

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Presentador por:

Bach. SUSAN CÁCERES AQUISE

EFECTO DEL DESAMARGADO DEL TARWI (*Lupinus mutabilis Sweet*) EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DE SU ACEITE.

Asesora:

ING. GINA GENOVEVA TORO RODRIGUEZ

Co-asesor.

MSc. THOMAS ANCCO VIZCARRA

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL.**

ANDAHUAYLAS – APURÍMAC – PERÚ

2022



APROBACION DEL ASESOR



Quién suscribe:

Ing. Gina Genoveva Toro Rodriguez, por la presente:

CERTIFICA,

Que, el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial, (Susan Cáceres Aquisé) ha culminado satisfactoriamente el Informe Final de Tesis intitulado: "(EFECTO DEL DESAMARGADO DEL TARWI (*Lupinus mutabilis Sweet*) EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DE SU ACEITE)" para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Talavera, 06 de noviembre del 2022



Ing. Gina Genoveva Toro Rodriguez
Asesor



Bach. Susan Cáceres Aquisé
Tesista



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, SUSAN CÁCERES AQUISE, identificado (a) con DNI N° 71840140 de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial Declaro bajo juramento que el Informe Final de Tesis Titulado: (Trabajo de Investigación/ Tesis / Trabajo de Suficiencia Profesional) **EFFECTO DEL DESAMARGADO DEL TARWI (*Lupinus mutabilis Sweet*) EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DE SU ACEITE**

Es auténtico y no vulnera los derechos de autor. Además, su contenido es de entera responsabilidad del autor (es) del proyecto, quedando la UNAJMA exenta de toda responsabilidad en caso de atentar contra la Ley de propiedad intelectual y derechos de autor.

Andahuaylas, 29 de noviembre de 2022.

.....
Tesisista: Susan Cáceres Aquise
N° DNI: 71840140
E-mail: susan77@caceresgmail.com
N° Celular: 986473693

.....
Asesora: Ing. Gina Genoveva Toro
Rodríguez
N° DNI: 32909658
E-mail: gtoro@unajma.edu.pe
N° Celular: 943633572

DEDICATORIA

A Dios por todo aquello que me ha otorgado en especial, a mi querida madre Francisca, la que me dio ejemplo de progreso, humildad y sacrificio; me enseñó a apreciar lo que tengo, a mis hermanos (Sharay, Lea y Lael) y tíos (Mario y Paulina) por su motivación constante y el anhelo de triunfo en esta vida, porque hicieron posible que esta meta sea tangible, asimismo a Daniel, al Ing. Herson, Ing. Dannya y Sra. Enedina por ser parte en todos los momentos vividos en mi formación profesional y darme el calor de un hogar, y cómo no a mis compañeros y amigos con quienes he compartido grandes momentos de aprendizaje, alegrías, tristezas y me han demostrado su amistad durante la carrera Universitaria.

Susan.

EPÍGRAFE

Nunca consideres el estudio como una obligación sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.

Albert Einstein.

AGRADECIMIENTO

A Dios por su amor y bondad que no tienen fin, me permite sonreír ante todos mis logros que son resultado de su bendición, quiero expresar mi gratitud a quienes colaboraron de diversas maneras en mi formación profesional y el desarrollo de este trabajo de investigación.

A la prestigiosa universidad Nacional José María Arguedas y Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por permitir convertirme ser un profesional, a cada docente por su fundamental enseñanza en cada asignatura que hizo parte del proceso de mi formación profesional.

A mí querida asesora Ing. Gina Genoveva Toro Rodriguez por brindarme tiempo y apoyo incondicional en todo momento a quien debo gran parte de mi aprendizaje en todo el proceso de esta tesis.

A los encargados de los diferentes laboratorios de Investigación Agroindustrial, Nanotecnología en Alimentos, Química y Control de Calidad.

Agradecer a los jurados evaluadores por sus observaciones, sugerencias y veredictos calificados en mejora de la investigación, en las personas del Dr. Denis Hernán Gutiérrez, Ing. Juvenal Rivas Leguía, Ing. Dianeth Buleje Campos.

Al Sr. Willians Cesar Sernaque Chuquimaco y su empresa SUPAY DEMONIO ANDINO S.A.C por su apoyo en cuánto a la extracción de aceite.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE IMÁGENES	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.....	xx
ABSTRACT.....	xxii
CHUMASQA.....	xxiii
INTRODUCCIÓN	18
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	19
1.1 Situación problemática.....	19
1.2 Formulación del problema.	20
1.2.1 Problema general.	20
1.2.2 Problemas específicos.....	20
1.3 Objetivo de la investigación.....	20
1.3.1 Objetivo general.....	20
1.3.2 Objetivos específicos.	20
1.4 Justificación de la investigación.....	21
CAPITULO III: MARCO TEÓRICO.....	28
3.1 Bases teóricas.	28
3.1.1 Tarwi (Lupinus mutabilis Sweet).....	28

3.1.2	Taxonomía y evolución del tarwi.	28
3.1.3	Características morfológicas.	29
3.1.4	Variedad de tarwi.	30
3.1.5	Determinación de alcaloides totales.	31
3.1.6	Tecnologías de desamargado de tarwi.	31
3.1.7	Aceite de tarwi.	34
3.1.8	Índice de refracción.	35
3.1.9	Densidad de los aceites.	35
3.1.10	Viscosidad.	36
3.1.11	El índice de acidez	36
3.1.12	Perfil ácido graso.	38
3.1.13	Índice de peróxidos.	43
3.1.14	Índice de saponificación.	44
3.1.15	Estabilidad oxidativa de aceite.	45
3.2	Marco conceptual	45
3.2.1	Tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet).	45
3.2.2	Desamargado de tarwi.	46
3.2.3	Aceite.	46
3.2.4	Alcaloides.	46
3.2.5	Índice de refracción.	47

3.2.6	Densidad.	47
3.2.8	Ácidos grasos.	47
3.2.9	Índice de peróxido.....	48
3.2.10	Acidez.	48
3.2.11	Índice de saponificación.	48
3.2.12	Estabilidad oxidativa.....	48
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN		49
4.1	Lugar de ejecución.	49
4.2	Población y muestra.	49
4.2.1	Población.....	49
4.2.2	Muestra	49
4.3	Equipos e instrumentos de recolección de datos	49
4.4	Metodología experimental.....	53
4.5	Tipo de investigación.....	54
4.6	Métodos de análisis	54
4.6.1	Desamargado por método tradicional.	54
4.6.2	Desamargado por método Cuzco.	54
4.6.3	Desamargado por ultrasonido.	54
4.6.4	Extracción de aceite de tarwi por prensa tipo Expeller.....	54
4.6.5	Alcaloides totales.	54

4.5.5	Índice de refracción.....	54
4.5.6	Densidad.	55
4.5.7	Viscosidad.....	55
4.5.8	Perfil de ácidos grasos.	55
4.5.9	Índice de acidez.....	55
4.5.10	Índice de peróxido.....	55
4.5.11	Índice de saponificación.	55
4.5.12	Estabilidad oxidativa.....	55
4.6	Diseño experimental y matriz de diseño.	56
4.6.1	Modelo aditivo general para DCA.....	56
4.6.2	Diseño de contrastación	57
4.6.3	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	58
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES		59
5.1	Alcaloides totales en la harina de tarwi desamargado por diferentes tratamientos.	59
a.	Alcaloides totales	59
5.2	Características fisicoquímicas y estabilidad oxidativa del aceite de tarwi.	60
5.2.1	Características fisicoquímicas del aceite de tarwi.	60
a.	Densidad.....	61
b.	Viscosidad	62
c.	Índice de refracción.....	63

d. Índice de acidez.....	64
e. Índice de peróxido.....	65
f. Índice de saponificación.....	65
g. Perfil ácido graso del aceite de tarwi.	66
5.2.2 Estabilidad oxidativa del aceite de tarwi.	71
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES.....	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de la especie.....	29
Tabla 2. Composición nutricional del tarwi.....	30
Tabla 3. Composición química del tarwi amargo y desamargado.....	34
Tabla 4. Valores de índice de acidez para los diferentes tipos de aceite.....	37
Tabla 5. Composición de ácidos grasos del tarwi (% de ácidos grasos).....	38
Tabla 6. Matriz del diseño de experimento.....	57
Tabla 7. Elementos para el análisis de varianza para el DCA.....	58
Tabla 8. Prueba de rango múltiple para alcaloides totales en harina de tarwi.....	59
Tabla 9. Pruebas de rangos múltiples de Dunnett para las características físicas del aceite.....	61
Tabla 10. Pruebas de rangos múltiples de Dunnett para las características químicas del aceite.....	63
Tabla 11. Pruebas de rangos múltiples de Dunnett para el perfil ácido graso del aceite.....	66
Tabla 12. Prueba de rangos múltiples de Dunnett para estabilidad oxidativa.....	72

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Tarwi variedad H6 INIA.....	98
Imagen 2. Remojando para su posterior cocción.....	98
Imagen 3. Verificando la cocción del tarwi.....	98
Imagen 4. Proceso de cocción del tarwi.....	98
Imagen 5. Tarwi coccionado, listo para el desamargado.....	99
Imagen 6. Proceso de desamargado.....	99
Imagen 7. Preparando las muestras en el ultrasonido.....	99
Imagen 8. Alcaloides extraídos en ultrasonido.....	99
Imagen 9. Tarwi desamargado por método Cuzco.....	100
Imagen 10. Tarwi desamargado por Ultrasonido.....	100
Imagen 11. Aceite de tarwi amargo.....	100
Imagen 12. Aceite de tarwi desamargado por método tradicional.....	100
Imagen 13. Aceite de tarwi desamargado por método Cuzco.....	101
Imagen 14. Aceite de tarwi desamargado por Ultrasonido.....	101
Imagen 15. Analizando el índice de saponificación del aceite de tarwi.....	101
Imagen 16. Reacción de la muestra para determinar el índice de saponificación.....	101
Imagen 17. Analizando el índice de peróxido del aceite de Tarwi.....	102
Imagen 18. Reacción de la muestra para la titulación y determinar índice de peróxido.....	102
Imagen 19. Preparación de muestras para alcaloides totales.....	102
Imagen 20. Muestras listas para determinar alcaloides totales en el espectrofotómetro.....	102
Imagen 21. Colocando muestras de aceite al Rancimat.....	103
Imagen 22. Aceites después del análisis en el Rancimat.....	103

Imagen 23. Preparación de muestras para el índice de acidez.	103
Imagen 24. Determinando índice de acidez en aceites de tarwi.	103
Imagen 25. Determinando viscosidad del aceite de tarwi.....	104
Imagen 26. Husillo del viscosímetro.	104
Imagen 27. Equipo de cromatografía de gases.	104
Imagen 28. Muestras de aceite para el análisis de perfil ácido graso.	104
Imagen 29. Determinando densidad del aceite de tarwi.	105
Imagen 30. Determinando densidad del agua.	105
Imagen 31. Preparación de muestra para la lectura en espectrofotómetro.	111
Imagen 32. Determinando densidad del aceite.	113
Imagen 33. Viscosímetro Brookfield.	114
Imagen 34. Determinando el índice de acidez.	116
Imagen 35. Determinando el índice de peróxido.	117
Imagen 36. Determinado el índice de saponificación.	119
Imagen 37. Muestra de aceite en el equipo de Rancimat.....	120

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Características fisicoquímicas del aceite de tarwi.....	79
Anexo 2. Gráfico de la Estabilidad Oxidativa del aceite de tarwi (T0).....	80
Anexo 3. Gráfico de la Estabilidad Oxidativa del aceite de tarwi (T1).....	80
Anexo 4. Gráfico de la Estabilidad Oxidativa del aceite de tarwi (T2).....	81
Anexo 5. Gráfico de la Estabilidad Oxidativa del aceite de tarwi (T3).....	81
Anexo 6. Cromatograma para el aceite de tarwi (T0).....	82
Anexo 7. Cromatograma para el aceite de tarwi (T1).....	83
Anexo 8. Cromatograma para el aceite de tarwi (T2).....	84
Anexo 9. Cromatograma para el aceite de tarwi (T3).....	85
Anexo 10. Análisis de varianza para densidad, en los diferentes métodos de desamargado.....	86
Anexo 11. Análisis de varianza para viscosidad en los diferentes métodos de desamargado.	86
Anexo 12. Análisis de varianza para índice de refracción en los diferentes métodos de desamargado.	86
Anexo 13. Análisis de varianza para índice de acidez en los diferentes métodos de desamargado.	86
Anexo 14. Análisis de varianza para índice de peróxido en los diferentes métodos de desamargado.	87
Anexo 15. Análisis de varianza para índice de saponificación en los diferentes métodos de desamargado.	87
Anexo 16. Análisis de varianza para alcaloides totales en los diferentes métodos de desamargado.	87

Anexo 17. Análisis de varianza para ácido palmítico en los diferentes métodos de desamargado.	87
Anexo 18. Análisis de varianza para ácido esteárico en los diferentes métodos de desamargado.	88
Anexo 19. Análisis de varianza para ácido oleico en los diferentes métodos de desamargado. ..	88
Anexo 20. Análisis de varianza para ácido linoleico en los diferentes métodos de desamargado.	88
Anexo 21. Análisis de varianza para ácido araquídico en los diferentes métodos de desamargado.	88
Anexo 22. Análisis de varianza para ácido cis-11-Eicosenoico por método de desamargado.	89
Anexo 23. Análisis de varianza para ácido behénico en los diferentes métodos de desamargado.	89
Anexo 24. Análisis de varianza para estabilidad oxidativa en los diferentes métodos de desamargado.	89
Anexo 25. Gráfico de medias de Fisher para Alcaloides Totales.	90
Anexo 26. Gráfico de medias de Fisher para Densidad.	90
Anexo 27. Gráfico de medias de Fisher para Viscosidad.	91
Anexo 28. Gráfico de medias de Fisher para Índice de Refracción.	91
Anexo 29. Gráfico de medias de Fisher para índice de Acidez.	92
Anexo 30. Gráfico de medias de Fisher para índice de Peróxido.	92
Anexo 31. Gráfico de medias de Fisher para Índice de Saponificación.	93
Anexo 32. Gráfico de medias de Fisher para Ácido Palmítico.	93
Anexo 33. Gráfico de medias de Fisher para Ácido Esteárico.	94

