UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: Efecto de los parámetros operativos sobre el rendimiento y composición del aceite de chocho *(Lupinus mutabilis sweet)*.

Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción de Proyecto de Investigación, previo a la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos, otorgados por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Andrea Belén Crespo Jiménez

Tutor: Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

Ambato - Ecuador

Julio – 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

CERTIFICA

Que el presente Informe Final del Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 23 de junio de 2025



Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

0501873954

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Andrea Belén Crespo Jiménez, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Andrea Belén Crespo Jiménez

1728964899

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Informe Final del Trabajo de Titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final del Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Andrea Belén Crespo Jiménez

1728964899

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final de Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Firmado electrónicamente por:
FREDDY GEOVANNY DEL POZO LEON
Validar únicamente con FirmaEC

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
RUBEN DARIO VILCACUNDO CHAMORRO
Validar únicamente con FirmaEC

Dr. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro.

1802738102

Firmado electrónicamente por:
ANDREA VERONICA DELGADO RAMOS
Validar únicamente con FirmaEC

Mg. Andrea Verónica Delgado Ramos

0401305008

10 de julio de 2025

DEDICATORIA

A mi mamá Cecilia Marizol por ser mi guía, mi fuerza y mi refugio en cada etapa de mi vida, gracias por todos los sacrificios y amor incondicional, que a pesar de la distancia nunca dejaron de estar conmigo, su presencia se sintió en cada paso y hoy con todo mi amor dedico este trabajo al esfuerzo, fe y amor que puso en mí.

A mi hermano José Andrés, quien es parte fundamental de mi vida, gracias por estar ahí, por los consejos, las risas y también por los desacuerdos que nos han hecho crecer y siempre volver el uno con el otro.

A mi gordo Paco, por nunca dejarme sola y acompañarme en todas las noches de estudio y quien sin decir una palabra me ha dado el amor más puro, gracias por ser mi compañía y mi familia en los momentos más duros, te amo bolita.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme cumplir este sueño y por enseñarme que el camino para llegar a lo que quiero nunca va a ser fácil.

Agradezco a la Dra. Mayra Paredes por su guía y paciencia a lo largo de este trabajo, a su vez, al Ing. Luis Tamayo o Ing. Luchito por brindarme su ayuda en cada etapa de mi trabajo de titulación.

A Liz y Kim por haber llegado en un momento de mi vida en donde necesitaba conocer el verdadero sentido de amistad, ustedes se convirtieron en mi familia, y hacen que todos los momentos feos que suelo sentir, se sientan mucho más pequeños, creo firmemente que van a lograr todo lo que se proponen y espero estar con ustedes siempre, como ustedes lo han estado para mí.

A los amigos que la Universidad y la vida me dio la valiosa oportunidad de conocer Anahí, Chili, Elkin, David, Ariel, Leo y Belén, me llevo las mejores experiencias y agradezco haber podido cursar parte de mis 20´s con ustedes, lo recordaré con mucha nostalgia.

A mi cuñada Mishell por ser una gran amiga y un gran apoyo en todo el proceso de mi etapa universitaria.

A mi primo Joel C, por ser como un hermano para mí y representar el sentido de amistad, confianza y risas en mi vida, con esto me gano el puesto a la mejor prima del mundo por siempre y para siempre.

A mi prima hermana Grace C, por ser mi compañera desde la infancia con quien he compartido momentos increíbles, su compañía, palabras y forma de ver la vida siempre han sido una fuente de apoyo para mí.

A mis tíos, Irlandia y Alfredo por ser mis segundos padres y brindarme su cálido hogar por mucho tiempo, cuando inicie la Universidad, cuando llegaba cada fin de semana y cada vez que me sentía perdida en el mundo, me siento muy agradecida de haber aprendido un poco de su gentileza, bondad y generosidad.

Y finalmente a mí, por haber tenido las ganas de seguir en este camino a pesar de tantos cambios, pérdidas, silencios y despedidas, por haber aprendido en meses lo que no supe hacer en años, por nunca desistir y por repetir "No es una mala vida, únicamente es un mal momento" cada vez que la vida se ponía complicada, me agradezco por no renunciar cuando la vida me pidió más de lo que pensé que podía dar, por transformar el dolor en impulso y la soledad en fortaleza.

Belén.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii
DERECHOS DE AUTOR iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO viii
ÍNDICE DE TABLAS x
ÍNDICE DE FIGURAS xi
RESUMEN EJECUTIVO xii
ABSTRACT xiii
1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO 1
1.1 Antecedentes investigativos 1
1.1.1. El chocho (Lupinus mutabilis Sweet) 1
1.1.1.1. Importancia del chocho (Lupinus mutabilis Sweet) 2
1.1.1.2. Composición nutricional del grano de chocho (Lupinus mutabilis Sweet) 2
1.1.1.3. Factores que afectan la calidad del grano 2
1.1.2. Rendimiento y composición del aceite de chocho 3
1.1.2.1. Composición del aceite de chocho (Lupinus mutabilis Sweet) 3
1.1.2.2. Beneficios del aceite de chocho 4
1.1.2.3. Capacidad funcional 4
1.1.2.4. Capacidad antioxidante 4
1.1.3. Extracción de aceites vegetales 4
1.1.3.1. Método de extracción mecánica por prensado en frío 5
1.1.3.2. Método de extracción mecánica por prensado en caliente 5
1.1.4. Parámetros operativos en la extracción de aceites vegetales 5
1.1.4.1. Contenido de humedad 6
1.1.4.2. Presión del equipo 6
1.1.4.3. Temperatura 6
1.1.5. Procesos de deterioro que afectan un aceite vegetal 7
1.1.5.1. Oxidación 7
1.1.5.2. Hidrólisis 7
1.1.6. Perfil de ácidos grasos de un aceite vegetal 8

1.1.6.1. Ácidos grasos saturados 8
1.1.6.2. Ácidos grasos insaturados 8
1.1.6.2.1. Ácidos grasos monoinsaturados 8
1.1.6.2.2. Ácidos grasos poliinsaturados 9
1.2. Objetivos 9
1.2.1. Objetivo General 9
1.2.2. Objetivos Específicos 9
2. CAPITULO II. METODOLOGÍA 10
2.1. Materiales 10
2.2. Métodos 11
2.2.1. Determinación de los parámetros óptimos de extracción del aceite de chocho (Lupinus mutabilis sweet) 11
2.2.1.1. Obtención de la semilla 11
2.2.1.2. Limpieza de la semilla 11
2.2.1.3. Proceso de desamargado 11
2.2.1.4. Secado 12
2.2.1.5. Extrusión mecánica 12
2.2.1.6. Clarificación y Filtrado 12
2.2.1.7. Cuantificación de resultados 13
2.2.2. Análisis de perfil de ácidos grasos del aceite de chocho obtenido con el mayor rendimiento en el proceso de extracción 14
2.2.2.1. Determinación de perfil de ácidos grasos del aceite 14
2.2.3. Establecimiento de tiempo de vida útil del aceite de chocho crudo obtenido con el mayor rendimiento en el proceso de extracción 14
2.2.3.1. Determinación de tiempo de vida útil 14
3. CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 15
3.1. Análisis y discusión de datos 15
3.1.1. Evaluación de los parámetros operativos sobre el rendimiento en la extracción de aceite de chocho 15
3.1.2. Perfil de ácidos grasos del aceite de chocho extraído con mayor rendimiento 18
3.1.3. Evaluación del tiempo de vida útil del aceite crudo con mayor rendimiento en el proceso de extracción 22
4. CAPITULO IV. CONCLUSIONES 31
4.1. Conclusiones 31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Listado de equipos y materiales utilizados en el desarrollo del proyecto de titulación. 10
Tabla 2. Tratamientos combinados por variables de humedad y eficiencia del equipo en el proceso de extracción. 13
Tabla 3. Parámetros de extracción y rendimiento obtenido del aceite de chocho. 16
Tabla 4. Porcentaje de ácidos grasos identificados en el aceite de chocho (Lupinus mutabilis sweet) en el Tratamiento 2. 20
Tabla 5. Parámetros de ensayo para la determinación de vida útil del aceite de chocho en equipo Oxitest. 23
Tabla 6. Resumen de resultados y tiempo de vida útil estimado para cada reactor a temperatura ambiente. 30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Semilla de Lupinus mutabilis sweet 3
Figura 2. Comparación del rendimiento de aceite de chocho (Lupinus mutabilis sweet) en función de los tratamientos aplicados..... 18
Figura 3. Curva de regresión del aceite en el Reactor A a 90°C 24
Figura 4. Curva de regresión del aceite en el Reactor B a 90°C 24
Figura 5. Curva de regresión del aceite en el Reactor A a 100°C 25
Figura 6. Curva de regresión del aceite en el Reactor B a 100°C 25
Figura 7. Curva de regresión del aceite en el Reactor A a 110°C 26
Figura 8. Curva de regresión del aceite en el Reactor B a 110°C 26
Figura 9. Extrapolación Lineal de Ln(IP) vs Temperatura en el Reactor A. 27
Figura 10. Extrapolación Lineal de Ln(IP) vs Temperatura en el Reactor B. 28

RESUMEN EJECUTIVO

El chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) es una leguminosa reconocida por su elevado valor nutricional y su considerable contenido de aceite, lo que la convierte en una materia prima con potencial para la industria alimentaria. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de los parámetros operativos, específicamente la humedad de la semilla y la eficiencia del equipo de extracción, sobre el rendimiento y la composición del aceite de chocho. Se aplicaron cuatro combinaciones de variables, identificándose que un nivel de humedad del 6,1 por ciento y una eficiencia de extracción del 50 por ciento (Tratamiento 2) permitieron alcanzar el mayor rendimiento, con un valor de 63,4 por ciento. El análisis del perfil de ácidos grasos reveló un predominio de ácidos grasos insaturados, con un 51,73 por ciento de monoinsaturados y un 27,88 por ciento de poliinsaturados, destacando la presencia de ácido oleico y ácido linoleico, lo que otorga características nutricionales similares a las del aceite de oliva. Asimismo, se determinó la vida útil del aceite crudo mediante pruebas aceleradas de oxidación, obteniéndose valores de 332 horas para el Reactor A y 251 horas para el Reactor B, extrapolados a 25 grados centígrados. Los resultados evidencian que el aceite de chocho representa una alternativa prometedora para el desarrollo de aceites vegetales andinos, aunque se recomienda la aplicación de procesos de refinación para mejorar su estabilidad oxidativa y prolongar su vida útil.

Palabras clave: Aceite de chocho, Extracción mecánica por frío, Perfil lipídico, Rancidez oxidativa.

ABSTRACT

Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) is a legume recognized for its high nutritional value and significant oil content, making it a promising raw material for the food industry. The objective of this study was to evaluate the effect of operational parameters, specifically seed moisture content and extraction equipment efficiency, on the yield and composition of chocho oil. Four combinations of variables were applied, identifying that a moisture level of 6.1 percent and an extraction efficiency of 50 percent (Treatment 2) allowed for the highest yield, reaching 63.4 percent. The analysis of the fatty acid profile revealed a predominance of unsaturated fatty acids, with 51.73 percent monounsaturated and 27.88 percent polyunsaturated, highlighting the presence of oleic acid and linoleic acid, which confer nutritional characteristics similar to those of olive oil. Additionally, the shelf life of the crude oil was determined through accelerated oxidation tests, obtaining values of 332 hours for Reactor A and 251 hours for Reactor B, extrapolated to 25 degrees Celsius. The results show that chocho oil represents a promising alternative for the development of Andean vegetable oils; however, it is recommended to apply refining processes to improve its oxidative stability and extend its shelf life.

Keywords: Lupinus oil, Cold mechanical extraction, Lipid profile, Oxidative rancidity.

