, A. (2017). Study of Physicochemical Properties of Edible Oil and Evaluation of Frying oil Quality by Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectroscopy. Arabian Journal of Chemistry. Vol 10. No. 2. S3870-S3876. DOI: 10.1016/j.arabjc.2014.05.025.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.