Anexo 34. Gráfico de medias de Fisher para Ácido Oleico.	94
Anexo 35. Gráfico de medias de Fisher para Ácido Linoleico (C18: 2n6c) Omega 6.	95
Anexo 36. Gráfico de medias de Fisher para Ácido Araquídico.	95
Anexo 37. Gráfico de medias de Fisher para Ácido Cis-11- Eicosenoico.....	96
Anexo 38. Gráfico de medias de Fisher para Ácido Behénico.	97
Anexo 39. Gráfico de medias de Fisher para Estabilidad Oxidativa.	97
Anexo 40. Fotografías a la muestra para su respectivo análisis.	98
Anexo 41. Fotografías del proceso de cocción en los diferentes métodos de desamargado.	99
Anexo 42. Muestras después del desamargado y secado por cada método.	100
Anexo 43. Muestras de aceite extraídas para cada método de desamargado.....	100
Anexo 44. Análisis de índice de saponificación y el índice de peróxido.	101
Anexo 45. Análisis de alcaloides totales y estabilidad oxidativa.	102
Anexo 46. Análisis de estabilidad oxidativa en los diferentes métodos de desamargado.	103
Anexo 47. Análisis de índice de acidez y viscosidad del aceite.	103
Anexo 48. Análisis del perfil ácido graso.	104
Anexo 49. Análisis de densidad en el aceite de tarwi.	105
Anexo 50. Matriz de consistencia.	106
Anexo 51. Desamargado por método tradicional.	108
Anexo 52. Desamargado por método Cuzco.	108
Anexo 53. Desamargado por método de Ultrasonido.	109
Anexo 54. Extracción de aceite de tarwi por prensa tipo Expeller.	109
Anexo 55. Alcaloides totales.	110
Anexo 56. Índice de refracción.	111

Anexo 57. Densidad.....	112
Anexo 58. Viscosidad.....	113
Anexo 59. Perfil de ácidos grasos.....	114
Anexo 60. Índice de acidez.....	115
Anexo 61. Índice de peróxido.....	116
Anexo 62. Índice de saponificación.....	118
Anexo 63. Estabilidad oxidativa.....	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Formas del grano de Tarwi.....	30
Figura 2. Variedades del Tarwi.....	30
Figura 3. Estructura del ácido Palmítico.....	39
Figura 4. Estructura del ácido Esteárico.	40
Figura 5. Estructura de ácido Oleico.....	41
Figura 6. Estructura del Ácido Linoleico.....	41
Figura 7. Estructura del Ácido Araquídico.	42
Figura 8. Estructura de Ácido Cis-11-Eicosenoico.....	42
Figura 9. Estructura de Ácido Behénico.	43
Figura 10. Diagrama de flujo.....	53
Figura 11. Identificación de Variables.....	57

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.

T0	: Aceite de tarwi sin desamargar (blanco).
T1	: Aceite de tarwi desamargado por método tradicional.
T2	: Aceite de tarwi desamargado por método Cuzco.
T3	: Aceite de tarwi desamargado por Ultrasonido.
INIAP	: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
Ha	: Hectárea.
m.s.n.m	: Metros sobre el nivel del mar.
m	: Metros.
mm	: Milímetros.
ppm	: Partes por millón.
kg	: Kilogramo.
Meq	: Miliequivalente.
KOH	: Hidróxido de potasio.
INDECOPI	: Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual.
kJ	: Kilojulios.
OSI	: Índice a la estabilidad de oxidación.
AOAC	: Association of Analytical Communities.
HCl	: Ácido clorhídrico.
DCA	: Diseño Completamente al Azar.
cP	: Centipoise.
Al ₂ O ₃	: Óxido de aluminio
BKP	: Púrpura de bromocresol
ITENTEC	: Instituto de Investigación Tecnológica Industrias y de Normas Técnicas

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto del desamargado del tarwi, en las características fisicoquímicas y estabilidad oxidativa de su aceite, fue ejecutada en el Laboratorio de Investigación Agroindustrial de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas, ubicado en el distrito de Talavera - Santa Rosa. El desamargado del tarwi se realizó siguiendo las metodologías, Tapia 1990, para desamargar tarwi tradicionalmente, metodología modificada de Tapia, 2015, para el desamargado por método Cuzco, y finalmente para el desamargado por ultrasonido se utilizó la metodología especificada por Seguil *et al*, 2019 obteniéndose tres tratamientos y un blanco de los cuales se obtuvo harina para determinar los alcaloides totales por método de púrpura de bromocresol. Por otro lado, se extrajo el aceite de tarwi de los diferentes tratamientos obtenidos mediante el uso de una prensa tipo Expeller con los que se ha analizado cada objetivo. Para el análisis de los resultados se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), encontrando diferencias estadísticamente significativas entre las características fisicoquímicas del aceite demostrando que a un nivel de significancia de 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, sin embargo respecto al ácido cis-11-eicosenoico y el ácido behénico se demuestra que no existe evidencia estadística suficiente al nivel de 0.05, debido a que v -P es mayor por lo tanto, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, por ello se deduce que al menos un método de desamargado de tarwi no tiene efecto; asimismo hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, el cual indica que al menos un método de desamargado de tarwi tiene efecto sobre la estabilidad oxidativa del aceite de tarwi.

Palabras clave: Métodos de desamargado, aceite de tarwi, características fisicoquímicas, estabilidad oxidativa.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the effect of debittering tarwi, on the physicochemical characteristics and oxidative stability of its oil, it was carried out in the Agroindustrial Research Laboratory of the Professional School of Agroindustrial Engineering of the José María Arguedas National University, located in the district of Talavera - Santa Rosa. The debittering of the tarwi was carried out following the methodologies, for the debittering by traditional method the Tapia 1990 methodology was used, for the debittering by the Cuzco method the modified methodology of Tapia, 2015 was used and finally for the debittering by ultrasound the methodology was used. specified by Seguil et al, 2019, obtaining three treatments and a blank from which flour was obtained to determine the total alkaloids by the bromocresol purple method. On the other hand, the tarwi oil was extracted from the different treatments obtained by using an Expeller-type press with which each objective has been analyzed. Finally, statistically significant differences between the physicochemical characteristics of the oil have been evidenced, demonstrating that at a significance level of 0.05 the null hypothesis is rejected and the alternative hypothesis is accepted because the values, however, with respect to cis-11-eicosenoic acid and behenic acid it is shown that there is not enough statistical evidence at the 0.05 level, because v-P is higher, therefore, the alternative hypothesis is rejected and the null hypothesis is accepted, then it is deduced that at least one tarwi debittering method has no effect; likewise, there is sufficient statistical evidence to reject the null hypothesis and accept the alternative hypothesis, which indicates that at least one tarwi debittering method has an effect on the oxidative stability of tarwi oil.

Keywords: Debittering methods, tarwi oil, physicochemical characteristics, oxidative stability.

CHUMASQA

Kay maskakuypa tukupayninqa rikuchiymi tarwipa qatqi hurquynin imaynas chay fisicoquímicas nisqa imay kay llusiyin, hinallataq wiswinpa estabilidad oxidativa nisqanpa, kayqa ruwasqam karqa Laboratorio de Investigación Agroindustrial nisqapi Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial ukupi, kayñataqmi qipan hatun yachay wasi tayta José María Arguedaspa ukunpi. kay hatun yachay wasim tarikun Talavera - Santa Rosa llaqtapi. Tarwipa qatqi hurquyninqa ruwachikurqa metodología nisqatakunata qatipaspam, chay tarwipa qatqi hurquynin método tradicional nisqantakama ruwanapaqmi Tapiapa 1990 maytunpi metodología nisqanwan qatipachikurqa, chaynallataqmi tarwipa qatqi hurquynin método Cuzco nisqantakama ruwanapaqmi Tapiapa 2015, hukyachasqan maytunpi metodología nisqawan qatipachikurqa. Tukupanapaqñataqmi tarwipa qatqi hurquynin ultrasonido nisqantakama ruwanapaqmi Seguil et al, 2019, maytunpi metodología nisqanwan qatipachikurqa. Chaymantam llusirqa kimsa tratamiento nisqan. chaynallataq huk yuraq puchurqa chaykunamantam kuta hurqusqa karqa chay llapan alcaloide nisqan qawarinapaq, método púrpura de bromocresol nisqa qatipasqa karqa. Huklawnintañataq llapan tratamiento nisqanmantam wiswin hurquchikurqa Expeller equipo nisqa llapichinawan, chaykunawanmi imayna kay tukukuynin yacharichikunanpaq. Tukuyninpaqñam DCA estadística nisqapim qatipasqa karqataq, chaypim qawarichikurqa sinchita wiswipa fisicoquímico nisqa huk hina kaynin. Chaymi qawarichin sichun 0.05 chaykamalla ayparuptin hinaptinqa hipótesis nula nisqaqa hipanchasqa chaynapiqa hipótesis alterna ari nisqa.

Chaynallataq chay ácido cis-11-eicosenoico hinallataq chay ácido behénico nisqakunapiqa qawarichikun pisillam estadística nisqapi manam aypanchu 0.05 nivel nisqaman v-P nisqa atipaptin, chaymi hipanchasqa chay hipótesis alterna nisqa ichaqa ari nisqa nula kaq hipótesis, chaymantach nichwan ichapas huk método nisqa qatqi hurqusqa mana llusiyiniyuq chaynallataq kanmi achka imayna saqisqanku chay estadística nisqapi, chay hipótesis nula qipanchachikunanpaq hinaspa hipótesis alterna nisqata ari ninapaq, chaymi rikuchin kasqanpi kamallapipas huk método nisqa tarwi qatqi hurqusqa llallinpuni chay estabilidad oxidativa tarwipa wiswinpi.

Pisi rimayllapi: Qatqi hurqusqa metodokuna nisqamanta, tarwipa wiswin, fisicoquímicos nisqapa imayna kaynin, estabilidad oxidativa nisqa.

INTRODUCCIÓN

El tarwi es un producto que se cultiva en la provincia de Andahuaylas y no tiene un valor agregado, a pesar de ser una legumbre con alto valor nutricional de aproximadamente 33.9 - 43.3 g /100 g de proteínas y 5-19 g /100 g de grasas, ácidos grasos oleico y linoleico (Carvajal et al., 2016).

El tarwi contiene una gran cantidad de ácidos grasos esenciales y aminoácidos, que el cuerpo humano no puede sintetizar, por lo que serán reemplazados en la dieta diaria. Se necesita más investigación, especialmente para identificar los ingredientes activos en sus extractos acuosos y alcohólicos (Chirinos, 2015).

Según este valor debería ocupar una posición elevado en la nutrición de la población; sin embargo, algunos factores como la dureza del grano, sabor característico limitan su consumo por ciertos grupos de la población (niños y ancianos) esto debido al contenido de alcaloides, lo cual hace que necesariamente se realice el proceso de eliminación del alcaloide previo a su utilización (Navarrete, 2010).

Navas (2010), estudió los componentes y propiedades del aceite, refiriéndose a los cambios físicos y químicos durante el almacenamiento y conservación lo cual es uno de los temas más apremiantes en la industria alimentaria. El cual es un problema que involucra al profesional agroindustrial, a realizar estudios más aun cuando se desconoce la vida útil, propiedades fisicoquímicas y estabilidad oxidativa del aceite de tarwi de la provincia.

En los últimos años, hubo una búsqueda de fuentes vegetales subutilizadas, de las que se puedan obtener aceites con ácidos grasos de alto valor nutricional (Acosta y Torres, 2015).

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1 Situación problemática.

El tarwi es una leguminosa andina que se cultiva en la región de Apurímac. Fue domesticada hace más de 3000 años y adaptada a altitudes entre los 2000 y 3800 m.s.n.m (Tapia, 2016), se considera una planta nativa del Perú, con orígenes que se remontan a la época preincaica y crece en altitudes entre 1800 y 4900 m sobre el nivel del mar (Vivanco, 2018).

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto del desamargado del tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) en las características fisicoquímicas y estabilidad oxidativa de su aceite. El proceso de desamargado puede inducir cambios en la estructura química de los lupinos (Carvajal *et al.*, 2016); sin embargo se conoce poco sobre sus cambios en las características fisicoquímicas en las diversas variedades del tarwi, por consiguiente, una de las alternativas es hacer estudios como esta, dando un valor agregado a la variedad escogida del tarwi, pues se conoce que, el aceite de tarwi muestra un importante aporte nutricional como fuentes de ácidos grasos esenciales: linoleico ω 6 (28,17%) y ácido linolénico ω 3, (2,54 %), esenciales para el desarrollo y desempeño habitual de tejidos humanos y animales (Villacrés, Pástor, Quelal y Zambrano, 2014).

Por esto nace la necesidad de investigar al aceite de tarwi de la provincia de Andahuaylas, obteniendo aceites por diferentes métodos de desamargado y dando a conocer las características fisicoquímicas y la estabilidad oxidativa del aceite de tarwi, los cuales se dan a conocer en los diferentes capítulos de este informe de tesis.

1.2 Formulación del problema.

1.2.1 Problema general.

¿Cuál será el efecto del desamargado del tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) en las características fisicoquímicas y estabilidad oxidativa de su aceite?