1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

El chocho o conocido científicamente como (*Lupinus mutabilis* Sweet)*,* al ser un cultivo ancestral andino, guarda dentro de sus semillas una gran riqueza nutricional, su aceite. Rico en ácidos grasos esenciales y antioxidantes, este líquido graso ha despertado el interés científico para la industria alimentaria debido a los potenciales beneficios para la salud que este ofrece, en especial para alcanzar una mejora de la salud y del estado nutricional de las poblaciones marginadas en Ecuador **(Villacrés et al., 2010)**. No obstante, su producción a gran escala enfrenta desafíos relacionados con la optimización de los procesos de extracción.

De acuerdo con **Salazar et al. (2024),** las semillas de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), son consideradas como una de las legumbres más prometedoras debido a su alto contenido proteico, sin embargo, se ha demostrado que parámetros como la humedad de la semilla y método de extracción pueden influir directamente con el rendimiento y composición de dicho aceite. Variables como la proporción de tocoferoles y otros compuestos bioactivos son capaces de variar en función de este tipo de condiciones **(Villacrés et al., 2010)**.

Por lo que, considerando los antecedentes expuestos, la presente investigación determinó el efecto de los parámetros operativos como la humedad de la semilla y la eficiencia del equipo de extracción sobre el rendimiento y composición del aceite, evaluando 4 diversas combinaciones de variables logrando así, identificar las condiciones más favorables para la extracción de aceite en este tipo de leguminosa.

1.1.1. El chocho *(Lupinus mutabilis* Sweet*)*

El chocho, altramuz, tarwi o lupino como es denominado comúnmente, es una leguminosa que exhibe rasgos andinos cultivada por las comunidades ubicadas mayoritariamente en Perú, Bolivia y Ecuador desde tiempos ancestrales **(Berger & Palta, 2008).** Es una planta que contiene un alto valor nutricional y cultural gracias a su origen procedente de la región andina sudamericana.

1.1.1.1. Importancia del chocho (Lupinus mutabilis Sweet)

Como señala **Gulisano et al. (2019)**, esta leguminosa destaca por su contenido proteico de alta calidad, su idoneidad para la producción sostenible y sus potenciales beneficios para la salud. Esta especie particularmente se caracteriza por una alta calidad de grano y con un contenido de aceite similar al de la soja, asimismo, sus semillas guardan un alto contenido proteico, mismas que habilitan un cultivo adaptable a una agricultura de bajos insumos en tierras marginales debido a su flexibilidad a climas templados y fríos, suelos poco fértiles, grandes altitudes y condiciones duras al tiempo que enriquece el suelo con nitrógeno **(Cowling, 1998).**

1.1.1.2. Composición nutricional del grano de chocho (Lupinus mutabilis Sweet*)*

Desde la perspectiva nutricional del grano, destaca su contenido de aminoácidos esenciales en donde la presencia de leucina, lisina e isoleucina participan de manera significativa, igualmente, este grano tiene un contenido de proteína (44%) y aceite (18%) mientras que los principales carbohidratos contenidos son oligosacáridos y polisacáridos conjuntamente con una cantidad sustancial de fibra dietética y ácidos grasos en donde el ácido oleico, linoleico y linolénico figuran entre los mayores componentes **(Gulisano et al., 2019).**

1.1.1.3. Factores que afectan la calidad del grano

Uno de los factores que más inciden en la calidad del grano es el contenido de alcaloides sumergido dentro de la semilla, si bien es cierto al ser una condición genética, estos alcaloides de quinolizidina (QA) son sintetizados comúnmente por especies de lupino y se caracterizan principalmente por causar sabor amargo y toxicidad anticolinérgica cuando están presentes en la semilla, no obstante **Cowling (1998),** afirma que este tipo de alcaloides pueden desempeñar un papel importante en el mecanismo de defensa contra patógenos y depredadores, por lo que el contenido de alcaloides presente en el grano puede depender de variables como el genotipo, estrés biótico o abiótico y condiciones pedoclimáticas en las que se encuentre el cultivo del altramuz **(Gulisano et al., 2019).**



Figura 1. *Semilla de Lupinus mutabilis Sweet*

Fuente: (Villacrés, 2020).

1.1.2. Rendimiento y composición del aceite de chocho

Recientemente, el interés hacia esta leguminosa ha aumentado considerablemente, por lo que uno de los subproductos que ofrece es su aceite, como afirma **Hatzold (1983),** las semillas de lupino, tienen un contenido de grasa particularmente alto, mismo que puede llegar hasta un 24% en las semillas, por lo tanto este contenido de grasa puede ser comparado con el de la soja, generando así, aceite comestible a partir de este altramuz, mismo que ronda un rendimiento de 18% a 23% de concentración de aceite, es decir que de alrededor de 100 toneladas de semillas, se pueden producir 13,7 toneladas de aceite comestible.

1.1.2.1. Composición del aceite de chocho (Lupinus mutabilis Sweet)

El aceite de chocho *(Lupinus mutabilis* Sweet*)*, posee en su mayoría ácidos grasos insaturados, el principal ácido graso es el ácido oleico, seguido del ácido linoleico mismo que es un ácido graso esencial, lo que caracteriza a este tipo de aceite como un buen aceite comestible, sin embargo, este aceite no contiene ácido erúcico, presente en el aceite de otro tipo de lupinos, de igual forma, mantiene presencia de tocoferoles, en donde el principal es γ-Tocoferol y suele considerarse mucho menor en su actividad de vitamina E que el α-Tocoferol **(Hansen, 1974).**

1.1.2.2. Beneficios del aceite de chocho

Los beneficios más importantes que posee el aceite de esta leguminosa, se deben a las propiedades antioxidantes y ventajas para la salud de humanos y animales, a su vez, los aceites no tradicionales inhiben positivamente la contaminación por hongos toxigénicos de los hongos patógenos de los alimentos, mismos que se deben a componentes bioactivos del aceite, por ende, la presencia de tocoferoles y compuestos fenólicos que integran este óleo pueden ser de utilidad en la inhibición fúngica **(Al-Amrousi et al., 2022).**

1.1.2.3. Capacidad funcional

La capacidad funcional adquirida de este aceite se debe en gran parte a la presencia de ácidos como el ácido oleico, linolénico y linoleico presentes en su perfil lipídico, confiriéndole propiedades reológicas y nutricionales que sugieren un potencial extenso para diversas aplicaciones en la industria alimentaria **(Rodríguez et al., 2022)**.

1.1.2.4. Capacidad antioxidante

Es cierto que, la capacidad antioxidante de cada aceite puede variar dependiendo de factores como el tipo, abundancia y categoría de compuestos bioactivos fijados en la composición química de cada semilla, no obstante **Estivi et al. (2023)**, menciona que este tipo de aceite, tiene una habilidad retardante para inhibir la oxidación en comparación con otro tipo de óleo, por la emulación de ácido linoleico y carotenos presentes en el aceite de chocho, contribuyendo de esta forma a la protección del cuerpo contra el estrés oxidativo.

1.1.3. Extracción de aceites vegetales

Existen diferentes métodos de extracción de aceite para matrices vegetales, mismas que pueden ser derivadas de semillas, frutos o pulpas, aun así, todos los métodos de extracción se basan en separar el aceite del embrión en el caso de las semillas, no obstante, cada tipo de extracción

pueden implicar ventajas y desventajas, dependiendo del tipo de materia vegetal expuesto a extracción **(Bakhshabadi et al., 2025)**.

1.1.3.1. Método de extracción mecánica por prensado en frío

El método de prensado en frío aporta una mayor seguridad para la extracción de aceite de semillas oleaginosas, **Ghiasi et al. (2022)**, menciona que el prensado en frio se ha estudiado durante mucho tiempo como prensa rotatoria, prensa de laminación y prensa hidráulica en varios campos. Este tipo de sistema no produce calor durante su funcionamiento, lo que lo hace ideal para producir óleos de alta calidad, evitando el aumento de temperatura, mismo que puede llegar a provocar la desnaturalización de proteínas, además atribuye beneficios como los bajos costos iniciales y operativos aparte de ofrecer una facilidad de proceso contribuyendo a una mayor eficiencia en la extracción de aceite.

1.1.3.2. Método de extracción mecánica por prensado en caliente

Este método efectúa en la degradación de los componentes antioxidantes del producto por efecto de la temperatura, generando cocción en las escamas de las semillas debido al calor originado, provocando la eliminación de aproximadamente el 75% del aceite de la semilla, no obstante la eficiencia de trituración, la variedad, la ubicación y el entorno del cultivo, puede influir en la capacidad de extracción, es por esto que el prensado en caliente tiene una mayor eficiencia de extracción de aceite que el prensado en frio **(Ouchbani et al., 2021)**.

1.1.4. Parámetros operativos en la extracción de aceites vegetales

Los parámetros operativos en la extracción de aceite en cualquier tipo de materia vegetal, son de suma importancia para el óptimo desempeño en cuanto a rendimiento y composición implica, **Fantino et al. (2020)**, menciona que sin importar el tipo de semilla del que se obtendrá aceite, parámetros como la humedad de la semilla, velocidad y temperatura del equipo de extracción dispondrán un efecto diferente según la caracterización de cada uno de los mismos.

1.1.4.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad es el contenido de agua presente en cualquier semilla y es un factor que influye considerablemente en el proceso de extracción de aceites vegetales, por lo que, es indispensable conocer las características de la semilla de la que se extraerá aceite, para así, realizar un proceso de reducción de humedad adecuado. **Maciel et al. (2023)**, en su investigación, menciona que, para una correcta extracción de aceite, se debe tener un debido control de secado de la semilla, mismo que afectará en la eficiencia del aceite obtenido, pues en el caso de la soja el contenido de humedad óptimo es (11% -12%) de contenido en base seca, sin embargo, es importante mantener un control cuidadoso en los tratamientos térmicos ya que pueden desnaturalizar las proteínas de la semilla.

1.1.4.2. Presión del equipo

El cambio de presión en una prensa expeller radica en la modificación de la abertura entre el elemento de estrangulamiento y el cilindro, generando así, mayor presión entre una menor abertura, además, el ajuste de presión va de la mano con condiciones como la velocidad de rotación del tornillo mismas que afectan en el rendimiento del aceite y calidad de la torta, **Savoire et al. (2013)**, afirma que, el caudal de aceite evoluciona con la presión de forma similar a la capacidad, en donde la modificación de la contrapresión aplicada por el elemento de estrangulación modifica la apariencia de la torta, a su vez este parámetro de presión opera conjuntamente con el aumento de la temperatura según sea el caso.

1.1.4.3. Temperatura

La temperatura es uno de los parámetros más importantes para lograr un aceite óptimo, debido a que incide desde la temperatura de secado hasta la temperatura de extracción dentro del equipo. **Çakaloğlu (2018)**, menciona que, usualmente los parámetros de calidad pueden verse afectados negativamente por una temperatura elevada en el proceso de secado o tostado de la semilla, no obstante, la temperatura habitual de un equipo de extracción mecánica dependerá mucho del tipo de semilla y presión que se ejerza, pues a condiciones de 100°C o superiores, la temperatura del

aceite obtenido puede disminuir a medida que aumenta la velocidad de rotación, por lo que, la temperatura del anillo del equipo influye en la temperatura de salida del aceite.

1.1.5. Procesos de deterioro que afectan un aceite vegetal

La degradación de los aceites vegetales durante la cocción es un fenómeno complejo el cual es influenciado por diversas reacciones químicas, componentes de otros alimentos y métodos de cocción, por lo que para mejorar la seguridad y la calidad de los alimentos es crucial comprender los procesos que rigen la degradación del aceite **(Nuriddinov et al., 2025)**.

1.1.5.1. Oxidación

La oxidación es un proceso de deterioro en donde el aceite reacciona con oxigeno perdiendo electrones y aumentando el estado de oxidación del mismo, comúnmente afecta la calidad del producto generando compuestos que altera el sabor, olor y valor nutricional, **Maszewska et al. (2018)**, menciona que el alto contenido de ácidos grasos insaturados son susceptibles a la oxidación, por lo que el perfil lipídico de un aceite puede ser un indicio para determinar la utilidad en procesos tecnológicos así como la vida útil del aceite.

1.1.5.2. Hidrólisis

La hidrólisis de un aceite se refiere a la descomposición de los triglicéridos por acción del agua, durante este proceso los triacilglicéridos se escinden en presencia de agua y catalizador, liberando glicerol y ácidos grasos, no obstante, la hidrólisis enzimática, utiliza lipasas como biocatalizadores y se lleva a cabo en condiciones moderadas de temperatura y presión, lo que resulta en productos de alta pureza **(Machado, 2021).**

1.1.6. Perfil de ácidos grasos de un aceite vegetal

El perfil lipídico de un aceite vegetal puede variar dependiendo de la matriz alimentaria, no obstante, el perfil de ácidos grasos se refiere a la composición expresada en porcentaje de los tipos de ácidos grasos que se encuentren dentro de cada aceite y se clasifican en:

1.1.6.1. Ácidos grasos saturados

Este tipo de ácidos son los más estables biológicamente debido a que no se enrancian ni se oxidan, se diferencian por no contener dobles enlaces en su estructura y las cadenas de ésteres grasos adyacentes forman estructuras compactas con puntos de fusión altos **(De Canale et al., 2005).**

1.1.6.2. Ácidos grasos insaturados

Los ácidos grasos insaturados son reconocidos principalmente por poseer uno o más dobles enlaces en su cadena hidrocarbonada y se subdividen en dos.

1.1.6.2.1. Ácidos grasos monoinsaturados

Como su nombre lo menciona, dispone únicamente de un doble enlace (-CH=CH-) en su cadena hidrocarbonada mismo que se encuentra en configuración Cis, proporcionando una curvatura en la molécula e inhibiendo su solidificación. Este tipo de ácido graso insaturado se caracteriza por ser líquido a temperatura ambiente y relativamente resistentes al enranciamiento durante su almacenamiento, no obstante, son ligeramente menos estables a la oxidación que los ácidos grasos saturados **(M. Tian et al., 2023).**

1.1.6.2.2. Ácidos grasos poliinsaturados

Este ácido graso a diferencia del monoinsaturado, posee dos o más dobles enlaces (-CH=CH-) conjugados entre sí, a su vez, este tipo de ácido insaturado suelen ser líquidos incluso refrigerados, no obstante, aumenta la inestabilidad biológica y oxidativa debido a un mayor contenido de dobles enlaces **(Petersen et al., 2024).**

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar los parámetros operativos sobre el rendimiento y composición del aceite de chocho *(Lupinus mutabilis sweet*).

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros óptimos de extracción del aceite de chocho *(Lupinus mutabilis sweet).*
- Analizar el perfil de ácidos grasos del aceite de chocho obtenido con el mayor rendimiento en el proceso de extracción.
- Establecer el tiempo de vida útil del aceite de chocho crudo obtenido con el mayor rendimiento en el proceso de extracción.

2. CAPITULO II. METODOLOGÍA

2.1. Materiales

En la siguiente tabla se enlista el diverso conjunto de equipos y materiales de laboratorio utilizados para llevar a cabo los objetivos propuestos.

Tabla 1.

Listado de equipos y materiales utilizados en el desarrollo del proyecto de titulación.

Equipos	
Marmita	Balanza de humedad
Balanza analítica	Báscula de plataforma
Oxitest	Cromatógrafo de gases
Horno	Expeller (Flora Power)
Material Fungible	
Recipientes	Papel film
Espátulas	Papel filtro
Bandejas de secado	Cedazo
Cuchara	Embudo
Cuchillo	Fundas herméticas (15 L)
Guantes de nitrilo	Botellas tipo ámbar
Papel absorbente	Jeringa
Papel aluminio	

2.2. Métodos

A continuación, se describe los métodos utilizados para alcanzar cada uno de los objetivos planteados.

2.2.1. Determinación de los parámetros óptimos de extracción del aceite de chocho *(Lupinus mutabilis sweet)*

2.2.1.1. Obtención de la semilla

Las semillas de chocho se adquirieron en Saquisilí, provincia de Cotopaxi, la misma tuvo un manejo postcosecha con un secado al sol.

2.2.1.2. Limpieza de la semilla

Una vez obtenida la semilla se realizó una limpieza general de la misma, en donde se extrajo parte de desechos como restos de hojas, piedrillas o semillas en mal estado, logrando así unificar las semillas.

2.2.1.3. Proceso de desamargado

El proceso de desamargado fue uno de los pasos más importantes para obtener la semilla de lupino dulce, debido al alto contenido de alcaloides quinolizidínicos (QA) que posee este tipo de altramuz, se tomó en cuenta la metodología de Villacrés et al., (2020), que afirma que el grano de L. mutabilis se desamarga mediante sucesivos lavados con agua para reducir las concentraciones de este tipo de sustancias y que sean seguros para el consumo humano, se realizó un tratamiento térmico acuoso (TTA), que incluye una hidratación, cocción y lavado, en la primera etapa el grano se hidrató con agua estacionaria a temperatura ambiente durante 24 horas y con una proporción de 1:3 (grano:agua), ayudando con un ablandamiento inicial de la semilla y permitiendo que los

siguientes procesos sean más factibles. Seguidamente, se ejecutó el proceso de cocción el cual fue realizado por un tiempo de 2 horas con agua a temperatura de (90 – 100°C) y con la misma proporción de agua y semilla que en el primer proceso. Finalmente se llevó a cabo la tercera etapa, misma que tuvo una duración de 8 días, en dicha etapa se desarrolló un sistema de cambio de agua corriente dos veces al día, el proceso concluyó cuando al degustar el altramuz no existió sensación de disgeusia en el paladar y con un tamaño de partícula que aumentó cuatro veces su tamaño original **(Y. Tian et al., 2024).**

2.2.1.4. Secado

Este proceso se desarrolló colocando las semillas desamargadas en bandejas perforadas, las cuales posteriormente sufrieron un proceso de secado de calor por convección, este método se llevó a cabo con un horno industrial a temperatura de 80 - 90°C por un tiempo estimado de 6 horas para conseguir una humedad del altramuz con un rango de 5% a 6% de humedad y con un tiempo de 4 a 5 horas para obtener una humedad de 10%, no obstante este tipo de metodología varía según la selección de la semilla que se desee eliminar el agua ligada internamente **(Zhang, Y., 2021).**

2.2.1.5. Extrusión mecánica

La extracción de aceite se realizó con una prensa de aceite vegetal modelo Florapower. Este equipo tuvo un ajuste de motor de 40% y 50% en la carga de trabajo, que se traduce como la eficiencia del equipo, dicho ajuste fue templado para cada una de las condiciones de humedad de la semilla (6% y 10%) realizando 4 extracciones. Tras alcanzar la estabilización del equipo, la leguminosa se alimentó a la máquina. A continuación, la semilla entró en contacto con el cilindro y el tornillo, en donde por comprensión se obtuvo el aceite **(Mousa et al., 2022)**.

2.2.1.6. Clarificación y Filtrado

El tratamiento se implementó para reducir y eliminar componentes indeseables específicos del aceite crudo, en este paso se desarrolló un proceso de clarificación por método de decantación el cual tardó un tiempo de 48 horas, este proceso permitió que todos los sólidos y restos de torta puedan descender por acción de la gravedad **(Felicissimo Marangoni et al., 2021)**.

Posteriormente surgió el proceso de filtrado, en donde existió el paso de aceite por un papel filtro previamente pesado para eliminar el sedimento del aceite crudo y obtener el peso real del aceite **(Mousa et al., 2022)**.

2.2.1.7. Cuantificación de resultados

Se desarrolló las extracciones bajo las condiciones establecidas con un peso inicial de 7.2 kg de semilla seca para todos los experimentos y no se llevó a cabo replicas por tratamiento **(Adelola Orhevba & Precious, 2020)**. Se cuantificó cada tratamiento en unidades de kg, con ayuda de una balanza, y se estableció el rendimiento de cada uno con la siguiente fórmula

$$Rendimiento\ de\ aceite\ (\%) = \frac{Aceite\ total\ extraído\ (Kg)}{Masa\ entrante\ de\ muestra\ seca\ (Kg) * 0.18} * 100$$

La unidad de 0.18 presente en la fórmula se refiere al contenido de aceite que se encuentra en una semilla de chocho seco según **Hatzold (1983)**. Posteriormente, se envasó cada tratamiento en botellas tipo ámbar y se almacenó en un espacio libre de humedad a temperatura ambiente y en ausencia de luz, finalmente los cuatro tratamientos quedaron adaptados como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2.

Tratamientos combinados por variables de humedad y eficiencia del equipo en el proceso de extracción.

		Humedad de la semilla	
		6%	**10%**
Eficiencia del equipo de extracción	**40%**	T1	T3
	50%	T2	T4

2.2.2. Análisis de perfil de ácidos grasos del aceite de chocho obtenido con el mayor rendimiento en el proceso de extracción

2.2.2.1. Determinación de perfil de ácidos grasos del aceite

Para determinar el perfil de ácidos grasos del aceite de chocho, se utilizó cromatografía de gases (GC). Este análisis fue externalizado por el Laboratorio LASA ubicado en la ciudad de Quito – Ecuador, mismo que es certificado para realizar este tipo de análisis. Este procedimiento siguió la metodología AOAC 996.06, 963.22; GC-FID, el equipo consta de un detector de ionización de llama (FID) para la separación de los ácidos grasos compuestos en la muestra **(Hamano et al., 2020)**.

2.2.3. Establecimiento de tiempo de vida útil del aceite de chocho crudo obtenido con el mayor rendimiento en el proceso de extracción

2.2.3.1. Determinación de tiempo de vida útil

La determinación del tiempo de vida útil del aceite de chocho se realizó bajo la metodología de **Tsao (2021)**, en donde constata el tiempo de vida útil de varios aceites extraídos por prensa mecánica, utilizando el equipo OXITEST (VelpR Scientifica, Usmate, Italia) de acuerdo con el método AOCS no. Cd 12c-16. Este equipo expresó la estabilidad oxidativa como un periodo de inducción (IP) que es el periodo de tiempo antes de que comience un aumento drástico en la tasa de oxidación lipídica. Se sometió la muestra del tratamiento 2 en una cámara de titanio sellada herméticamente a temperaturas de 90, 100 y 110 °C, y a una presión constante de 6 bar. Posteriormente el instrumento se controló mediante el software original (OXISoft TM, VelpR) dando un número IP al final de la prueba, los resultados fueron expresados a partir de curvas de oxidación resultantes mediante el método de dos tangentes con ayuda de una extrapolación de datos.

3. CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de datos

3.1.1. Evaluación de los parámetros operativos sobre el rendimiento en la extracción de aceite de chocho

Se evaluó la humedad de la semilla y la eficiencia del equipo como factores que influyen en el rendimiento de extracción del aceite de chocho. Para ello, se midió el contenido de humedad en base húmeda por triplicado en cada tratamiento y se registró la masa de entrada, la eficiencia del equipo y la cantidad de aceite extraído.