1.2.2 Problemas específicos.

¿Cuál será efecto del desamargado del tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) en las características fisicoquímicas de su aceite?

¿Cuál será efecto del desamargado del tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) en la estabilidad oxidativa de su aceite?

1.3 Objetivo de la investigación.

1.3.1 Objetivo general.

Determinar el efecto del desamargado del tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) en las características fisicoquímicas y estabilidad oxidativa de su aceite.

1.3.2 Objetivos específicos.

Determinar el efecto del desamargado del tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) en las características fisicoquímicas de su aceite.

Determinar el efecto del desamargado del tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) en la estabilidad oxidativa de su aceite.

1.4 Justificación de la investigación.

La presente investigación surge a base de una necesidad de dar alternativas y valor agregado a las diferentes variedades de tarwi que se cultiva en la provincia de Andahuaylas, ya que el proceso de desamargado puede inducir cambios en su composición fisicoquímica del aceite del tarwi (Carvajal *et al.*, 2016), por ello se planteó estudiar el efecto del desamargado de tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) en las características fisicoquímicas y estabilidad oxidativa de su aceite, sabiendo que el mejor rendimiento de aceite es extraído en el equipo prensa tipo Expeller del cual se obtuvo aceites de diferentes tratamientos.

El Tarwi es una leguminosa silvestre del género *Lupinus* que se ha estudiado en todo el mundo e incluso existe una asociación de investigación de *Lupinus*, que organiza varios eventos mundiales (Tapia, 2015); por lo tanto el amargor inherente a su grano de tarwi es uno de los factores limitantes para aumentar su consumo, esto debido a que contiene alcaloides (lupinina y lupanidina), pese a ello requerimos de un proceso de desamargado antes de su consumo para eliminar el alcaloide, ya que tiene alto valor nutritivo y resistencia a factores climáticos desfavorables en las zonas donde se cultiva, el consumo de esta especie está disminuyendo paulatinamente debido a la falta de difusión y promoción del consumo. Los granos de tarwi contienen en el aceite proteínas y carbohidratos que varía de acuerdo al lugar de siembra asimismo el color también se distingue.

CAPITULO II: ANTECEDENTES

El tarwi es una legumbre cuyas semillas contienen alcaloides. Por ello, es necesario realizar el proceso de eliminación del amargor con agua limpia antes de su consumo, este proceso se divide en las siguientes etapas: hidratación, cocción y desamargado (Cruz, 1987).

La región sierra es la zona productora de tarwi y los diferentes granos andinos, siendo los departamentos que destacan en la producción de tarwi: Puno, Ayacucho, Junín, Cusco, La Libertad, Huancavelica, Ancash y Apurímac (Zavaleta, 2018).

En Huancayo Perú se ha realizado un estudio de *Lupinus mutabilis* en el cual (Castillo, 1979), reporta que los alcaloides se encuentran presentes en la semilla que la cáscara (2.77 y 0.26% respectivamente).

Durante los cinco últimos años, el cultivo de tarwi se ha incrementado en 2.3% en promedio anual. Las cifras de producción han sido positivas entre 2015 al 2020, con un pico de producción en 2018 y 2019, lo incluyó precios de productos básicos agrícolas en el 2020 que superaron todos los periodos analizados anteriormente (Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Riego, 2021).

El *Lupinus mutabilis Sweet* (tarwi), que ha sido cuidadosamente estudiado desde el punto de vista nutricional; pero contiene una gran cantidad de alcaloides y no se puede comer directamente y debe eliminarse primero, por otro lado, el residuo líquido del desamargado es utilizado por pequeños agricultores para controlar a los parásitos externos de los animales, asimismo se utiliza como fertilizante en los cultivos como maíz, trigo, soja y papa (Rodríguez, 2009).

Los granos de tarwi son amargos, por lo que no consumen directamente las aves, rumiantes o insectos. Por lo tanto, el primer paso para consumir los granos de tarwi es eliminar el amargor por diferentes métodos de desamargado (Sven y Mujica, 2006).

Gutiérrez *et al.*, (2016), mencionan que la presencia de alcaloides en los granos no permite el consumo directo y necesariamente se debe hacerse un proceso de desamargado, es por ello que evaluaron cuatro factores: A: tiempo de cocción, B: tiempo de lavado, C: número de lavados y D: relación MP: agua. Estadísticamente utilizando el método Taguchi, se confirmó que en estos cuatro factores hay efecto significativo sobre el contenido de alcaloides de los granos de tarwi con un nivel de confianza del 95%.

El desamargado también afecta otros componentes benéficos incrementándolos, también hay una constante búsqueda de optimización de métodos de desamargado para mejorar los efectos que éstos producen sobre él, cuando se habla del efecto del amargor en el tarwi, se refiere a cómo las etapas del proceso influyen en el contenido nutricional y antinutritivo del tarwi (Quispe, 2015).

El proceso de desamargado puede inducir cambios en la composición química del tarwi al disminuir la cantidad de carbohidratos solubles y fibra que se encuentran (Carvajal *et al.*, 2016); sin embargo, se sabe poco sobre los cambios en el contenido de grasa de los *Lupinus* que afectan su composición de ácidos grasos después del desamargado (Villacrés *et al.*, 2013).

Saavedra y Vásquez (2013), mencionan que tradicionalmente el tarwi se consume como grano cocido y desamargado, por lo que se utiliza un método tradicional para la remoción de alcaloides, que consta de varias etapas, la cocción que tarda cuarenta y cinco minutos a punto de ebullición, la finalidad es distribuir el poder germinativo de las semillas, inactivar la carga microbiana, ablandar la cáscara, favorecer la liberación de alcaloides, problemas de coagulación, y así reducir la pérdida de extracción propiamente dicha, por consiguiente es muy importante lavarlas con agua corriente durante 3 días consecutivos.

En cuanto al proceso de desamargado las muestras deben remojar en agua fría (relación 1:3 p/v), a temperatura ambiente durante 24 horas, para suavizar la estructura del grano, esta acción aumenta el peso 120% a 130% aproximadamente y luego la muestra se coloca en una olla a presión por un tiempo de 1 hora a temperatura de 85°C, agregando 30 g de cal junto con la muestra. Por otro lado, el proceso de lavado dura 6 días con dos cambios de agua por día, eliminando gran cantidad de alcaloide como lupanina, esparteína y sustancias antinutritivas presentes en el grano (Tintaya, 2017).

Vivanco (2018), determinó el efecto en tres métodos de tratamiento de desamargado de tarwi (agua, sal y cal), como propósito secundario: fue analizar el contenido del aceite extraído de los granos de tarwi que han sufrido los diferentes tratamientos de desamargado en las propiedades físicas y químicas, puesto que, en comparación con los tratamientos AS (agua más sal) y AC (agua más cal) observaron que hay mayor influencia en el contenido de grasa además lograron encontrar que el rendimiento con el método de extracción de aceite es inferior a los demás métodos, en cuanto al desamargado con A (solo agua) obtuvieron mayor rendimiento de grasa (21.36%).

También, evaluaron tres métodos de extracción de alcaloides del tarwi (*Lupinus mutabilis*), asistida por microondas, a una frecuencia de 40 kHz usando el ultrasonido y por método convencional. En cuanto al estadístico incorpora el diseño de bloques completamente al azar con un nivel de error del 5 %; donde hay diferencias significativas en todas las extracciones respecto a los parámetros de estudio y por la prueba según Tukey al 5 %, el desamargado por microondas con (600 watts) hay mayor extracción de 0,909 % (alcaloide residual); con el ultrasonido al (50 %) también existe mayor extracción de 1,643 % residual y con el método convencional a (120 R.P.M.) la mayor extracción fue de 0,85 % (alcaloide residual), (Seguil *et al.*, 2019).

Para la extracción de aceite de alta eficiencia se usan las prensas tipo Expeller que tiene mayor porcentaje de extracción y la calidad en el aceite el cual varía de acuerdo a diferentes aspectos como la velocidad de rotación del tornillo, la geometría de éste y la camisa, el contenido de cáscaras, contenido de humedad y temperatura de entrada a la máquina de las semillas, entre otras (Putten, Ywe, Flemming, Jan y Winfried, 2010) citado por (Arce, 2015).

Navarrete (2010), obtuvo aceite de (*Lupinus mutabilis Sweet*) tanto de amargo y desamargado, por consiguiente, determina los parámetros físicos, químicos y nutricionales para usarlos en los alimentos. El contenido proteico de ciertas legumbres las convierte en una buena fuente de proteína vegetal. También menciona que el mejor rendimiento en la extracción de aceite de tarwi fue del tarwi amargo. Teniendo esto en cuenta, sabemos que el aceite proporciona un valor nutricional valioso como fuente de ácidos grasos esenciales, un componente importante con actividad antioxidante, ya que también explica la vida media antes mencionada de 4,5 meses.

Arce (2015), menciona que, hay diferentes métodos para extraer aceites de semillas oleaginosas, y con mejor rendimiento de extracción es por medio de prensa tipo Expeller este valor puede llegar al 90% o 95% si se realiza un pretratamiento de las semillas adecuado, lo cual es un porcentaje bastante alto.

Galarraga (2015), en su investigación menciona que; la extracción de aceite en la prensa de tipo Expeller el proceso es continua, es decir, la obtención del aceite ocurre en un solo paso y se realiza por medio de un husillo que gira dentro de un barril; este husillo sin fin se encarga de transportar el material desde la sección de alimentación en donde entra el material por medio de una tolva, hasta una sección dosificadora o de salida por la cual el material que sobra de la extracción es expulsado por un orificio llamado dado.

Arias y Guamán (2015), evaluaron el aceite de (*Lupinus mutabilis Sweet*), obteniendo como resultado, 21.59% de aceite además a identificado el contenido de ésteres obteniendo 97.90% esto a través del equipo cromatógrafo de gases, en el que sobresale el 43.60% del ácido oleico y 32.80% de linoleico; por consiguiente el aceite tuvo una Humedad de 14.67%, Índices de Saponificación 32.40 mg de KOH/g, Yodo 85.82 g de I₂/100 g, Acidez 16.23 mg de KOH/g, Refracción 1.472, Peso molecular 872.86 g/mol, Viscosidad cinemática 1.30 mm²/s, Densidad 866.7 kg/m, poder calorífico 38.65 KJ/kg, Residuo al carbón 85.55%, y Cenizas 0.06%.

Arias y Guamán (2015), realizaron la evaluación fisicoquímica en el aceite de dos variedades de tarwi (INIAP 450 Andino y Ecotipo local) amargo y desamargado, utilizando solventes (éter de petróleo y hexano) en el equipo de Soxhlet, obteniendo los siguientes resultados: pH (7,195), índice de acidez (0,2000%), densidad (0,8650 g/ml) y temperatura (24,45°C). Por otra parte, a través del análisis físico químico obtuvieron los siguientes resultados: viscosidad (53,5 cP), índice de refracción (1,470 a 20°C), índice de saponificación (188,06 mg KOH/g), índice de éster (187,96 mg KOH/g), índice de yodo (94,39 gI₂/100 g), índice de peróxido (0,00 meq O₂/Kg).

En cuanto a las características fisicoquímicos del aceite de tarwi tuvo como resultado: El índice de acidez expresado en ácido oleico fue de 0.18%, índice de yodo 78g de I₂/100 Wijs, índice de peróxido 5.12 meq de O₂/kg, índice de saponificación 184 mg KOH/g, índice de insaponificación 0.18% de índice de insaponificación, densidad 0.919 g/ml, todo estos parámetros mencionados está dentro de las normas de los aceites más comerciales; el color del aceite se determinó por espectrofotómetro fue Rojo: 74.1 y Amarillo: 77; es evidente que estos colores son debido a algunas vitaminas como A y B (Quispe, 2012).

Gutiérrez *et al.*, (2016), determinaron la estabilidad oxidativa (OSI) del aceite, evaluaron con un equipo Rancimat (Metrohm, Modelo 743, Suiza) usando el método (A.O.C.S., 1998, método Cd 12b-92) a las temperaturas de 100, 110, 120 y 140 °C y con un caudal de aire de 20 L/h.

El 892 Professional Rancimat es un dispositivo de medición controlado por computadora que se utiliza para determinar la estabilidad oxidativa de muestras con grasa, está equipado con dos bloques calefactores, cada uno con 4 posiciones de medición. Cada bloque se puede calentar individualmente, es decir, se pueden medir 4 muestras a dos temperaturas diferentes o se pueden medir 8 muestras a la misma temperatura (Metrohm, 2017).

En la prueba, el grado de oxidación del aceite se mide cuando se hace pasar aire. El lisado es ácido fórmico, que se introduce en el agua destilada de las células de Kiritsakis, (1991) citado por (Alberca y Huanca, 2015).

CAPITULO III: MARCO TEÓRICO

3.1 Bases teóricas.

3.1.1 *Tarwi (Lupinus mutabilis Sweet).*

El Tarwi o *Lupinus mutabilis Sweet*, es una leguminosa originaria de los Andes de Perú, Ecuador y Bolivia, conocida por su alto contenido proteico y propiedades agronómicas como su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico en las plantas, su resistencia a ambientes ecológicos secos. Adaptabilidad, ubicada entre 2.800 y 3.600 metros sobre el nivel del mar. Su alto contenido en extracto etéreo y proteína es superior al de la soja, lo que la convierte en una planta importante en la dieta humana. Debido a su contenido de calcio y aminoácidos, a menudo se come en postres, guisos y otros alimentos que favorecen el crecimiento y el desarrollo del cerebro de los niños (Allende *et al.*, 2019).

Tarwi es uno de los cultivos alimentarios utilizados en la ecorregión andina durante miles de años, y se han encontrado restos de sus semillas en entierros de la cultura Nazca (100-500 aC) en la costa desértica de Perú. En el sur, están muy extendidas tus pinturas sobre vasijas ceremoniales de la cultura Tiwanaku (500-1000 dC). (Tapia, 2015).

Ayala y Andinas (2004), da a conocer que el grano del tarwi se caracteriza por que tiene un alto contenido de alcaloides que le otorgan un sabor amargo, es rico grasa y proteínas con presencia de concentraciones de los aminoácidos azufrados (metionina + cisteína) así como muestra en la tabla 2 (Indecopi, 2017).

3.1.2 *Taxonomía y evolución del tarwi.*

Sven y Mujica (2006), menciona que el tarwi es una planta del género Fabaceae Lupino que se muestra en la tabla 1 donde se detalla y tiene una extensa distribución en todo el mundo, con unas 300 especies.

Tabla 1.
Clasificación de la especie.

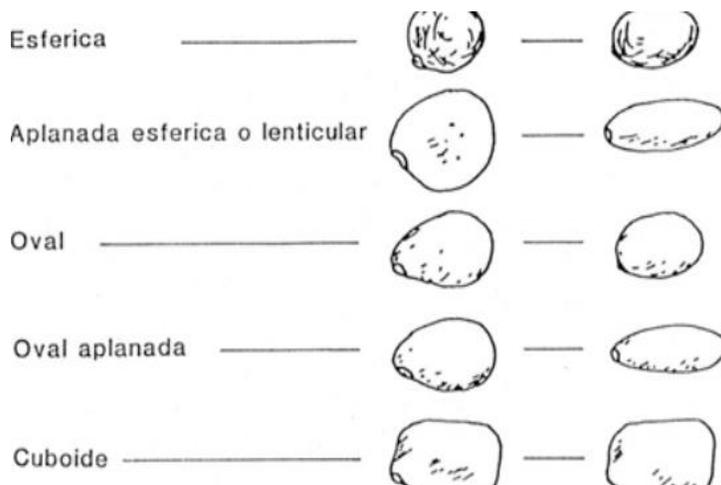
Reino	Vegetal
División	Fanerógamas
Clase	Dicotiledóneas
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Tribu	Genisteas
Genero	<i>Lupinus</i>
Especie	<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet
Nombre común	Tarwi, Lupino, tarwi, tauri.

Fuente: Palacios, D, Espinoza, y H, (2004).

3.1.3 Características morfológicas.

El tarwi, es considerado como *Lupinus mutabilis* más cultivados en el Perú; pueden variar entre cultivares de muchas a pocas ramas, el fruto está constituido por una vaina, algo dehiscente; las semillas se acomodan en la vaina en una hilera en un tamaño que varía de 4 hasta 15 mm, la forma de las semillas es elipsoidal, lenticular, algunas redondeadas y otras más bien con bordes más definidos en forma semi cuadrada, como se muestra en la siguiente figura (Tapia, 2015).

Figura 1.
Formas del grano de Tarwi.



Fuente: Tapia, 2015.

3.1.4 Variedad de tarwi.

Figura 2.
Variedades del Tarwi.



Fuente: (Glorio, 2016).

El color de las semillas es muy variable, entre blanco, gris, baya, marrón, negro e incluso jaspeado, por lo que algunas semillas blancas tienen diferentes colores y pueden extenderse como cejas, barbas, medias lunas o medias lunas, o incluso jaspeado decorado (Tapia, 2015).

Tabla 2.
Composición nutricional del tarwi.

Composición	Unidades	Valores promedios
Energía	Cal	369,00
Agua	G	11,70
Proteína	G	42,20
Grasa	G	16,00
Carbohidratos	G	26,70
Calcio	Mg	98,00
Fósforo	Mg	542,00
Hierro	Mg	7,80
Tiamina	Mg	7,80
Riboflavina	Mg	0,52
Niacina	Mg	2,00

Fuente: Indecopi (2017).

3.1.5 Determinación de alcaloides totales.

El método de púrpura de bromocresol (BKP) para la determinación de alcaloides totales es la extracción de alcaloides con un solvente orgánico en un medio alcalino. Los alcaloides se separaron (fraccionaron) de los componentes salinos de las muestras mediante la adición de solución alcalina (KOH, 15%) y Al₂O₃ en polvo; los alcaloides liberados luego se regeneraron con un solvente orgánico (cloroformo) a temperatura ambiente. El contacto de la solución orgánica que contiene alcaloide con el colorante ácido BKP la desestabiliza y provoca su descomposición (por hidroxilación). Los cambios de color se cuantificaron por espectrofotometría a 410 nm. Cuanto menor es la absorción, mayor es el contenido de alcaloides. El colorante disminuye su color de naranja oscuro a amarillo pálido (variación de pH de 5.2 a 6.8) y ésta es una referencia de contenido de alcaloides según (Castillo, 1979 y Sosa, 2000) citado por (Quispe, 2015).

3.1.6 Tecnologías de desamargado de tarwi.

Suca y Suca (2015), menciona que, “la principal aplicación del tarwi como producto agrícola industrial proviene de los granos que adquirieron el sabor amargo, estos granos no contienen sustancias tóxicas para el consumo humano. A partir de ello se obtiene varios productos con aplicaciones industriales agrícolas ilimitadas” (pág. 66).

Rayo (2020), Muestra que la industrialización del tarwi tenía como finalidad la obtención de tres productos, a saber, harina, leche y "aceite", que debían provenir de granos prerrefinados, y que la harina de tarwi también se utilizaba industrialmente de otra manera, que era la elaboración de fideos y diversos postres dulces y salados.

Además de los métodos tradicionales conocidos (hidratación, hervido y lavado), existe un desconocimiento sobre otras alternativas de carga. Por ello, estudiaron el amargor del tarwi utilizando tres métodos diferentes: tradicional, fermentado y germinado, donde se estudiaron diferentes ecotipos de tarwi, índice de cosecha: cinco meses leve y ocho meses después de la siembra (Calupiña y Tipán, 2018).

3.1.6.1 Desamargado por método tradicional.

Hace mucho tiempo los habitantes de los Andes, sabiendo que estos frutos eran venenosos e incomedibles, lograron aprovechar la oportunidad de cultivar estos frutos y buscar la forma de convertir el lupino amargo en un alimento apetecible, así vieron que las semillas, después de hirviendo, deben colocarse en una corriente de flujo constante durante unos días antes de comer directamente, ya que se deshidratan para almacenar (Quispe, 2012).

3.1.6.2 Desamargado por método Cuzco.

De acuerdo al procedimiento desarrollado por (Tapia, 2015), mencionó que los granos de chocho se remojabán en un tanque de circulación de 18 a 24 horas. Cuezan al vapor las semillas empapadas en una olla a presión durante 40 minutos, cambiando el agua dos veces. Agregue 50 gramos de lejía (ceniza de quinua) para acelerar el proceso de desamargado. Luego, el grano se lava mecánicamente, donde las semillas se sacuden en una canasta durante 10 minutos cada hora para garantizar una buena turbulencia, lo que acelera el tiempo de lavado, 48 horas. Finalmente, los frijoles amargos se secan al sol durante 1 a 2 días.

3.1.6.3 Desamargado por Ultrasonido.

Actualmente, el uso del ultrasonido en el procesamiento de alimentos se basa en sus ventajas frente a los procesos tradicionales, reduciendo el tiempo de extracción, secado y otros procesamientos. El ultrasonido de potencia es una nueva tecnología que ha atraído un amplio interés debido a sus efectos prometedores en el campo del procesamiento y es reconocida como una técnica que ayuda o asiste en la transformación de procesos o la mejora de procesos existentes (Robles y Ochoa, 2012).

En el proceso de elaboración de alimentos el uso del ultrasonido (US) se basa por tener ventajas que representa frente a los procesos convencionales al disminuir el tiempo de procesamiento y mejorar el aspecto de calidad, además, se considera como una tecnología limpia con un gran potencial remoción de alcaloides en las semillas del tarwi (Robles y Ochoa, 2012).

La aplicación del ultrasonido en la industria de los alimentos es una tecnología reciente, con buenos resultados en los procesos térmicos y conservación de las características nutricionales, lo que se busca como ingenieros de alimentos (Orlando, 2011).

Lavilla y Bendicho (2017), citado por (Seguil *et al.*, 2019); observaron que la cantidad de alcaloides extraídos bajo la energía ultrasónica intermedia es mayor, la energía ultrasónica corresponde al 50% de los alcaloides residuales, representando el 1,643%; existiendo una diferencia estadística entre la energía ultrasónica, por lo que es del 40%. La energía ultrasónica a kHz es del 50%, que es un parámetro de extracción asistida por microondas; se puede explicar que cuando la temperatura sube, la cavitación aumentará hasta alcanzar el límite de unos 50 ° C, que se alcanza al 50% de la energía ultrasónica, menciona también que, cuando se supera este umbral, habrá una caída de presión en la matriz que reducirá el efecto sonoquímico.

Tabla 3.
Composición química del tarwi amargo y desamargado.

Parámetro	Unidades	Grano amargo	Grano desamargado
Humedad	%	9,90	73,63
Materia seca	%	90,10	26,37
Proteína	%	41,20	51,06
Grasa	%	17,54	20,37
Fibra	%	6,24	7,47
Alcaloides	%	3,11	0,08
Calcio	%	0,12	0,42
Fósforo	%	0,60	0,43
Sodio	%	0,015	0,042

Fuente: Villacrés *et al.*, (1998).

3.1.7 Aceite de tarwi.

El aceite de tarwi constituye el 20% del peso de cada grano, estudios preliminares muestran que el aceite es una buena fuente de energía de ácidos grasos esenciales omega 3 (3,3%) y 6 (28.47%), estos se metabolizan rápidamente transformándose en energía, en contraste a los ácidos grasos saturados (de origen animal) que se almacena en el tejido adiposo da lugar a la obesidad (Cerletti, 1979).

3.1.7.1 Extracción de aceite por prensado.

Previamente, el amargor se ha eliminado según la metodología utilizada por (Jacobsen y Mujica, 2006): el cual comienza con la selección del grano, hidratación, cocción aproximado de 60 minutos y después el lavado. Los granos desgrasados, descascarados y húmedos se secan hasta un contenido de humedad del 8% m / m. Después de secar, triturar y tamizar, se pasan por una prensa de aceite de un solo tornillo CA-59G G3-CA5963 IBG Monforts Oekotec (Alemania) o prensa de

aceite (modelo KOMET SCREW OIL). El cual hace el proceso de prensado de aceite en diferentes condiciones. (Pascual *et al.*, 2021).

3.1.8 Índice de refracción

El índice de refracción se mide utilizando un refractómetro digital o un refractómetro de ácido butírico con control de temperatura (+/- 1 °C). Por otro lado, la AOAC recomienda expresar esta constante entre el aceite a 20 - 25 °C y la grasa a 40 °C, y afirma que el índice de refracción del aceite de oliva está en el rango de 1,4677 - 1,4705 a 40 °C y esta relación. del aceite a la acidez El valor normal es bajo y el valor de rancidez es alto, por lo que el índice de refracción en los aceites es importante porque este valor está relacionado con el grado de insaturación de los ácidos grasos, el cual aumenta con su contenido. Cantidad y porcentaje de ácidos insaturados y aumento del peso molecular de los ácidos grasos (Vivanco, 2018).

3.1.9 Densidad de los aceites.

La densidad del aceite vegetal no varía mucho de un aceite a otro, sin mencionar que puro y fresco puede verse afectado por el tiempo de almacenamiento, ranciedad y procesamiento del aceite (INCOTEC, 1999). La densidad de los diferentes aceites no difiere, aunque tanto el grado de insaturación (medido por el índice de yodo) como el peso molecular promedio (medido por el índice de saponificación) afectan la propiedad de que los ácidos grasos y los glicéridos aumentan de densidad. Aumenta con la disminución del peso molecular y el aumento de la insaturación (Bailey, 1984).

Determinar la densidad de cada uno de las muestras empleadas con la siguiente fórmula:

$$Densidad = \frac{P''-P}{P'-P} = \frac{g}{ml} \dots \dots \dots \text{ecuación (1)}.$$

Donde:

P: Peso en g del picnómetro vacío.

P' : Peso en g del picnómetro lleno con agua a la temperatura de referencia.

P'' : Peso en g del picnómetro lleno con aceite a la temperatura de referencia.

3.1.10 Viscosidad.

Navarrete (2010), El siguiente procedimiento expresa la viscosidad del aceite de tarwi, primero nivele el dispositivo viscosímetro rotatorio Brookfield usando burbujas de aire, luego coloque la muestra en la cámara conectada al adaptador de muestra, acondicionado a 25°C, y luego ajuste el eje con el tipo de muestra (aceite) y atornille el pivote, luego baje con cuidado la cabeza hasta que el material de prueba alcance la muesca en el eje, el indicador debe ser 0, si la muesca se inserta en el material de prueba, el indicador está por encima de 0, ignórelo y continúe trabajando. Ajuste la perilla selectora de velocidad al rpm deseadas y si está haciendo una prueba, comience a la velocidad más baja. Encuentre la tabla de factores, luego active el interruptor, comience a girar el eje, luego déjelo girar unas cuantas veces, el puntero está estable y luego tome una lectura, el motor se detiene y el embrague se activa para tomar una lectura. y finalmente leer la viscosidad (cP).