En la Tabla 3. se muestran los resultados de humedad de la semilla después del proceso de acondicionamiento para los cuatro diferentes tratamientos, el análisis de humedad arrojó valores en donde evidencian que la mayor humedad fue obtenida en el Tratamiento 3 y la menor en el Tratamiento 1, lo cual es similar a los valores reportados por **Ghiasi et al. (2022)**, en su análisis reporta que un contenido de humedad intermedio o bajo puede ser beneficiosa en el proceso de extracción de aceites vegetales.

Con respecto al rendimiento, este se calculó con base en el método reportado por **Hatzold (1983)**, el cual establece un contenido teórico de aceite presente en la semilla de chocho del 18%. Este valor representa la proporción máxima de lípidos extraíbles respecto al peso total de la semilla. Los resultados expuestos en la Tabla 3. indican que el Tratamiento 2 alcanzó el mayor rendimiento de extracción en comparación con el contenido lipídico teórico, mientras que el Tratamiento 3 registró el menor rendimiento.

Tabla 3.

Parámetros de extracción y rendimiento obtenido del aceite de chocho.

Nota: el rendimiento relativo fue calculado en base al 18% de aceite contenido en la semilla de chocho reportado por Hatzold (1983).

Tratamiento	Humedades (% bh)	Promedio humedad (% bh)	Masa entrante (kg)	Eficiencia del equipo (%)	Aceite extraído (kg)	Rendimiento con base al contenido de aceite (18%)
Tratamiento 1	R1: 5.910	6.091	7.2	40	0.719	55.6
	R2: 6.341					
	R3: 6.031					
Tratamiento 2	R1: 5.983	6.108	7.2	50	0.82	63.4
	R2: 6.418					
	R3: 5.924					
Tratamiento 3	R1: 9.875	10.062	7.2	40	0.588	45.4
	R2: 10.071					
	R3: 10.242					
Tratamiento 4	R1: 9.837	9.971	7.2	50	0.788	60.9
	R2: 9.748					
	R3: 10.328					

La Figura 2. muestra el rendimiento de extracción de aceite obtenido para los cuatro tratamientos evaluados. Entre estos, el Tratamiento 2 que presentó un contenido de humedad de 6.108% en base húmeda (%bh) registró el mayor rendimiento, superando significativamente a los demás tratamientos. Este resultado concuerda con lo reportado por **Maciel et al., (2023)**, quienes demostraron que la reducción del contenido de humedad en la semilla incrementa la eficiencia de extracción de aceite (OEE, por sus siglas en inglés). En su estudio, al disminuir la humedad de las semillas del 16.2% al 10% (%bh), la OEE aumentó de 25.5% a 58%, evidenciando que el acondicionamiento previo de la semilla como el control de humedad es un factor crítico para optimizar el proceso de extracción.

El método de extracción empleado constituye un factor determinante en el rendimiento final del proceso, **Hatzold (1983)**, reportó que, mediante extracción con solventes (hexano), se obtiene un rendimiento del 13.7% a escala industrial, equivalente a 13.7 toneladas de aceite comestible por cada 100 toneladas de semillas de lupino. Esta eficiencia se debe a la capacidad del hexano para penetrar eficazmente en la matriz vegetal y solubilizar los lípidos presentes. No obstante, este método presenta limitaciones significativas como altos costos operativos y riesgo potencial de contaminación del aceite con residuos tóxicos e inflamables cuando no se realiza una adecuada eliminación del solvente residual.

Aunque el prensado en frío muestra rendimientos ligeramente inferiores en comparación con los métodos químicos, esta técnica garantiza la obtención de un aceite vegetal de mayor calidad nutricional y sensorial **(Bakhshabadi et al., 2025)**. En el presente estudio, los Tratamientos 2 y 4 demostraron la mayor eficiencia de extracción al emplear la prensa Flora Power, mostrando simultáneamente los mejores rendimientos tal como se observa en la Figura 2. Estos resultados concuerdan con el estudio de **Ghiasi et al. (2022)**, donde afirma que, para semillas de canola y lino, un incremento en la velocidad de rotación de tornillo de (1.2 a 18.2 rpm) redujo el rendimiento en un 5%. Como señala **(Bogaert et al., 2018)**, para aumentar la eficiencia de extracción de aceite, la velocidad del tornillo necesita disminuir, pues esta condición, permite aumentar el tiempo de residencia de la semilla en la cámara de prensado generando mayor presión y fricción interna y mayor fluidez del aceite, lo que resulta en una ruptura más efectiva de las paredes celulares, factores que en conjunto optimizan la liberación de lípidos presentes en la semilla.

Por lo tanto, entre mayor eficiencia del equipo, mayor rendimiento en el proceso de extracción. Los Tratamientos 2 y 4 confirman las observaciones previas de **Ghiasi et al. (2022)**, sobre el

impacto de este parámetro en cuanto al rendimiento, mientras que **Fantino et al., (2020)**, en su estudio de extracción de aceite de semillas oleaginosas sostiene una posición similar pero, enfocándose en la importancia del contenido de humedad en las semillas, pues para este autor, este parámetro es uno de los factores más importantes que afectan el rendimiento en la extracción de aceite en el caso de semillas de nuez y almendra con valores de humedad de 7,5% y 8% (%bh) en donde se observaron recuperaciones máximas de aceite con este contenido de humedad.

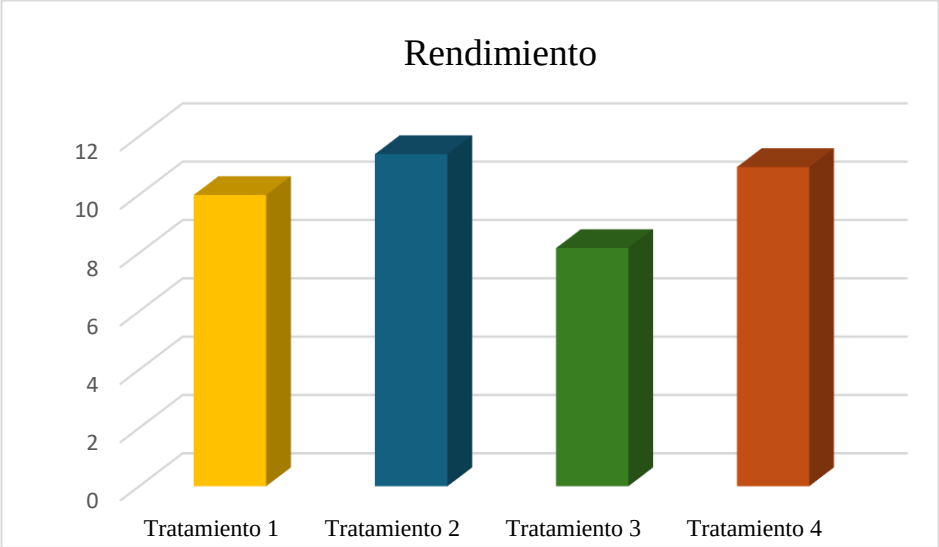


Figura 2. *Comparación del rendimiento de aceite de chocho (Lupinus mutabilis* Sweet*) en función de los tratamientos aplicados.*

Nota: El bloque azul corresponde al Tratamiento 2 que representa el mayor rendimiento en la extracción de aceite de chocho *(Lupinus mutabilis* Sweet*).*

3.1.2. Perfil de ácidos grasos del aceite de chocho extraído con mayor rendimiento

La Tabla 4. muestra el perfil de ácidos grasos del Tratamiento 2, donde predominan los ácidos grasos insaturados, con un 52,4% de ácido oleico (C18:1 ω-9), 24,8% de ácido linoleico (C18:2 ω-6) y 3,08% de ácido α-linolénico (C18:3 ω-3). Estos valores representan un 51,73% de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) y un 27,88% de poliinsaturados (PUFA). Este perfil lipídico es comparable al del aceite de oliva, el cual, según **Al-Amrousi et al. (2022)**, contiene entre un 55%

y 83% de ácido oleico, aunque el Tratamiento 2 presenta un contenido ligeramente menor (52,4%), sigue siendo uno de los aceites con mayor similitud en cuando a su composición.

Además, los resultados coinciden con los reportados por **Rodríguez et al. (2022)**, para el aceite de chocho (54,2% de ácido oleico y 25,7% de ácido linoleico), lo que refuerza la consistencia de los datos obtenidos. Desde el punto de vista nutricional, la alta concentración de ácido oleico (ω-9) y linoleico (ω-6) aporta beneficios cardiovasculares, ya que el ácido oleico reduce los niveles de colesterol LDL sin afectar el HDL dando un efecto cardioprotector, mientras que el ácido linoleico contribuye al crecimiento y desarrollo humano **Fontanari et al. (2018)**. Asimismo, esta composición mejora la estabilidad oxidativa del aceite, lo que sugiere un perfil lipídico nutricionalmente favorable.

Los ácidos grasos saturados (SFA) representaron el 20,39% del total de la composición lipídica en el aceite de chocho analizado, distribuidos principalmente en ácido palmítico (C16:0, 10,27%) y ácido esteárico (C:18, 7,8%). El contenido de ácido palmítico resultó comparable al reportado para aceites de mostaza (10,24%) y maní (9,37%) por **Konuskan et al. (2019)**. Sin embargo, el porcentaje de ácido esteárico fue significativamente menor en el aceite de chocho (7,8%) en comparación con los valores reportados para estas mismas semillas (2,02% y 3,08%, respectivamente). Estos hallazgos concuerdan con los reportados por **Villacrés et al. (2010)**, quienes obtuvieron un contenido de ácido palmítico de 11,71% en aceite de chocho desamargado, valor cercano al determinado en el presente estudio (10,27%). Estos resultados demuestran que el aceite de chocho presenta una menor proporción de ácidos grasos saturados en comparación con otros aceites vegetales, lo que refuerza su perfil lipídico favorable desde el punto de vista nutricional.

En el aceite de chocho analizado se detectaron trazas de ácidos grasos trans (AGT) en concentraciones inferiores al 0,05% (w/w). Este contenido mínimo resulta nutricionalmente favorable, ya que cumple ampliamente con las recomendaciones establecidas por la Organización Mundial de la Salud **(WHO, 2023)** para aceites no hidrogenados, que limita la ingesta de AGT de producción industrial a menos del 1% del total calórico diario (equivalente a <2,2 g/día para una dieta de 2000 kcal).

Los estudios epidemiológicos demuestran que el consumo de AGT incluso en concentraciones entre 0,2-6,5% de la ingesta energética total, se asocia significativamente con el incremento del riesgo de la enfermedad coronaria y alteración del perfil lipídico mediante la elevación de LDL y reducción de HDL, por lo que, la ausencia de AGT (<0,05%) en el Tratamiento 2 confiere ventajas

nutracéuticas al aceite de chocho, particularmente por su potencial cardioprotector y su alineamiento con las políticas globales de reducción de AGT en alimentos **(WHO, 2023)**.

Los resultados demuestran que el perfil lipídico de la muestra de aceite de chocho analizada destaca por su alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) como el ácido oleico, mismo que aporta grandes beneficios en el ámbito nutricional, y se efectúa en tener una composición comparable a la de aceites de alto valor comercial como el de oliva y cacahuate, a su vez, la presencia de ácidos grasos insaturados contribuye a la estabilidad oxidativa posicionando a esta matriz como una interesante alternativa para la industria alimentaria, no obstante, es imprescindible mencionar que el tipo de insaturación de los aceites vegetales dependen en gran medida del clima en el que se cultivan **(De Canale et al., 2005)**.

Tabla 4.

Porcentaje de ácidos grasos identificados en el aceite de chocho (Lupinus mutabilis sweet) en el Tratamiento 2.

Parámetros	Unidades	Resultados	Incertidumbre
Ácido Mirístico	%	0,09	±7,1 %
Ácido Araquídico	%	0,85	±7,1%
Ácido Behénico	%	0,91	±7,1%
Ácido Cáprico	%	<0,01	±7,1%
Ácido Caprílico	%	<0,01	±7,1%
Ácido Elaídico (trans)	%	<0,01	±8,7%
Ácido Esteárico	%	7,8	±7,1%
Ácido Láurico	%	<0,01	±7,1%
Ácido Linoleico	%	24,8	± 8,2%
Ácido Oleico	%	51,4	±7,4%

Ácido Palmítico	%	10,27	±7,1%
Ácido Palmitoleico	%	0,21	±7,4%
Ácido Pentadecanoico	%	<0,01	±7,1%
Ácido Tridecanoico	%	<0,01	±7,1%
Ácido 11, 14, 17 - eicosatrienoico	%	<0,01	±8,2%
Ácido 11,14 - eicosadienoico	%	<0,01	±8,2%
Ácido alfa - Linolénico (ALA)	%	3,08	±8,2%
Ácido Araquidónico	%	<0,01	±8,2%
Ácido Butírico	%	<0,01	±7,1%
Ácido Caproico	%	<0,01	±7,1%
Ácido Cis 11 - eicosenoico	%	0,12	±7,4%
Ácido cis 10 - heptadecanoico	%	<0,01	±7,4%
Ácido cis 10 - pentadecanoico	%	<0,01	±7,4%
Ácido cis 13, 16 - docosadienoico	%	<0,01	±8,2%
Otros ácidos grasos poli insaturados	%	<0,01	±8,2%
Ácido cis 8, 11, 14 - eicosatrienoico	%	<0,01	±8,2%
Ácido Erúcico	%	<0,01	±7,4%
Ácido g-linolénico (GLA)	%	<0,01	±8,2%
Ácido Heneicosanoico	%	<0,01	±7,1%
Ácido Lignocérico	%	0,33	±7,1%
Ácido Linolelaidico (trans)	%	<0,01	±8,7%

Ácido Margárico	%	0,06	±7,1%
Ácido Miristoleico	%	<0,01	±7,4%
Ácido Nervónico	%	<0,01	±7,4%
Ácido Tricosanoico	%	0,08	±7,1%
Ácido Undecanoico	%	<0,01	±7,1%
Ácidos Grasos trans	%	<0,50	±8,7%
Ácidos Grasos poli insaturados	%	27,88	±8,2%
Ácidos Grasos mono insaturados	%	51,73	±7,4%
Ácidos Grasos saturados	%	20,39	±7,1%

3.1.3. Evaluación del tiempo de vida útil del aceite crudo con mayor rendimiento en el proceso de extracción

En la Tabla 5. se presentan los parámetros de ensayo utilizados en el equipo Oxitest para evaluar la muestra de aceite del Tratamiento 2. El equipo generó simultáneamente dos curvas de regresión por ensayo, manteniendo una presión constante de oxígeno (6 bar) en todos los casos, pero variando la temperatura según el ensayo 90°C (E1), 100°C (E2) Y 110°C (E3). Respecto a la metodología, **Comandini et al. (2009)** señalaron en su estudio que no hubo diferencias significativas en los Índices de Inducción (IP) al emplear masas distintas de aceite de girasol (3, 5, 7 o 10 g) a 110°C. Este hallazgo es consistente con los pesos utilizados en los ensayos de este estudio, debido a que las muestras de los Ensayos 1 y 2 tuvieron pesos similares, mientras que en el Ensayo 3 se añadieron 2 gramos adicionales. Esto confirma que las variaciones de masa dentro del equipo no afectan significativamente los resultados del IP obtenidos en cada experimento.

Por otro lado, **Tsao et al. (2021)** observaron en su estudio que los índices de inducción (IP) obtenidos con una presión de oxígeno de 8 bar fueron más bajos que aquellos registrados a 6 bar.

Este hallazgo tiene similitud con las condiciones empleadas en los ensayos del presente estudio, donde se utilizó una presión de 6 bar expresado en la Tabla 5. Los autores atribuyen este fenómeno al incremento en la tasa de oxidación lipídica a mayores presiones de oxígeno, lo cual se explica debido a que la mayor disponibilidad de oxígeno molecular favorece la ruptura de dobles enlaces en los lípidos, promoviendo la formación de radicales libres, acelerando así las reacciones en cadena de peroxidación **(Tsao et al., 2021)**.

Tabla 5.

Parámetros de ensayo para la determinación de vida útil del aceite de chocho en equipo Oxitest.

Ensayo	Reactor	Presión (bar)	Temperatura (°C)	Peso (gr)
E1	A	6	90	7,2
	B	6	90	7,81
E2	A	6	100	7,35
	B	6	100	7,95
E3	A	6	110	9,83
	B	6	110	9,46

Las Figuras 3 a 6 muestran las curvas de regresión obtenidas a diferentes temperaturas en ambos reactores (A y B), donde se observa la disminución progresiva de la presión de oxígeno en cada cámara. Específicamente, la Figura 3 corresponde al punto de inducción (IP) más largo registrado (40.42 h), mientras que la Figura 7 muestra el IP más corto (8.03 h). Ambos casos pertenecen al Reactor A, evaluados a 90°C y 110°C respectivamente.

Estos resultados coinciden con lo reportado por **Zhang et al. (2020)** en su estudio del aceite de semilla de Paeonia ludlowii, donde encontraron una buena linealidad en un amplio rango de temperaturas (50-100°C). Los autores sugieren que el método Oxitest, basado en el consumo de oxígeno, podría optimizar el tiempo en las estimaciones de vida útil, ya que el mecanismo de oxidación no se ve significativamente alterado entre 80 y 100°C. Sin embargo, como se observa en los resultados del presente estudio, el IP disminuye progresivamente al aumentar la temperatura de evaluación, debido a las condiciones aceleradas de oxidación a las que se somete la muestra.

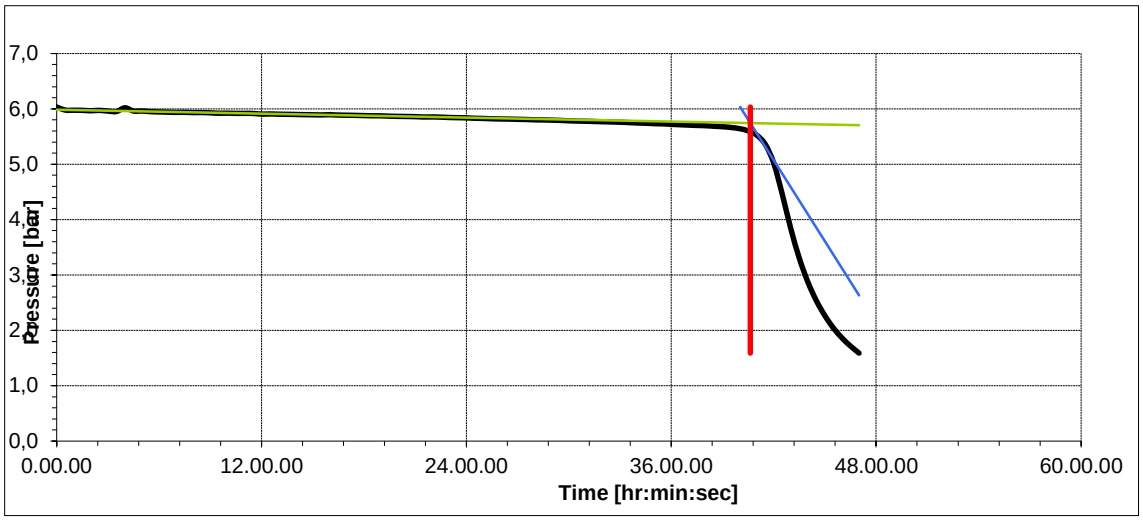


Figura 3. *Curva de regresión del aceite en el Reactor A a 90°C*

Nota: La línea negra representa la disminución de la presión de oxigeno dentro del reactor, mientras que la línea roja marca el punto de inducción de la muestra.

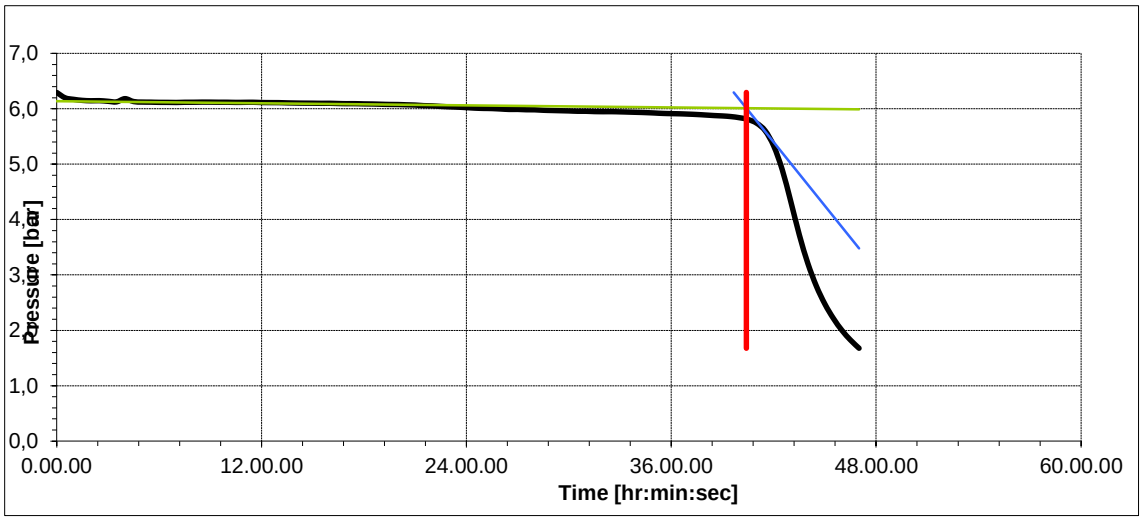


Figura 4. *Curva de regresión del aceite en el Reactor B a 90°C*

Nota: La línea negra representa la disminución de la presión de oxigeno dentro del reactor, mientras que la línea roja marca el punto de inducción de la muestra.

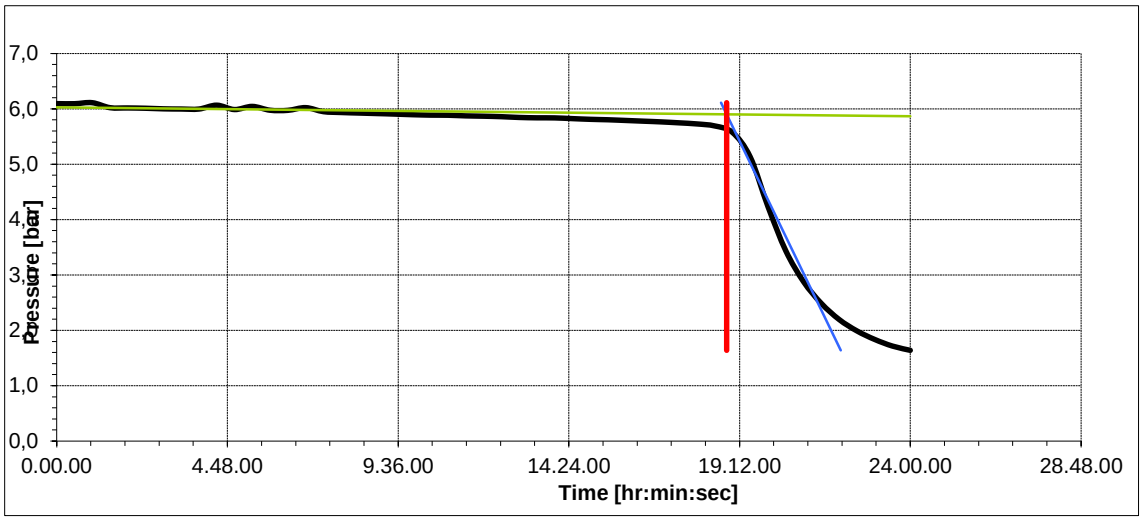


Figura 5. *Curva de regresión del aceite en el Reactor A a 100°C*

Nota: La línea negra representa la disminución de la presión de oxigeno dentro del reactor, mientras que la línea roja marca el punto de inducción de la muestra.