3.1.11 El índice de acidez

Una medida de la medida en que los aceites y las grasas se degradan por la luz y la temperatura, acelerados por la lipasa u otras causas de degradación (INCOTEC, 1999). Todos los aceites contienen ácidos grasos libres, pero si la cantidad es baja es porque el aceite es fresco. En cuanto al tamaño de la muestra, el método define 50 gramos si la acidez esperada es inferior al 0,2 % y 25 gramos si la acidez esperada está entre el 0,2 % y el 1 %. Ácido libre: determina la cantidad de ácidos grasos libres expresados en ácido oleico. La normativa INCOTEC permite un contenido máximo de ácido oleico de 0,20%. La acidez es una anomalía que se debe principalmente a malas

condiciones de la fruta, manejo inadecuado o almacenamiento inadecuado. La acidez o índice de acidez es una estimación de los ácidos grasos libres en un aceite expresado como porcentaje de ácido oleico (Quispe, 2012).

La acidez no se refiere a la acidez, ni corresponde a un consumo más o menos intensivo, simplemente baja el valor al medir la proporción de ácidos grasos libres en una determinada muestra. Según el Códex Alimentarius, se consideran valores normales los inferiores al 0,5% de fruto entero producido en condiciones óptimas (Navarrete, 2010).

De acuerdo a la norma mexicana NMX-F-101-SCFI-2012, (México, 1996); El método para la determinación de ácidos grasos libres (obsoleto como nmx-f-101-scfi-2006) se aplica a todos los aceites vegetales crudos y refinados, aceites marinos y aceites animales. En el caso de las grasas, el método se basa en la titulación ácido-base de los ácidos grasos libres.

Según (Matissek *et al.*, 1998), El índice de acidez es una medida de la cantidad de ácidos libres en grasas y ácidos grasos, conocer la cantidad de ácidos grasos libres sirve como prueba de pureza y, en ocasiones, puede llevar a conclusiones sobre el procesamiento o las reacciones de descomposición, por lo que muestra el valor de la medida de acidez.

Tabla 4.

Valores de índice de acidez para los diferentes tipos de aceite.

Muestra de aceite/grasa	Índice de acidez esperado	Peso en gramo	Disolución valorante de KOH en mol/L
Aceites refinados/grasas comestibles animales comestibles.	0,2 – 1	10-20	0,1
Aceites vegetales crudos/grasas animales técnicos.	1 – 10	3 – 10	0,1
Ácidos grasos.	80 – 260	1 – 6	0,5

Fuente : (Matissek *et al.*, 1998).

3.1.12 Perfil ácido graso.

Fischer (1991), citado por (Navarrete, 2010); se refiere a biomoléculas con carácter lipídico ácido que consisten en largas cadenas lineales de hidrocarburos con un de par de átomos contenientes de carbono que finalizan en un grupo carboxilo (-COOH).

3.1.12.1 Ácidos grasos saturados

Su fórmula molecular es $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)-COOH}$ y tienen enlaces simples entre los átomos de carbono, las grasas que contienen altas cantidades de ácidos grasos saturados a temperatura ambiente se denominan grasas saturadas y por lo general provienen de fuentes animales en este caso la manteca de cerdo y la mantequilla (Kuklinski, 2003) citado por (Navarrete, 2010).

3.1.12.2 Ácidos grasos insaturados

Tienen uno o más dobles enlaces en la cadena. Hay dos nomenclaturas para los ácidos grasos con respecto a la posición del primer doble enlace. Si se numera desde la posición ácida (COOH) se le da la nomenclatura Δ , y si se numera desde el extremo terminal metilo (CH₃), se usa la nomenclatura ω (Kuklinski, 2003) citado por (Navarrete, 2010).

Composición de ácidos grasos del tarwi (% de ácidos grasos totales).

Tabla 5.

Composición de ácidos grasos del tarwi (% de ácidos grasos).

Ácidos	%
Oleico (Omega 9)	40.4
Linoleico (Omega 6)	37.1
Linolénico (Omega 3)	2.9
Palmítico	13.4
Palmitoleico	0.2

lleva a aumentos sin precedentes en la ingesta y beneficios para la salud. el efecto es desconocido (Marsset *et al.*, 2009).

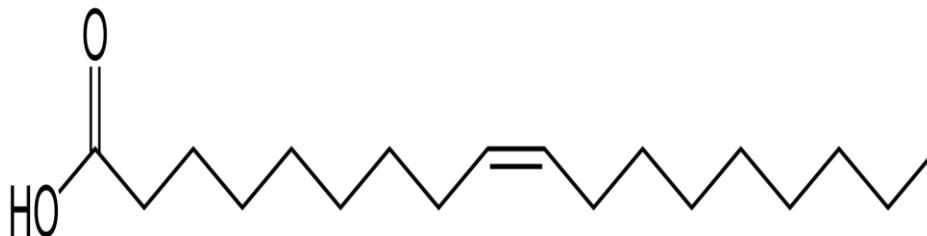
Figura 4.
Estructura del ácido Esteárico.



3.1.12.5 Ácido Oleico

El ácido oleico pertenece a la familia Omega 9, además, es una grasa monoinsaturada que se encuentra comúnmente en aceites como de oliva y la palta. Tiene un efecto beneficioso en la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares. Su fórmula química molecular es $C_{18}H_{34}O_2$ (o por extensión $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$). 2.

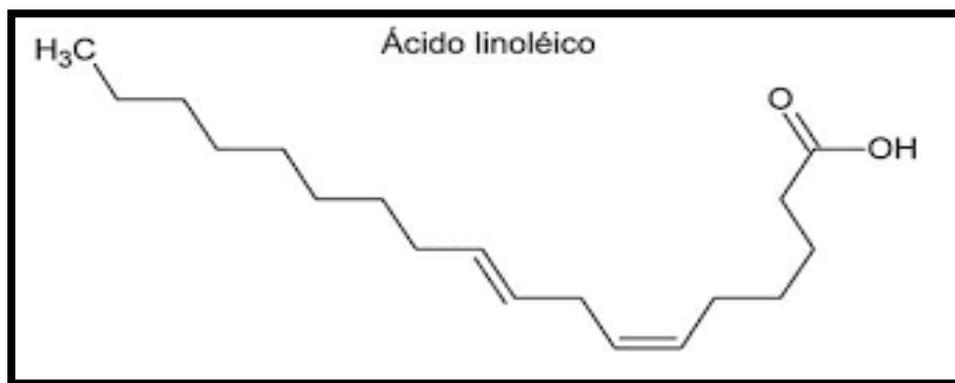
Figura 5.
Estructura de ácido Oleico.



3.1.12.6 Ácido Linoleico

El ácido linoleico es un ácido graso esencial de la familia omega 6, el organismo no puede producirlo y debe obtenerlo a través de la dieta, además es un ácido graso poliinsaturado con dos dobles enlaces: $\text{COOH}-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3$.

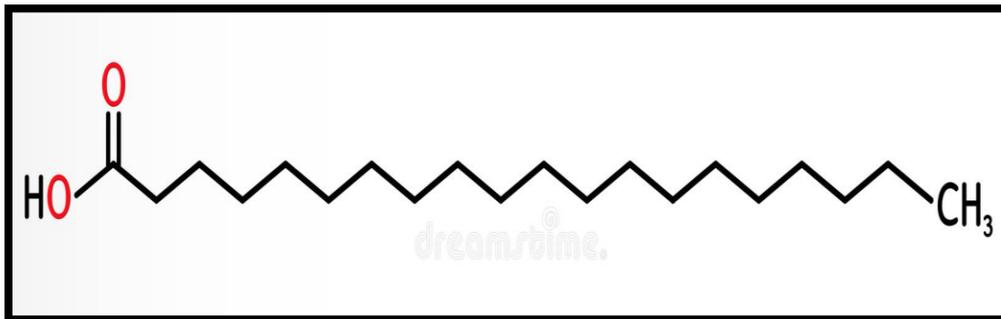
Figura 6.
Estructura del Ácido Linoleico.



3.1.12.7 Ácido Araquídico

El ácido araquídico, también conocido como ácido eicosanoico, es un ácido graso saturado que es el principal componente del aceite de maní, forma parte de los fosfolípidos de la membrana celular y es un precursor de la biosíntesis de eicosanoides, además puede sintetizar a partir del ácido linoleico, que es uno de los ácidos grasos esenciales requeridos por la mayoría de los mamíferos.

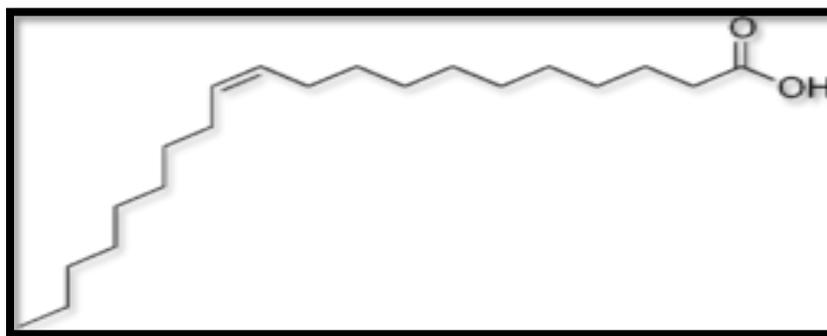
Figura 7.
Estructura del Ácido Araquídico.



3.1.12.8 Ácido cis-11-Eicosenoico

El ácido 11-eicosenoico, también llamado ácido gondoico, es un ácido graso monoinsaturado omega-9 que se encuentra en una variedad de aceites vegetales y nueces; en particular el aceite de jojoba.

Figura 8.
Estructura de Ácido Cis-11-Eicosenoico.



Fuente: https://gl.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_11-eicosenoico.

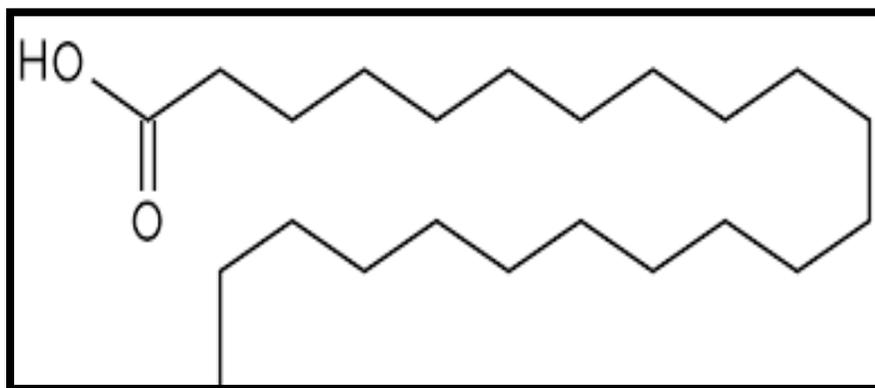
3.1.12.9 Ácido Behénico

El ácido behénico es un ácido carboxílico saturado con la fórmula molecular $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$, as tiene aspecto es cristal o polvo de color blanco a beige, punto de fusión es a 80°C , punto de ebullición 306°C , se encuentra en varios aceites naturales, como el aceite de vinca, del cual

alrededor del 9% se deriva de la planta de Moringa. También se encuentra en el aceite de canola (también conocido como aceite de canola) y en el aceite de maní extraído de la planta de canola (conocido como aceite de canola).

Figura 9.

Estructura de Ácido Behénico.



3.1.13 Índice de peróxidos.

El índice de peróxido determina el enranciamiento oxidativo de la grasa, afectando el valor nutricional y organoléptico en los diferentes alimentos, estas grasas, aceites y otros compuestos relacionados, se descomponen por oxidación, impregnando los alimentos con oxígeno del aire y disolviéndose en las fases de agua y grasa. Esta reacción puede ser catalizada por enzimas por otro lado los hidroperóxidos se descomponen formando radicales libres, que se oxidan fácilmente que no solo pierden su actividad fisiológica, sino que también se convierten en sustancias antinutricionales. Por otro lado, los productos de aminoácidos y vitamina B no pueden describirse como "existentes" porque los radicales libres también pueden reaccionar para formar aldehídos y cetonas, lo que da como resultado estos olores (Navarrete, 2010).

Índice de peróxidos se expresa en miliequivalentes de oxígeno por kilogramo de muestra con la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de peróxido} = \frac{(S-B) \times N \times 1000}{\text{peso muestra}(g)} \dots\dots\dots \text{ecuación (2)}.$$

Donde:

S: tiosulfato, en ml consumido en la valoración de la muestra.

B: tiosulfato, en ml consumido en la valoración del blanco.

N: normalidad de la solución de tiosulfato.

P: peso en gramos de la muestra tomada para la determinación.

3.1.14 Índice de saponificación.

Según Navarrete (2010), el (IS) es un parámetro que se utiliza para verificar la adulteración, especialmente si se hace en una mezcla de aceites, fundamentalmente en el aceite vegetal o una mezcla de aceite vegetal y el aceite animal, se puede determinar si el ácido graso es dominante en la cadena corta o en la cadena larga. Saponificación y presencia de glicerina.

Determinar el índice de saponificación de la muestra con la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de saponificación} = \frac{56.11 \times N \times (V' - V)}{P} \dots\dots\dots \text{ecuación (3)}.$$

Donde:

V: volumen en ml de solución de HCl 0.5 N utilizados en la prueba en blanco.

V': volumen en ml de solución de HCl 0.5N utilizados en la muestra.

N: normalidad exacta de la solución de ácido clorhídrico utilizado.

P: peso en gramos de la muestra.

3.1.15 Estabilidad oxidativa de aceite.

La rancidez oxidativa es el principal motivo de la pérdida de calidad del aceite, pues se desconoce la vida útil de estos productos; la estabilidad (antioxidación) es un factor a los que prestan atención los productores, por ser el principal estándar de calidad de los aceites y grasas, por lo que en varias investigaciones evaluaron el índice de estabilidad a la oxidación del aceite virgen de semillas de Moringa (humedad $8.54 \pm 0.02\%$), el aceite se obtiene mediante el método de aceleración Rancimat, mediante prensado en frío, luego se centrifuga y finalmente se almacena a 4 ± 1 ° C.