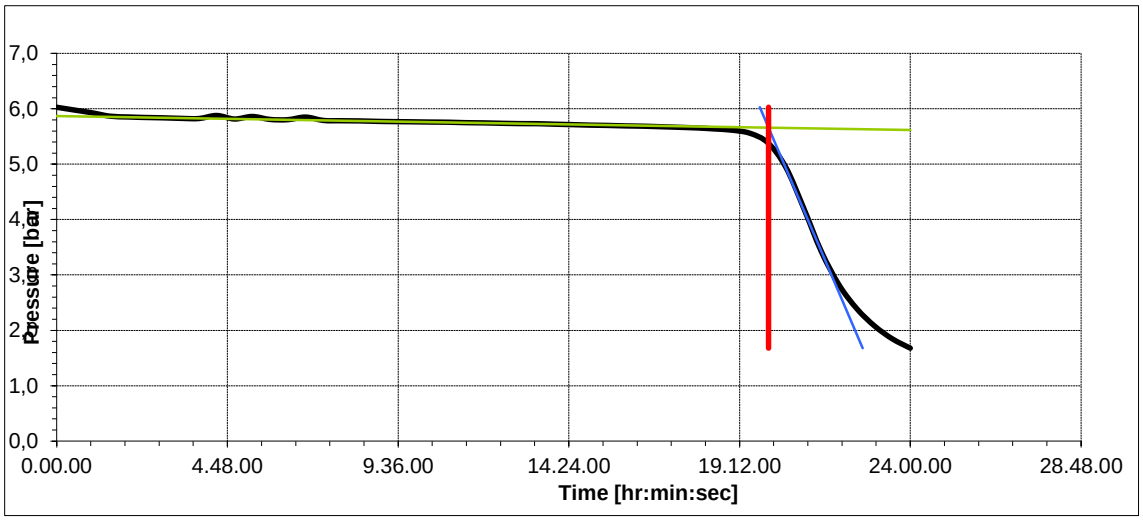


Figura 6. *Curva de regresión del aceite en el Reactor B a 100°C*

Nota: La línea negra representa la disminución de la presión de oxigeno dentro del reactor, mientras que la línea roja marca el punto de inducción de la muestra.

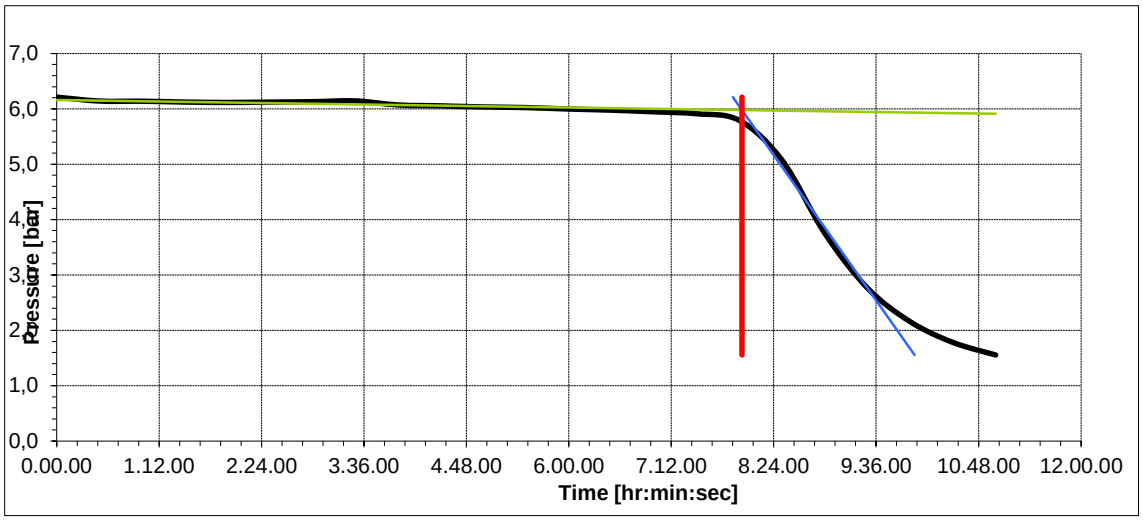


Figura 7. *Curva de regresión del aceite en el Reactor A a 110°C*

Nota: La línea negra representa la disminución de la presión de oxigeno dentro del reactor, mientras que la línea roja marca el punto de inducción de la muestra.

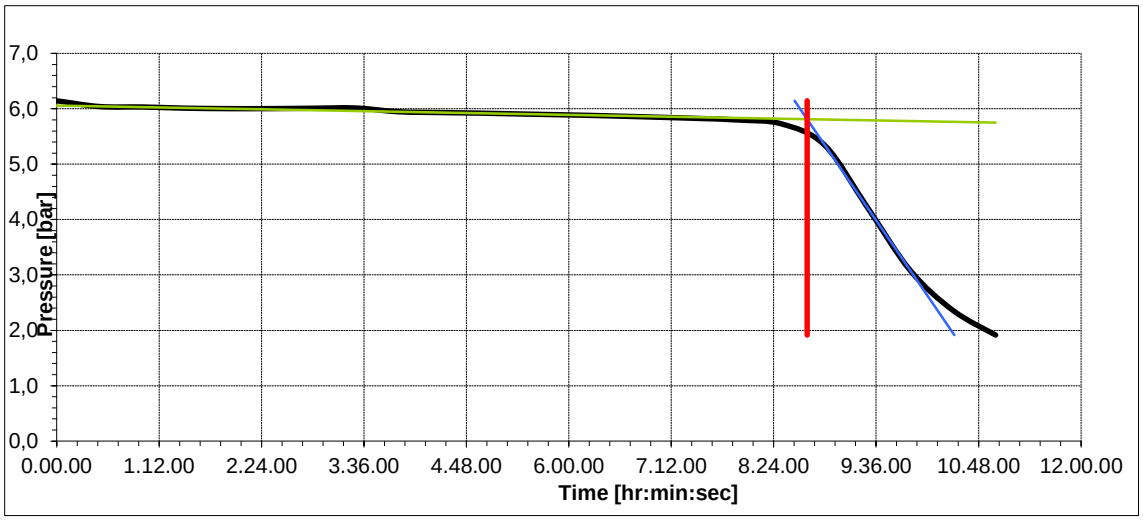


Figura 8. *Curva de regresión del aceite en el Reactor B a 110°C*

Nota: La línea negra representa la disminución de la presión de oxigeno dentro del reactor, mientras que la línea roja marca el punto de inducción de la muestra.

En la Figura 9 y 10 se observa la extrapolación lineal del logaritmo natural del periodo de inducción (IP) en función de la temperatura a la que estuvo la muestra para pruebas aceleradas de estabilidad oxidativa en ambos reactores (A y B), en donde la Figura 9. presentó un coeficiente de determinación (R^2) de 0,999370, lo que indica una excelente capacidad explicativa del modelo, sugiriendo que el 99,94% (R) de la variabilidad en los valores de Ln(IP) puede ser explicada por los cambios en la temperatura aplicada, esta relación puede ser comparada por lo reportado por **Tsao et al. (2021)**, en donde se analizaron aceites de nuez y linaza dorada sometidos a una temperatura en el rango de 50 a 110°C, los autores observaron valores de correlación lineal (R) de 0,9992 y 0,9986 respectivamente, entre Ln(IP) y la temperatura. Esta comparación sugiere que el modelo aplicado para el Tratamiento 2 presenta una mejor capacidad de predicción que los aceites de nuez y linaza dorada, dando mayor credibilidad a la extrapolación reportada en el Reactor A (Figura 9) y evaluada a temperatura ambiente **(Shim & Lee, 2011)**.

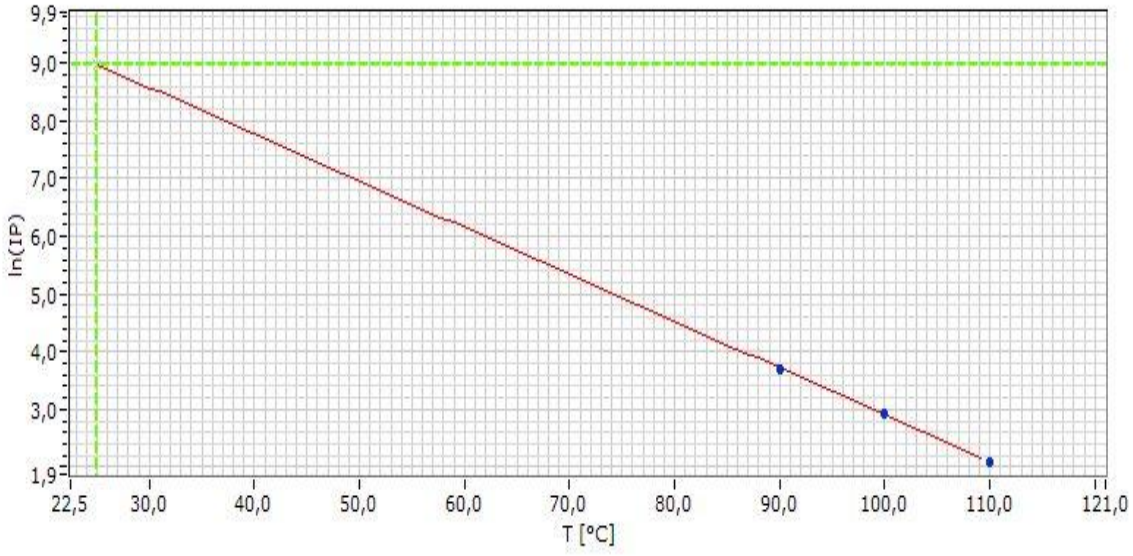


Figura 9. *Extrapolación Lineal de Ln(IP) vs Temperatura en el Reactor A.*

Nota: El eje x se refiere a la temperatura (°C) a la que estuvo expuesto el equipo, mientras que el eje y representa el logaritmo natural del Periodo de Inducción (IP), R^2 fue de 0,999370

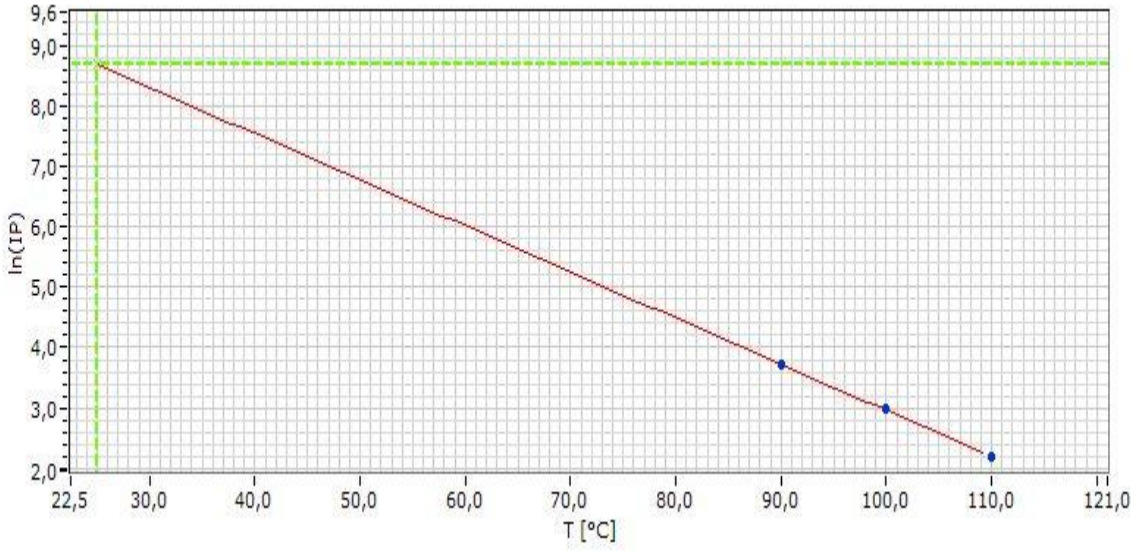


Figura 10. *Extrapolación Lineal de Ln(IP) vs Temperatura en el Reactor B.*

Nota: El eje x se refiere a la temperatura (°C) a la que estuvo expuesto el equipo, mientras que el eje y representa el logaritmo natural del Periodo de Inducción (IP), el R^2 fue de 0,998306.