En el método Rancimat, el proceso de oxidación se acelera calentando el recipiente de reacción y pasando aire continuamente sobre la muestra, este proceso da como resultado la oxidación de las moléculas de ácidos grasos en la muestra por lo cual los peróxidos se forman como productos de oxidación primarios, los ácidos grasos se descomponen por completo y se forman productos de oxidación secundarios, incluidos ácidos orgánicos volátiles de bajo peso molecular, como los ácidos acético y fórmico y se transportan por corriente de aire a otro recipiente con agua destilada. Se realiza una medición continua de la conductividad eléctrica. Este valor indica la resistencia a la oxidación de la muestra. Cuanto mayor sea el tiempo de inducción, más estable será la muestra. El tiempo de inducción determinado por medio del método Rancimat es un parámetro estándar del control de calidad en la producción, del control de recepción y del procesamiento ulterior de aceites y grasas en la industria de alimentos (Metrohm, 2017).

3.2 Marco conceptual

3.2.1 Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet).

El tarwi H6 INIA, es una leguminosa con una característica única y se identifica por tener el color de blanco y negro, cultivada en zonas de montaña, desde los 2800 hasta los 3900 metros sobre el

nivel del mar. Corresponde a cerca del 20% del área sembrada en la sierra norte entre Cayamarca, Lalibertada y Amazonas; el 41% de la sierra central entre Ancas, Huánuco y Junín; y el 39% de la sierra sur de las provincias de Cusco, Puno y Apurímac (Palacios, 2004) citado por (Vivanco, 2018).

3.2.2 Desamargado de tarwi.

La presencia de los alcaloides da un sabor extremadamente amargo a la semilla y son tóxicos, es la razón por la que se debe priorizar el proceso de desamargado, en estos procesos es donde se extrae la mayor cantidad de alcaloides (Tapia, 2015).

El tarwi tiene alcaloides del tipo quinolizidina que son compuestos amargos y tóxicos, por lo tanto, estos alcaloides son accesibles en solventes orgánicos como el agua, dentro de los alcaloides se encuentran la lupanina y esparteína, por ello en el proceso de desamargado se remueven los alcaloides presentes en el tarwi (Córdova, 2020).

3.2.3 Aceite.

Son líquidos grasos de orígenes diversos que no se disuelven en agua y tienen una densidad menor que el agua, es sinónimo de oleo (Acuña, 2010).

3.2.4 Alcaloides.

Son sustancias que principalmente se encuentran en los tejidos periféricos, tegumentos de la semilla, capas externas de corteza, tallos, raíces, epidermis y subepirmes de las hojas, son antinutritivas que limitan su consumo directo y forman combinaciones solubles en estado de sales como citratos, maleatos, tartratos, isobutiratos, benzoatos, etc. (Navarrete, 2010).

3.2.5 Índice de refracción.

El IR tiene relación con la composición de ácidos grasos y puede aumentar con el número de insaturaciones y la longitud de las cadenas que forman los ácidos grasos, ya que la luz se refracta en los enlaces formados por sus cadenas. A mayor longitud y número de insaturaciones, mayor es el índice de refracción (Navarrete, 2010).

3.2.6 Densidad.

La densidad o gravedad específica de una sustancia se define como su masa por unidad de volumen g/ml, se determina pesando, la densidad depende de la temperatura y la presión, pero la temperatura debe indicarse junto con la densidad (Matissek *et al.*, 1998).

3.2.7 Viscosidad.

La viscosidad es un parámetro reológico y juega un papel importante conocerlo para saber la estabilidad del producto durante el almacenamiento, y por lo tanto en la aceptación del consumidor, ya que buscan productos muy similares a los domésticos y que tengan sabores naturales, sin agregados. aromatizantes o conservantes químicos (Minaya y Terrazos, 2016).

3.2.8 Ácidos grasos.

Los ácidos grasos son un conjunto de ácidos con distintas características que tienen cadena corta y larga, insaturados, saturados, desde este punto de vista se considera que de los insaturados que tienen la nomenclatura omega, contando desde el grupo metilo, donde aparece el primer doble enlace lo que permite clasificar como omega-9, omega-6 y omega-3 y todos los ácidos grasos mencionados tienen efecto sobre el organismo (Catalán *et al.*, 2015).

3.2.9 Índice de peróxido.

Son los miliequivalentes de oxígeno activo contenidos en un kilogramo de la materia ensayada, calculados a partir del yodo liberado del yoduro de potasio, se supone peróxidos a la oxidación de la grasa por lo que el índice obtenido puede tomarse, en una primera aproximación, como una expresión cuantitativa de los peróxidos de la grasa (Navarrete, 2010).

3.2.10 Acidez.

Constituye un valor que mide la proporción de ácidos libres que contiene una muestra determinada (Navarrete 2010).

3.2.11 Índice de saponificación.

Es la cantidad de hidróxido de potasio, expresada en miligramos, necesaria para saponificar un gramo de aceite o grasa, proceso basado en la reacción química de triglicéridos o triglicéridos con una base para formar jabones o álcalis de ácidos grasos y glicerol (García, 2008).

3.2.12 Estabilidad oxidativa.

Es una forma de oxidación del aceite que pasa por un proceso de oxidación calentando a través de un recipiente de reacción y haciendo pasar aire continuamente a la muestra donde llega a un periodo de inducción para la formación de hidroperóxidos conjugados (que contiene dobles enlaces trans conjugadas), y el periodo de oxidación final donde los hidroperóxidos se dividen en compuestos orgánicos aromáticos de cadena corta (principalmente aldehídos, cetonas, alcoholes, y ácidos grasos de cadena corta), que causan rancidez, la temperatura es la que ejerce un efecto importante sobre los valores de OSI (Villanueva *et al.*, 2017).

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

4.1 Lugar de ejecución.

Se ha ejecutado en la Universidad Nacional José María Arguedas, en los laboratorios de: Control de calidad, Química, Investigación Agroindustrial, Nanotecnología en Alimentos en Santa Rosa, Talavera, Andahuaylas; además se realizó el análisis de perfil ácido graso en el laboratorio de Cromatografía y Espectrometría de la Universidad Nacional de San Antonio de Abad del Cusco.

4.2 Población y muestra.

4.2.1 Población

La población de estudio está dada por los granos de tarwi variedad (H6 INIA) de la provincia de Andahuaylas, zona productora de estos granos andinos en nuestra región Apurímac.

4.2.2 Muestra

La muestra estuvo compuesta de una cantidad aproximadamente 5 kilogramos de tarwi para los diferentes análisis, como el desamargado por tres métodos y la muestra patrón, seguido para la extracción de aceite y para los análisis que se realizaron según los objetivos propuestos.

4.3 Equipos e instrumentos de recolección de datos

En la Tabla (7) se muestran los equipos e instrumentos que se utilizaran la ejecución del trabajo de investigación que a continuación se detalla.

Tabla 6.

Equipos e instrumentos.

Descripción	Cantidad	Marca
-------------	----------	-------

Cromatógrafo de gases	01	SCION 486-GC
Equipo de Rancimat	01	-
Cocina a gas	01	-
Ultrasonido	01	BRANSON
Balanza analítica	01	RADWAD
Refractómetro digital	01	-
Viscosímetro	01	FUNGILAB
Termómetro digital	01	AMARREL
Picnómetro	01	-
Soporte universal	01	-
Refrigerante de reflujo	01	-
Reverbero	01	-
Plancha de calentamiento	01	-
Baño María	01	-

En la Tabla (8) se muestran los materiales de vidrio que serán utilizados para la ejecución del trabajo de investigación que a continuación se detalla.

Tabla 7.
Materiales de vidrio.

Descripción	Cantidad	Capacidad
Navecillas	04	2 a 3 ml
Matraz con tapón esmerilado	04	250 ml
Matraz	05	200 ml
Bureta	01	50 ml
Balones aforados	10	100 ml
Tubos de ensayo	28	10 ml
Tubos de falcom	04	50 ml
Vaso precipitado	04	500 ml
Probetas	05	10 ml
Varilla	01	-

Pipetas	04	1 y 2 ml
Frascos herméticos ámbar	04	1 L

En la Tabla (9) se muestran los materiales de plástico, acero inoxidable y otros que se utilizaran para la ejecución del trabajo de investigación que a continuación se detalla.

Tabla 8.

Materiales de plástico, acero inoxidable y otros.

Descripción	Cantidad	Capacidad
Pipetas Pasteur	02	-
Recipientes	04	10 L
Olla	01	-
Olla presión	01	-
Costal de malla	01	-
Jarras medidoras	01	1 L
Cucharón	01	-
Papel filtro Whatman	02	-

En la Tabla (10) se muestran los reactivos que se utilizaran para la ejecución del trabajo de investigación que a continuación se detalla.

Tabla 9.

Reactivos.

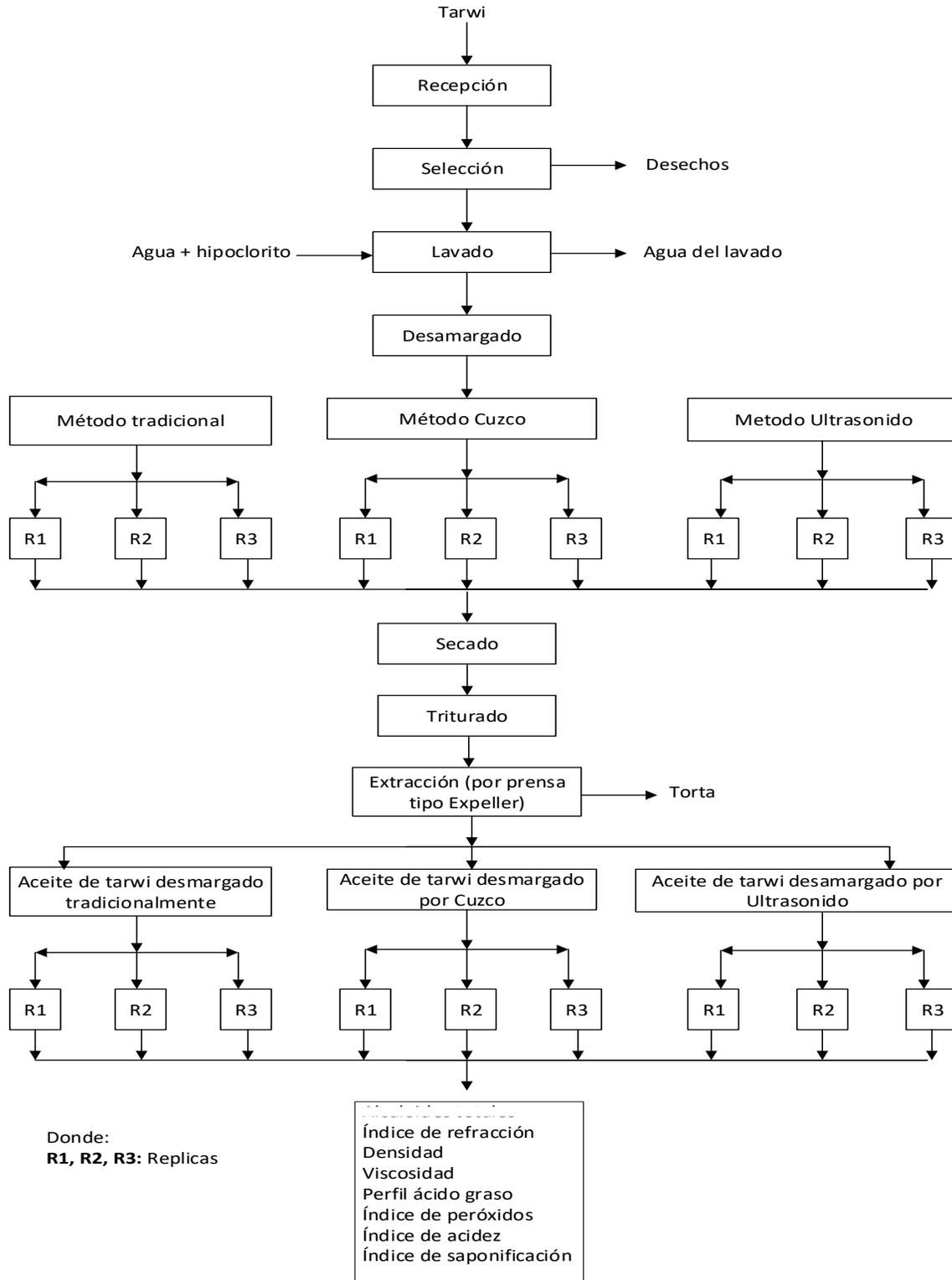
Descripción	Cantidad
Ácido acético	30 ml
Yoduro de potasio	5 ml
Tiosulfato de sodio	0.002 N
Hidróxido de potasio	50 ml
Cloroformo	500 ml
Metanol al 95%	1 L

Etanol al 95%	2 L
Ácido clorhídrico	-
Sulfato de sodio	10ml
Agua destilada	-
Hexano	2L
Óxido de aluminio	-
Púrpura de bromocresol	10 g
Isopropanol	5 ml

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Metodología experimental

Figura 10.
Diagrama de flujo.



4.5 Tipo de investigación

Experimental: Esta investigación implicó realizar experimentos para probar la hipótesis propuesta, manipulando y midiendo variables bajo condiciones controladas para sus condiciones o estados clave.

4.6 Métodos de análisis

4.6.1 Desamargado por método tradicional.

Se realizó siguiendo la metodología de (Tapia, 1990) el cual se muestra en el anexo 51.

4.6.2 Desamargado por método Cuzco.

Se realizó siguiendo la metodología modificado de (Tapia, 2015) se detalla en el anexo 52.