A partir de los datos presentados en la Tabla 6, se determinó la vida útil del aceite en ambos reactores (A y B). Es importante destacar que, aunque ambos resultados provienen de la misma muestra de aceite (Tratamiento 2), se observó una diferencia de aproximadamente tres días en la duración.

Los valores del índice de inducción (IP) fueron más altos en el Reactor A durante todos los ensayos. Esta diferencia podría atribuirse al coeficiente de determinación (R^2) superior del Reactor A (0,999370) en comparación con el Reactor B (R^2=0,998306), lo que sugiere una mayor fiabilidad en los datos del primero. No obstante, esta discrepancia entre los valores también podría estar vinculada a factores externos al aceite, tales como variaciones en las cantidades de oxígeno durante la extracción, un sellado imperfecto en alguno de los reactores, o incluso la presencia de metales prooxidantes en el Reactor B. A pesar de estas diferencias, ambos resultados superaron el mínimo de 200 horas recomendado para aceites crudos no refinados, según el **Codex Alimentarius (2024).**

La vida útil de los aceites vegetales está fuertemente influenciada por su composición de ácidos grasos, especialmente por el contenido de ácidos grasos insaturados (UFA). Una mayor proporción

de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA), como el ácido oleico, se asocia generalmente con una mayor estabilidad oxidativa, debido a que estos compuestos son menos susceptibles a la peroxidación de los poliinsaturados **(Turgut, 2015).** Según los datos reportados por **Verardo et al. (2013)**, el aceite de nuez mostró una correlación positiva entre los resultados obtenidos mediante el equipo Oxitest y el alto contenido de MUFA, destacando el ácido oleico como el ácido graso predominante (57,95%). Esta observación resulta comparable con lo hallado en el aceite del Tratamiento 2, el cual presentó un contenido de ácido oleico de 51,4%. Esta composición sugiere una mayor resistencia a la oxidación, lo cual se reflejó en una estabilidad oxidativa relativamente superior y en una vida útil más prolongada. Por lo tanto, los resultados obtenidos confirman la relevancia de la composición lipídica en la predicción del tiempo de vida útil.

Es importante considerar que la estabilidad oxidativa de los aceites obtenidos por prensado puede verse significativamente mejorada mediante el tostado previo de las semillas, ya que este proceso incrementa los niveles de compuestos antioxidantes como tocoferoles y fenoles. **Vaidya & Choe, (2011)**, observaron que el tostado de semillas antes del prensado elevó notablemente la resistencia térmica y la estabilidad oxidativa del aceite de mostaza.

Por otro lado, las condiciones de almacenamiento desempeñan un papel crucial en la determinación de la vida útil del aceite de chocho. **Tsao et al. (2021)**, menciona que, a mayores temperaturas de almacenamiento, los periodos de inducción (IP) disminuyen, mientras que se extienden al conservar el aceite a 25°C o en la oscuridad. Este hallazgo tiene relevancia en el presente estudio, ya que el tiempo de vida útil estimado (IP extrapolado a 25°C) permite comparar de manera directa la estabilidad oxidativa del aceite de chocho con la de otros aceites vegetales, como el de girasol que a temperaturas de 25°C tiene una durabilidad de 131 días, mientras que el aceite de almendra dura 105 días a la misma temperatura, no obstante, es importante mencionar que la amplia diferencia con el resultado obtenido del Tratamiento 2 (10-13 días) se debe a la falta de procesos de refinación en la muestra.

Tabla 6.

Resumen de resultados y tiempo de vida útil estimado para cada reactor a temperatura ambiente.

Temperatura	(IP) Reactor A	(IP) Reactor B
90 °C	40:42 horas	40:34 horas
100 °C	18:45 horas	19:54 horas
110 °C	8:03 horas	8:45 horas
Vida útil estimada (25 °C)	332:12:42 [h:m:s]	251:17:05 [h:m:s]

4. CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

4.1. Conclusiones

- Se determinó los parámetros operativos con más influencia en el proceso de extracción de aceite de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en donde el Tratamiento 2 representó el mayor rendimiento de extracción, correspondiendo una humedad de 6.1% y 50% de eficiencia del equipo. Estas condiciones pudieron ejemplificar la importancia del correcto acondicionamiento de la semilla mejorando significativamente la eficiencia del proceso.
- En el perfil lipídico del aceite evaluado se evidenció la presencia mayoritaria de ácidos grasos insaturados, específicamente de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) con 51,73% y ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) con 27,88%, destacando la alta concentración de ácido oleico (ω-9) y ácido linoleico (ω-6) mismos que aportan beneficios a la salud cardiovascular, logrando equiparar la composición del aceite de chocho con aceites de alto valor como el aceite de oliva.
- Se identificó el tiempo estimado de vida útil del aceite de chocho con mayor rendimiento evaluada a 25°C en la temperatura de almacenamiento, en donde la estabilidad oxidativa de los Reactores A (332 h) y B (251 h) evidenciaron una estabilidad limitada en comparación con otros aceites vegetales, debido a la naturaleza cruda del aceite de chocho provocada por la ausencia de procesos de refinamiento.

BIBLIOGRAFÍA

Adelola Orhevba, B., & Precious, O. (2020). *Influence of extraction temperature and moisture content on the yield and physicochemical properties of hog plum (Spondias mombin) kernel oil* (Vol. 22, Issue 4). http://www.cigrjournal.org

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*, *11*(17), 2301. https://doi.org/10.3390/plants11172301

Bakhshabadi, H., Ganje, M., Gharekhani, M., Mohammadi-Moghaddam, T., Aulestia, C., & Morshedi, A. (2025). A review of new methods for extracting oil from plants to enhance the efficiency and physicochemical properties of the extracted oils. *Processes*, *13*(4), 1124. https://doi.org/10.3390/pr13041124

Berger, J. D. ., & Palta, Jairo. (2008). *Lupins for health and wealth : proceedings of the 12th International Lupin Conference, Fremantle, Western Australia 14-18 September 2008*. International Lupin Association.

Bogaert, L., Mathieu, H., Mhemdi, H., & Vorobiev, E. (2018). Characterization of oilseeds mechanical expression in an instru mented pilot screw press. Industrial Crops and Products, 121, 106– 113. https://doi.org/10.1016/j.indcr op.2018.04.039

Çakaloğlu, B., Özyurt, H., & Ötleş, S. (n.d.). Cold press in oil extraction. A review. —— *Food Technology* —— —— *Ukrainian Food Journal. 2018*, *7*. https://doi.org/10.24263/2304

Carvajal-Larenas, F. E., Linnemann, A. R., Nout, M. J. R., Koziol, M., & van Boekel, M. A. J. S. (2016). Lupinus mutabilis: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 56, Issue 9, pp. 1454–1487). Taylor and Francis Inc. https://doi.org/10.1080/10408398.2013.772089

Comandini, P., Verardo, V., Maiocchi, P., & Caboni, M. F. (2009). Accelerated oxidation: Comparative study of a new reactor with oxidation stability instrument. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *111*(9), 933–940. https://doi.org/10.1002/ejlt.200900009

Cowling, W., Buirchell, B., and Tapia, M. (1998). “Lupin. Lupinus spp. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 23,” in Institute of Plant Genetics and Crop Plant Resources (Rome, Italy: Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute).

de Canale, L. C. F., Fernandes, M. R., Agustinho, S. C. M., Totten, G. E., & Farah, A. F. (2005). Oxidation of vegetable oils and its impact on quenching performance. *International Journal of Materials and Product Technology*, *24*(1–4), 101–125. https://doi.org/10.1504/ijmpt.2005.007943

Estivi, L.; Brandolini, A.; Gasparini, A.; Hidalgo, A. Lupin as a Source of Bioactive Antioxidant Compounds for Food Products. Molecules 2023, 28, 7529. https:// doi.org/10.3390/molecules28227529

Fantino, V. M., Bodoira, R. M., Penci, M. C., Ribotta, P. D., & Martínez, M. L. (2020). Effect of screw-press extraction process parameters on the recovery and quality of pistachio oil. *Grasas y Aceites*, *71*(2). https://doi.org/10.3989/GYA.0107191

Felicissimo Marangoni, R., Dutra, V., Larisa, L., Marques, M., Aparecida, F., & Cardoso, R. (2021). *Optimization and Innovation of the Clarification Process of vegetable oils: A review*. https://doi.org/10.37118/ijdr.22024.06.2021

Fontanari, G. G., Kobelnik, M., Marques, M. R., Arêas, J. A. G., Franzin, B. T., Pastre, I. A., & Fertonani, F. L. (2018). Thermal and kinetic studies of white lupin (Lupinus albus) oil. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, *131*(1), 775–782. https://doi.org/10.1007/s10973-017-6468-0

Ghiasi, P., Sohrabi, O., Rahmati, E., Najafi, G., Mohamed, M., & Ghasemnezhad, A. (2022). Modeling for extraction of oil from walnut and sesame using batch flow cold press oil extraction system. *Food Science and Nutrition*, *10*(4), 1211–1221. https://doi.org/10.1002/fsn3.2773

Gulisano, A., Alves, S., Martins, J. N., & Trindade, L. M. (2019). Genetics and Breeding of Lupinus mutabilis: An Emerging Protein Crop. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 10). Frontiers Media S.A. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01385

Hamano, F., Tokuoka, S. M., Hashidate-Yoshida, T., Shindou, H., Shimizu, T., & Kita, Y. (2020). Quantification of Fatty Acids in Mammalian Tissues by Gas Chromatography-Hydrogen Flame Ionization Detection. *Bio-Protocol*, *10*(9). https://doi.org/10.21769/BioProtoc.3613

Hansen RP, Czoehanska Z (1974) Composition of the lipids of lupine seed (Lupinus angu stifolius L. vat. 'Uniwhite') J Sci Fd Agric 25:409-415

Hatzold, T., Elmadfa, I. & Gross, R. Edible oil and protein concentrate from*Lupinus mutabilis* . *Plant Food Hum Nutr* **32**, 125–132 (1983). https://doi.org/10.1007/BF01091333

Konuskan, D. B., Arslan, M., & Oksuz, A. (2019). Physicochemical properties of cold pressed sunflower, peanut, rapeseed, mustard and olive oils grown in the Eastern Mediterranean region. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *26*(2), 340–344. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.04.005

Maciel, G., Wagner, J. R., & Bartosik, R. E. (2023). Drying of soybean seeds and effect on protein quality and oil extraction efficiency by extruding-expelling process. *Scientia Agricola*, *80*. https://doi.org/10.1590/1678-992X-2022-0176

Maszewska, M., Florowska, A., Dłużewska, E., Wroniak, M., Marciniak-Lukasiak, K., & Zbikowska, A. (2018). Oxidative stability of selected edible oils. *Molecules*, *23*(7). https://doi.org/10.3390/molecules23071746

Mousa, S., Radwan, S., El-Kholy, M., & El-Sheikh, I. (2022). The Effect of expeller press operational parameters on olive pomace oil extraction. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, *0*(0), 0–0. https://doi.org/10.21608/mjae.2022.121502.1065

Nuriddinov, S., Bozorov, S., Abdukhalimova, S., Tsay, E., Yakubov, M., & Dalimova, D. (2025). Chemical Transformations of vegetable oils during cooking: implications for cardiovascular diseases and type 2 diabetes. *Universum:Chemistry & Biology*, *128*(2). https://doi.org/10.32743/UniChem.2025.128.2.19250

Organización Mundial de la Salud. (2023). *Replace trans fat: An action package to eliminate industrially produced trans-fatty acids* (2ª ed.). https://www.who.int/publications/i/item/9789240069137

Ouchbani, T., Bennis, M., Khaili, A., Zahar, M., & Nakajima, M. (2021). Effects of the heating temperature during the press extraction process on the yield and quality of cosmetic argan oil. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, *6*(1). https://doi.org/10.1007/s41207-020-00224-5

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) & Organización Mundial de la Salud (OMS). (2024). *Norma para aceites vegetales especificados (CXS 210-1999)*. Codex Alimentarius. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/es/

Petersen, K. S., Maki, K. C., Calder, P. C., Belury, M. A., Messina, M., Kirkpatrick, C. F., & Harris, W. S. (2024). Perspective on the health effects of unsaturated fatty acids and commonly consumed plant oils high in unsaturated fat. In *British Journal of Nutrition*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/S0007114524002459

Rodríguez, G.; Aguirre, E.; Córdova-Chang, A.; Muñoz-Saenz, J.C.; Baquerizo, M.; Brandolini, A.; Villanueva, E.; Hidalgo, A. Modification of the Nutritional Quality and Oxidative Stability of Lupin (Lupinus mutabilis Sweet) and Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.) Oil Blends. Molecules 2022, 27, 7315. https://doi.org/10.3390/ molecules27217315

Salazar, A., Mirari Arancibia, ;, María, ;, Mora, D. P., Guerrero, G., Valencia, A., & Fuentes, E. (2024). Formulation of a functional cookie to take advantage of the nutritional properties of lupin flour

(Lupinus mutabilis) Formulación de una galleta funcional para el aprovechamiento de las propiedades nutricionales de la harina de chocho (Lupinus mutabilis). In *Ciencia e Ingeniería* (Vol. 31, Issue 1).

Sara A. Machado, Patrícia C.M. Da Rós, Heizir F. de Castro, Domingos S. Giordani, Hydrolysis of vegetable and microbial oils catalyzed by a solid preparation of castor bean lipase, Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, Volume 37, 2021, 102188, ISSN 1878-8181, https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102188.

Savoire, R., Lanoisellé, J. L., & Vorobiev, E. (2013). Mechanical Continuous Oil Expression from Oilseeds: A Review. In *Food and Bioprocess Technology* (Vol. 6, Issue 1, pp. 1–16). Springer Science and Business Media, LLC. https://doi.org/10.1007/s11947-012-0947-x

Shim, S. D., & Lee, S. J. (2011). Shelf-life prediction of perilla oil by considering the induction period of lipid oxidation. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *113*(7), 904–909. https://doi.org/10.1002/ejlt.201000325

Tian, M., Bai, Y., Tian, H., & Zhao, X. (2023). The Chemical Composition and Health-Promoting Benefits of Vegetable Oils—A Review. In *Molecules* (Vol. 28, Issue 17). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/molecules28176393

Tian, Y., Cortés-Avendaño, P., Yang, B., Glorio-Paulet, P., Repo-Carrasco-Valencia, R., & Suomela, J. P. (2024). Flavonoid diversity in bitter and debittered seeds of Andean lupin (Lupinus mutabilis Sweet). *Food Chemistry*, *442*. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138411

Tsao, C. H., Chang, C. W., Ho, Y. C., Chuang, Y. K., & Lee, W. J. (2021). Application of OXITEST for Prediction of Shelf-Lives of Selected Cold-Pressed Oils. *Frontiers in Nutrition*, *8*. https://doi.org/10.3389/fnut.2021.763524

Turgut Dunford, N. (2015). Oxidative Stability of Sunflower Seed Oil. In *Sunflower: Chemistry, Production, Processing, and Utilization* (pp. 465–489). Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-94-3.50021-0

Vaidya, B., & Choe, E. (2011). Effects of seed roasting on tocopherols, carotenoids, and oxidation in mustard seed oil during heating. *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, *88*(1), 83–90. https://doi.org/10.1007/s11746-010-1656-0

Verardo, V., Riciputi, Y., Sorrenti, G., Ornaghi, P., Marangoni, B., & Caboni, M. F. (2013). Effect of nitrogen fertilisation rates on the content of fatty acids, sterols, tocopherols and phenolic compounds, and on the oxidative stability of walnuts. *LWT*, *50*(2), 732–738. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.018

Villacrés, E., Álvarez, J., & Rosell, C. (2020). Effects of two debittering processes on the alkaloid content and quality characteristics of lupin (Lupinus mutabilis Sweet). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *100*(5), 2166–2175. https://doi.org/10.1002/jsfa.10240

Villacrés, E., Navarrete, M., Lucero, O., Espín, S., & Peralta, E. (2010). Evaluación del Rendimiento, Características Físico-Químicas y Nutraceúticas del Aceite de Chocho (Lupinus mutabilis sweet). In *Revista Tecnológica ESPOL-RTE* (Vol. 23). Noviembre

Zhang, Y., Li, X., Lu, X., Sun, H., & Wang, F. (2021). Effect of oilseed roasting on the quality, flavor and safety of oil: A comprehensive review. *Food Research International*, *150*, 110791. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2021.110791

Zhang, W., Cao, X., & Liu, S. Q. (2020). Aroma modulation of vegetable oils—A review. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 60, Issue 9, pp. 1538–1551). Taylor and Francis Inc. https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1579703

ANEXOS

LABORATORIO LASA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR SAE CON ACREDITACIÓN N SAE LEN 06-002

ilac-MRA A2LA ACCREDITED CERT #s 5524.01 & 5524.02

INFORME DE RESULTADOS

INF.LASA-05-06-25 -5987
ORDEN DE TRABAJO No. 25-4008

INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE		
SOLICITADO POR: ANDREA BELÉN CRESPO JIMENEZ		**DIRECCIÓN:** Ambato – Huachi
TELÉFONO: 0918193329	**TIPO DE MUESTRA:** ALIMENTO	**PROCEDENCIA:** Chocho (Lupinus mutabilis)
IDENTIFICACIÓN: Aceite de chocho Fecha de elaboración: 30 de abril de 2025		

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO					
MUESTREO POR:	SOLICITANTE	**FECHA DE MUESTREO:** -		**INGRESO AL LABORATORIO:**	26/05/2025
FECHA DE ANÁLISIS:	26/05-05/06/2025	**FECHA DE ENTREGA:**	05/06/2025	**NÚMERO DE MUESTRAS:**	Una (1)
CÓDIGO DE MUESTRA:	25-10887	**REALIZACIÓN DE ENSAYOS:**	LABORATORIO MATRIZ	**CÓDIGO INICIAL:**	M1

SCREENING DE ÁCIDOS GRASOS

PARÁMETROS		UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
Ácido Miristico	(a*)	%	0,09	± 7,1%	PEE.LASA.INS.03 AOAC 996.06 AOAC 963.22
Ácido Araquídico	(a*)	%	0,85	± 7,1%	
Ácido Behénico	(a*)	%	0,91	± 7,1%	
Ácido Cáprico	(a*)	%	<0,01	± 7,1%	
Ácido Caprílico	(a*)	%	<0,01	± 7,1%	
Ácido Elaídico (trans)	(a*)	%	<0,01	± 8,7%	
Ácido Esteárico	(a*)	%	7,80	± 7,1%	
Ácido Láurico	(a*)	%	<0,01	± 7,1%	
Ácido Linoléico	(a*)	%	24,80	± 8,2%	
Ácido Oleico	(a*)	%	51,40	± 7,4%	
Ácido Palmítico	(a*)	%	10,27	± 7,1%	
Ácido Palmitoleico	(a*)	%	0,21	± 7,4%	
Ácido Pentadecanoico	(a*)	%	<0,01	± 7,1%	
Ácido Tridecanoico	(a*)	%	<0,01	± 7,1%	
Ácido 11,14,17-eicosatrienoico	(a*)	%	<0,01	± 8,2%	
Ácido 11,14-eicosadienoico	(a*)	%	<0,01	± 8,2%	
Ácido alfa-Linolénico (ALA)	(a*)	%	3,08	± 8,2%	
Ácido araquidónico	(a*)	%	<0,01	± 8,2%	
Ácido butírico	(a*)	%	<0,01	± 7,1%	
Ácido caproico	(a*)	%	<0,01	± 7,1%	
Ácido Cis 11-eicosenoico	(a*)	%	0,12	± 7,4%	
Ácido cis 10-heptadecanoico	(a*)	%	<0,01	± 7,4%	
Ácido cis 10-pentadecanoico	(a*)	%	<0,01	± 7,4%	
Ácido cis-13,16-docosadienoico	(a*)	%	<0,01	± 8,2 %	
Otros ácidos grasos poli insaturados	(a*)	%	<0,01	± 8,2%	
Ácido cis-8,11,14-eicosatrienoico	(a*)	%	<0,01	± 8,2%	
Ácido Erúcico	(a*)	%	<0,01	± 7,4%	
Ácido g-linolénico (GLA)	(a*)	%	<0,01	± 8,2%	
Ácido heneicosanoico	(a*)	%	<0,01	± 7,1%	
Ácido lignocérico	(a*)	%	0,33	± 7,1%	
Ácido Linolelaídico (trans)	(a*)	%	<0,01	± 8,7%	
Ácido margárico	(a*)	%	0,06	± 7,1%	
Ácido Miristoleico	(a*)	%	<0,01	± 7,4%	
Ácido nervónico	(a*)	%	<0,01	± 7,4%	
Ácido tricosanoico	(a*)	%	0,08	± 7,1%	
Ácido undecanoico	(a*)	%	<0,01	± 7,1%	
Ácidos Grasos trans	(a)	%	<0,50	± 8,7%	
Ácidos Grasos poli insaturados	(a)	%	27,88	± 8,2%	
Ácidos Grasos mono insaturados	(a)	%	51,73	± 7,4%	
Ácidos Grasos saturados	(a)	%	20,39	± 7,1%	

El parámetro marcado con * NO está incluido en el alcance de acreditación del SAE.
El parámetro marcado con (a) ESTÁ incluido en el alcance de acreditación de A2LA.

Ing. Andrea López
ASISTENTE TÉCNICO

Elaborado por: Andrea López

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
Lasa se responsabiliza exclusivamente del resultado correspondiente a la muestra sometida a ensayo y que ha sido recibida en el laboratorio; por el contrario, no se responsabiliza de la información proporcionada por el cliente asociada a la muestra, así como sus datos descriptivos.
El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com).
Los criterios de conformidad serán emitidos solamente si el cliente lo solicita por escrito.

Matriz Quito: Juan Ignacio Pareja Oe5-97 y Simón Cárdenas
Telf.: 593 2290815 Guayaquil - Cuenca - Zamora - Manta
www.laboratoriolasa.com

Monitoreo Ambiental Telf.: 099 831 8837
Control de Calidad Telf.: 099 597 1 561
Notificación Sanitaria Telf : 099 923 6287

@LabdratorioLASA @laboratoriolasa
Laboratorio Lasa