4.6.3 Desamargado por ultrasonido.

Se realizó siguiendo el procedimiento propuesta de (Seguil, *et al*, 2019, el cual se detalla en el anexo 53.

4.6.4 Extracción de aceite de tarwi por prensa tipo Expeller.

Se realizó siguiendo la metodología propuesta de (Putten, Ywe, Flemming, Jan y Winfried, 2010), el cual se detalla en el anexo 54.

4.6.5 Alcaloides totales.

Método usado de púrpura de bromocresol (Adaptación de Von Baer, 1978), que se detalla en el anexo 55.

4.5.5 Índice de refracción.

NTP 209.121:1975 ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES. Método de determinación del índice de refracción, que se detalla en el anexo 56.

4.5.6 Densidad.

CODEX STAN 210 -1999 Norma del Codex para Aceites Vegetales, se detalla en el anexo 57.

4.5.7 Viscosidad

Se ha realizado con el viscosímetro Brookfield (AMETEX), siguiendo el procedimiento del manual (Manual No. M/98-350-D0902), se detalla en el anexo 58.

4.5.8 Perfil de ácidos grasos.

NTP 209.011:1966 ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES. Método para determinar la composición de los ácidos grasos por cromatografía de gases, el cual se detalla en el anexo 59.

4.5.9 Índice de acidez

Se ha establecido el procedimiento de (Matissek *et al.*, 1998), que se detalla en el anexo 60.

4.5.10 Índice de peróxido.

NTP 209.006:1968 ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES Método de determinación del índice de peróxido, se detalla en el anexo 61.

4.5.11 Índice de saponificación.

NTP 209.058:1980 ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES. Método de determinación del índice de saponificación, se detalla en el anexo 62.

4.5.12 Estabilidad oxidativa.

Se utilizó el método AOCS Cd 12b-92 en el Metrohm Rancimat utilizado por (Villanueva *et al.*, 2013), el cual se detalla en el anexo 63.

4.6 Diseño experimental y matriz de diseño.

Se analizó mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA), con un factor (desamargado de tarwi) con tres niveles (tres métodos de desamargado de tarwi) cada ensayo con tres replicas y una muestra patrón con las mismas replicas que los ensayos.

DCA es el más simple de todos los modelos para comparar dos o más tratamientos porque tiene en cuenta solo dos fuentes de variabilidad: el tratamiento y el error aleatorio. Este diseño se denomina completamente aleatorio porque todas las tareas experimentales se realizan en un orden completamente aleatorio. De esta forma, si se realizaron un total de N pruebas durante el estudio, se aleatorizaron para que los posibles efectos ambientales y temporales se distribuyeran uniformemente entre los tratamientos (Gutiérrez, 2015).

4.6.1 Modelo aditivo general para DCA.

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \dots\dots\dots \text{Ecuación. (08)}$$

$$i=1,2,3,4 \quad j=1, 2, \dots, 5$$

Y_{ij} = Son las características fisicoquímicas y estabilidad oxidativa de la muestra registrada con la i – ésimo método de desamargado en la j – ésimo en la muestra obtenido que es el aceite.

μ = Es el efecto de la media general de las características fisicoquímicas y estabilidad oxidativa del aceite obtenido.

τ_i = Es el efecto de la i - ésimo método de desamargado.

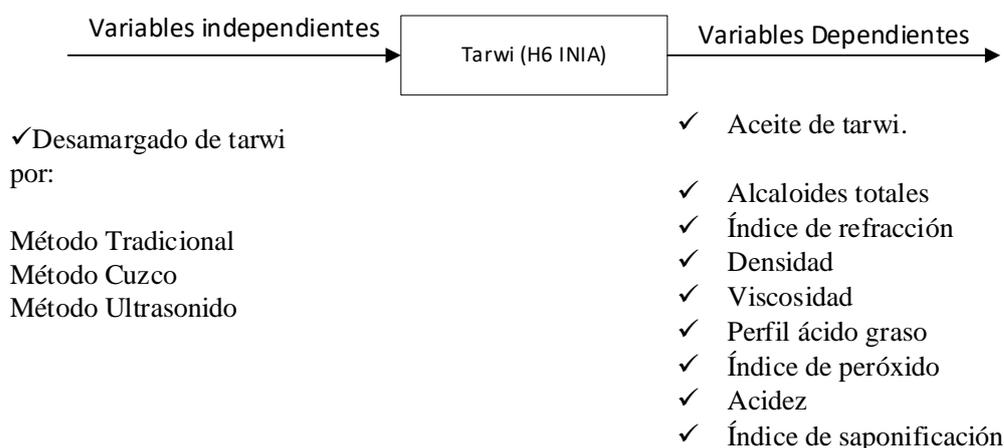
ε_{ij} = Es el efecto del error experimental en i – ésimo método de desamargado y la j – ésimo en el aceite obtenido.

Tabla 10.
Matriz del diseño de experimento.

Variables	Muestra patrón			Método de desamargado Tradicional			Método de desamargado por Cuzco			Método de desamargado por Ultrasonido		
	REPETICION			REPETICION			REPETICION			REPETICION		
Características fisicoquímicas	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Estabilidad oxidativa	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3

Identificación de variables.

Figura 11.
Identificación de Variables.



4.6.2 Diseño de contrastación

Se ha contrastado la experimentación dando las siguientes hipótesis estadísticas:

Existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación de 0.05 para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna. Por lo tanto, se afirma que al menos un método de desamargado de tarwi tiene efecto sobre las características fisicoquímicas y estabilidad oxidativa aceite del tarwi.

4.6.3 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos fueron procesados según un diseño completamente al azar con un factor y cuatro niveles para investigar el efecto sobre la variable respuesta propuesta para el estudio. Los datos se sometieron a un análisis de varianza que tuvo en cuenta los efectos del tratamiento, así como las fuentes, los productos y los grados de libertad de variación. Si se encontraban diferencias significativas, los valores medios de la variable respuesta (independiente de cada medida) se sometían a pruebas de comparación de rangos múltiples, la prueba de Dunnett y se evaluaban al 95% de nivel de confianza (Gutiérrez, 2015).

Tabla 11.
Elementos para el análisis de varianza para el DCA.

Tabla de ANÁLISIS DE VARIANZA						
Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fcal	Fcri	Sig.
Métodos desamargado	t-1	Sc (tra)	Sc(tra)/(t-1)	CM(Trat)/CM (error)		
Error	n-t	SC (error)	Sc (Error)/(n-t)			
Total	n-1	Sc (total)				

Fuente: (Gutiérrez, 2015).

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Alcaloides totales en la harina de tarwi desamargado por diferentes tratamientos.

Tabla 12.

Prueba de rango múltiple en alcaloides totales en harina de tarwi.

Tratamiento	Alcaloides totales (% de alcaloides totales)
T0	3.661 ± 0.006 ^c
T1	0.375 ± 0.049 ^b
T2	0.354 ± 0.004 ^b
T3	0.12 ± 0.005 ^a

Dónde: a,b,c,y d indican los grupos homogéneos.

Con respecto a los alcaloides totales según el ANOVA en el anexo 16, se muestra que hay suficiente evidencia estadística a un nivel de significación de 0.05 para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, que indica que al menos un método de desamargado del tarwi tuvo un efecto en el contenido de alcaloides totales.

a. Alcaloides totales

En el anexo 25 se muestra el valor promedio de la media según el gráfico para los alcaloides totales del tarwi obtenido con diferentes métodos de desamargado, sabiendo que el T0 es referido al porcentaje de alcaloides totales del tarwi sin desamargar obteniéndose el valor más valor alto siendo 3,661 % de alcaloides totales, seguido por 0,375 % de alcaloides totales en el método de desamargado tradicional (T1), 0,355 % de alcaloides totales en el método de desamargado Cuzco (T2), y por ultimo 0,12 % de alcaloides totales en el método de desamargado por Ultrasonido (T3). Al respecto Quispe (2015); reporta que en los granos sin desamargar hay presencia de alcaloides en un rango de 0.9 a 3% ya que se refiere a que hay variedades de tarwi dulce y amargo asimismo el lugar de procedencia infiere entre los diez genotipos de tarwi que estudiaron; los

diferentes métodos de desamargado que estudiaron obtuvieron presencia de alcaloides en un rango de 0.04 a 0.15% los cuales son inferiores a los que se reporta en esta investigación. Gross y Von Baer (1998), obtuvieron un alcaloide menor a 0.05%, esto de una variedad dulce, además otras variedades como Inti y Línea 2150, cuyos contenidos de alcaloides fueron de 0.00075% y 0.015% respectivamente lo cual indica que las variedades de tarwi tienen alcaloides otros en mayores y menores porcentajes debido a que la variedad es de diferentes pisos ecológicos. Suca y Suca, (2015) menciona que pese al alto valor nutritivo el tarwi no ha podido competir con otras leguminosas a pesar que otras poseen menores cualidades nutricionales, esta desventaja se debe a que el principal obstáculo es la presencia de alcaloides que es una sustancia amarga lo cual conlleva a realizar el proceso de desamargado que lleva varios días de tratamiento.

5.2 Características fisicoquímicas y estabilidad oxidativa del aceite de tarwi.

5.2.1 Características fisicoquímicas del aceite de tarwi.

De acuerdo el análisis de varianza que se muestra en los anexos 10, 11 y 12 se puede decir que las propiedades físicas del aceite de tarwi en los diferentes tratamientos tienen suficiente evidencia estadística a un nivel de significancia de 0.05 para rechazar la hipótesis nula y aceptar de la hipótesis alterna que significa que al menos un método de desamargado del tarwi tiene un efecto sobre la densidad, la viscosidad y el índice de refracción del aceite de tarwi.

En los anexos 13, 14 y 15 se muestra el análisis de varianza de las características químicas en los aceites de tarwi extraído por diferentes tratamientos. Se observa que existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación de 0.05 para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, que indica que al menos un método de desamargado del tarwi tuvo efecto sobre el índice de acidez, el índice de peróxido, el índice de saponificación y los alcaloides totales. Por otro lado, en los anexos 17, 18,19,

20 y 21, muestran los análisis de varianza de ácidos grasos, el cual permite demostrar que existe evidencia estadística suficiente a un nivel de significación de 0.05 para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, por lo tanto, al menos un método de desamargado de tarwi tiene efecto en la composición de ácidos grasos del aceite de tarwi, que produce el ácido palmítico, ácido esteárico, ácido oleico, ácido linoleico y el ácido araquídico. En cuanto al análisis de varianza en los anexos 22 y 23, se demuestra que no existe evidencia estadística suficiente al nivel de 0.05, debido a que v-P es mayor, por lo tanto, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, entonces se deduce que al menos un método de desamargado de tarwi no tiene efecto sobre el ácido cis-11-eicosenoico y el ácido behénico. Finalmente, en el anexo 24 se observa el análisis de varianza para la estabilidad oxidativa el cual indica que hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, el cual deduce que al menos un método de desamargado de tarwi no tiene efecto sobre la estabilidad oxidativa del aceite de tarwi.

Tabla 13.

Pruebas de rangos múltiples de Dunnett para las características físicas del aceite.

Tratamiento	Densidad (g/ml)	Viscosidad (cP)	Índice de refracción
T0	0.933 ± 0.002 ^a	180.000 ± 2.4 ^d	1.472 ± 0 ^a
T1	0.917 ± 0.002 ^a	129.133 ± 0.152 ^b	1.472 ± 0 ^a
T2	0.931 ± 0.002 ^c	135.767 ± 0.568 ^c	1.473 ± 0 ^b
T3	0.922 ± 0.001 ^b	112.700 ± 0.346 ^a	1.472 ± 0 ^a

Dónde: a,b,c,y d indican los grupos homogéneos.

a. Densidad

En el anexo 26 se observa el gráfico de medias para la densidad del aceite de tarwi desamargado por diferentes métodos no se traslapa, entonces una media es diferente que

las otras medias que se muestran, obteniéndose valores entre 0.917 y 0.933 g/ml (tabla 8). Respecto a los aceites, Vivanco (2018), obtuvo una densidad de 0.9058 a 0.9231 g/ml en aceite de tarwi que analizó, indica que la densidad es menor a mayor temperatura y viceversa, además menciona si la densidad varía es porque el medio de desamargado de tarwi influye y así mismo la temperatura hace efecto sobre la densidad de los aceites de tarwi. Quispe (2012), obtuvo una densidad de 0.919 g/ml en el aceite de tarwi, este valor comparado con la densidad de los demás aceites según la Norma CODEX STAN 33-1981 Norma de Codex para los Aceites de Oliva Vírgenes y los Aceites refinados de Orujo de Aceituna se tiene la densidad de 0.910 – 0.916g/ml, a una temperatura de 20°C y CODEX STAN 210 -1999 Norma del Codex para Aceites Vegetales Especificados da como valor para el aceite de soya 0.919 – 0.925g/ml, girasol 0.918 – 0.923g/ml y Palma 0.891 – 0.899 g/ml, todo estos valores están a una temperatura de 20°C, los cuales nos evidencian que los resultados que obtuvimos se asemejan a la densidad según la Norma CODEX STAN 33-1981. Arias y Guamán (2016), reporta que las variedades locales Tarwi INIAP 450 Andino y Ecotipo son las más adecuadas para la extracción de aceite debido a su baja densidad y por lo tanto alta flotabilidad y ligereza, que es una característica muy importante de los aceites comestibles, la densidad debe ser inferior a 1

b. Viscosidad

En el anexo 27, se muestra la media de la viscosidad en el aceite de tarwi desamargado con diferentes tratamientos, los cuales no se traslapan debido a que una media es diferente a la otra. Encontrándose valores entre 112.700 cP (tabla 8). Las investigaciones como de (Villacrés *et al.*, 2010) dan a conocer que la viscosidad de tarwi amargo refinado es 62,50 cP y el aceite con tratamiento de desamargado tiene un valor de 56.3 cP, además menciona que los aceites no refinados son más viscosos que el aceite refinado. Podríamos decir respecto a los resultados obtenidos en el T0, aceite de tarwi no desamargado tienen mayor

viscosidad que los demás aceites con tratamiento diferente en el desamargado. Navarrete (2010), reporta una viscosidad de 62,5 Cp para el aceite de tarwi crudo y desamargado, el aceite de tarwi amargo refinado tiene una viscosidad de 55,6 cP, y el tarwi desamargado refinado tiene una viscosidad de 56,3 cP, también algunos aceites vegetales tienen una viscosidad como la soya 52.1 cP; girasol 46.9 cP; oliva virgen 47,7 cP; oliva 46,9 cP; soya cruda 53,6 cP; soya refinado 52.1 cP, estos valores muestran que independientemente de su estado (crudo, refinado, amargo, refinado), el aceite de tarwi tiende a tener una mayor consistencia, un menor nivel de insaturación, todo depende del valor de la viscosidad, el aceite de tarwi contiene un alto peso molecular de ácidos grasos, mientras que los aceites de girasol y de oliva tienen un peso molecular más bajo.

c. Índice de refracción

En el anexo 28 se muestra la media del índice de refracción del aceite obtenido de diferentes tratamientos encontrándose un valor de 1.472 (tabla 8). al respecto Vivanco, (2018), menciona que el índice de refracción varía entre los rangos de 1.4703 a 1.4678 (temperatura de ambiente), de 1.4668 a 1.4688 (40 °C), de 1.4664 a 1.4678 (60 °C) esto en los aceites de tarwi con diferentes métodos de desamargado. Por otro lado, Suca y Suca (2015), obtiene un índice de refracción entre 1,4670 a 1,4720 en el aceite de tarwi, los cuales se asemejan a los resultados que se obtuvieron en los análisis que se realizaron en la tesis.

Tabla 14.

Pruebas de rangos múltiples de Dunnett para las características químicas del aceite.

Tratamiento	Índice de acidez (% de ácidos grasos libres)	Índice de peróxido (meq de O ₂ / g de muestra)	Índice de saponificación (meq de KOH / g de muestra)
T0	2.155 ± 0 ^a	1.333 ± 0.023 ^a	164.497 ± 0.073 ^a
T1	2.783 ± 0 ^b	4.52 ± 0 ^b	165.497 ± 0.256 ^b
T2	6.868 ± 0 ^c	2.133 ± 0.023 ^c	172.557 ± 0.215 ^c

T3	5,746 ± 0 ^d	1.413 ± 0.023 ^d	173.067 ± 0.472 ^c
----	------------------------	----------------------------	------------------------------

Dónde: a,b,c,y d indican los grupos homogéneos.

d. Índice de acidez.

En el anexo 29 se muestra la media del índice de acidez que no se traslapan, el T2 presentó el mayor índice de acidez de 6.868 % de ácidos grasos libres. Al respecto Villacrés et al., (2010) reportó que el aceite crudo proveniente del grano desamargado de tarwi presentó el índice de acidez 1,90 % expresado como porcentaje de ácido oleico, esto posiblemente debido a una mayor cantidad de ácidos grasos libres.

Salazar (2014), da a conocer el contenido de ácidos grasos libres en el aceite de semilla de almendra que es del 7,6 % (expresado en ácido oleico), el cual es superior al estándar establecido por Codex-Stan (1998) para aceites vírgenes y prensados en frío (4 %) pero inferior al asignado a límite de aceite de palma virgen (10%), como tal, puede considerarse un aceite de alta acidez que es susceptible de reacciones de hidrólisis, proceso en el que se producen ácidos grasos libres en los aceites al descomponerse los triacilgliceroles que lo forman. Sin embargo, el petróleo crudo se puede refinar a un valor de acidez de menos del 0,6%, el límite permitido por Codex-Stan para aceites comestibles refinados.

Según (Matissek *et al.*, 1998) los aceites no refinados o también llamados crudos contienen valores de entre 1-10 como se muestra en la tabla 4, por lo tanto, estos valores obtenidos están dentro del rango de valores que menciona el autor. También (Hernández y Pitre 2005) mencionan que, en comparación con el aceite crudo los ácidos grasos libres se reducen hasta en un 84 % en los aceites refinados y en el refinado físico del aceite de coco, los ácidos grasos libres en el aceite crudo se reducen hasta en un 72 %; esto demuestra la eficacia de los procesos físicos que reducen la acidez libre, que puede dar lugar a un sabor y olor desagradables en grasas y aceites.

e. Índice de peróxido.

En el anexo 30 y tabla 9 se muestra la media para el índice de peróxido, su valor determina el estado de oxidación e indica el deterioro que pueden sufrir ciertos nutrientes, como la vitamina E y se mide en miliequivalentes por kilogramo de especies reactivas de oxígeno, según Quispe, (2012) con un límite de 20 para el consumo, además indica el estado de oxidación primario de los ácidos grasos, es decir, la cantidad de especies reactivas de oxígeno (peróxidos) que poseen las sustancias con capacidad oxidativa. Y según Pascual *et al.*, (2021) obtuvo un valor de 2.7 meq O₂/kg mencionando que el (Codex Alimentario, 1999) indica como valor límite de índice de peróxido para aceites es 15 meq O₂/kg; así mismo (Quispe, 2012) reporta un valor de 5.1 meq O₂/kg; por lo tanto, se demuestra valores semejantes y muy debajo del límite como menciona la norma.

f. Índice de saponificación.

En el anexo 31 se observa la media para el índice de saponificación del aceite de tarwi en los diferentes tratamientos realizados, encontrando valores entre 164.497 y 173.067 meq de KOH / g de muestra, los cuales indican que los T2 y T3 son los que contienen mayor índice de saponificación que indica una alta pureza de aceite esto debido a que se encuentran dentro de los límites establecidos por el Codex Alimentarius, la cual considera normales valores entre 184 a 196 miligramos de KOH por gramo de muestra. Quispe (2012), obtuvo un valor de 184 mg de KOH/g para el índice de saponificación, Suca y Suca, (2015); reportan un valor de 191.5 para aceite crudo, así mismos valores de 188.0 y 188.2 mg de KOH por gramo de muestra.

Villacrés *et al.*, (2010), dan a conocer el índice de saponificación del aceite de tarwi oscila entre 188,2 para productos refinados y 191,5 e mg KOH/g para aceite crudo, en base a este parámetro se puede concluir que la cadena media está dominada por ácidos grasos de tarwi, similares al aceite de oliva, con una saponificación índice. igual a 188,1 mg

KOH/g, por lo que el índice de saponificación del aceite crudo y de los aceites refinados de trigo se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma técnica del Codex.

g. Perfil ácido graso del aceite de tarwi.

Tabla 15.

Pruebas de rangos múltiples de Dunnett para el perfil ácido graso del aceite.

Perfil ácido graso (g/100 ml de aceite)	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
Ácido palmítico	7.716 ± 0.128 ^b	6.946 ± 0.143 ^a	7.013 ± 0.065 ^a	7.013 ± 0.023 ^a
Ácido esteárico	1.156 ± 0.011 ^b	1.07 ± 0.017 ^a	1.066 ± 0.015 ^a	1.09 ± 0 ^a
Ácido oleico	30.05 ± 0.337 ^b	29.533 ± 0.548 ^b	27.996 ± 0.255 ^a	27.996 ± 0.255 ^a
Ácido linoleico	24.746 ± 0.316 ^c	23.433 ± 0.417 ^b	22.483 ± 0.180 ^a	22.483 ± 0.180 ^a
Ácido araquídico	0.4 ± 0.01 ^c	0.366 ± 0.011 ^b	0.333 ± 0.005 ^a	0.333 ± 0.005 ^a
Ácido cis 11 eicosenoico	0.266 ± 0.056 ^a	0.25 ± 0.036 ^a	0.213 ± 0.020 ^a	0.245 ± 0.034 ^a
Ácido behénico	0.286 ± 0.023 ^a	0.273 ± 0.055 ^a	0.236 ± 0.023 ^a	0.25 ± 0.017 ^a

Dónde: a,b,c,y d indican los grupos homogéneos.

Ácido palmítico (C16: 0).

En la tabla 10 y el anexo 32, se observa la media del ácido palmítico en el aceite de tarwi extraído con diferentes métodos de desamargado ante un tratamiento blanco (aceite de tarwi amargo). Por otro lado, tenemos valores de ácido palmítico en distintas variedades de tarwi con o sin tratamientos de desamargado según diferentes autores; cómo, Pascual *et al.*, (2021) que mencionan que el ácido palmítico en el aceite de tarwi variedad “andenes” tiene un ácido graso saturado C16:0 palmítico de 8.60 ± 0.2 % , Villacrés *et al.*,(2013) reportan 10.34 y 10.70 de % ácidos grasos en el aceite de tarwi crudo desamargado, para la variedad INIAP-450 aceite crudo 10.60 % y 10.57 % de ácidos grasos para aceite de tarwi desamargado INIAP-451 y finalmente para el aceite crudo de tarwi 10.53 % de ácidos grasos y 10.76 % de ácidos grasos para tarwi criollo; Villacrés *et al.*, (2010) reportan 11.71% de ácido palmítico para aceite de tarwi, los cuales varían de acuerdo a la variedad del tarwi.

Ácido Esteárico (C8: 0)

En el anexo 33 y figura 20, se observa que la muestra patrón contiene mayor ácido esteárico a comparación de los demás aceites de tarwi con diferentes métodos de desamargado, los cuales tiene valores menores que el aceite de tarwi sin desamargar. El ácido esteárico es un ácido graso saturado presente en los aceites animales y vegetales, ampliamente utilizado en la fabricación de velas, jabones y cosméticos, es el ácido graso más insalubre porque contiene una sustancia que aumenta los niveles de colesterol en la sangre (Bailey, 1984).

Pascual *et al.*, (2021) reporta un valor de 7.10% de ácido esteárico para variedad Andenes por lo tanto podemos deducir que la variedad también influye, además (Hatzold *et al.*, 1983) y (Gross *et al.*, 1983) dan a conocer la composición de ácidos grasos para aceite refinado de tarwi 4.7%, para aceite dulce de tarwi variedad inti 3.0%, aceite de tarwi dulce variedad “Line 2150” 2.8%, aceite de tarwi desamargado variedad anadino 7.3%, tarwi amargo variedad andino 8.5%, tarwi semidulce 7.8% de ácidos grasos los que fueron reportados en la tabla de resultados de Suca y Suca, (2015).

Ácido Oleico (C18: 1n9c).

En el anexo 34, se observa que la muestra (T0) aceite de tarwi sin desamargar es la que está disperso con un valor de media mayor en comparación del tratamiento aceite de tarwi desamargado por método tradicional (T2), aceite de tarwi desamargado por método de Cuzco (T1) y finalmente el aceite de tarwi desamargado por Ultrasonido (T3) quienes se traslapan. Villacrés *et al.*, (2010), en cuanto a los aceites comestibles de cereales amargos y refinados, tanto crudos como refinados, contienen una proporción importante de ácido oleico (48%), mientras que el aceite de soja y el de girasol tienen un contenido medio de ácido oleico del 22%, pero al comparar estos valores insistimos que no supere la concentración existente de aceite de oliva virgen con un 76% de ácido oleico. Villacrés

et al., (2013), presenta valores de ácido oleico para la variedad de tarwi INIAP-450; un 51.13% para aceite crudo y 45.80% para aceite de tarwi desamargado; por otro lado, para la variedad INIAP-451; el aceite crudo 49.07%, para el aceite de tarwi desamargado 48.86%, para la variedad criollo obtuvo 46.16% finalmente 46.14% de ácido oleico del análisis del aceite de tarwi desamargado. Pascual *et al.*, (2021) reportaron los ácidos grasos monoinsaturados (ácido oleico), para el aceite obtenido de la variedad andenes un valor de 56.2%; lo que indica que es un ácido graso esencial para el organismo porque lo requiere para su normal funcionamiento. Suca y Suca (2015), a través de su investigación mencionan que el contenido de grasa en el aceite de tarwi es muy significativo, considerando que las principales fuentes oleaginosas presentan contenidos incluso menores con respecto a esta leguminosa; haciendo un reporte del contenido de ácido oleico en diferentes muestras de tarwi estudiadas; 42.3% para aceite refinado de tarwi, 41.7% asimismo para el aceite de tarwi dulce “Inti”; un 41.2%, seguido para el aceite de tarwi dulce “Line”; 52.5% ; el aceite de tarwi desamargado variedad “Andino”; presenta 54% de ácido oleico, el aceite tarwi amargo variedad “andino” contiene 53.9% los cuales también fueron reportados por (Hatzold *et al.*, 1983) y (Gross *et al.*, 1983).

Ante este argumento podemos deducir que los valores encontrados en cada uno de los tratamientos estudiados y la variedad del tarwi en esta investigación son similares a los porcentajes de ácido oleico del aceite de soya y girasol, por lo tanto, cada variedad de tarwi contiene diferentes ácidos grasos otros mayores que los otros.

Ácido Linoleico (C18: 2n6c) omega 6.

En el anexo 35 se observa que T0 (tarwi sin desamargar) contiene 24,746%, seguido de T1 con 23,433%, y los tratamientos T2 y T3 con 22,483% de ácido linoleico.

Hatzold *et al.*, (1983) y (Groos *et al.*, 1983); reportan diferentes valores del contenido de ácido linoleico: 34,1% para el aceite de tarwi refinado y 38,8% para el aceite de tarwi

dulce “Inti”; por otro lado, 39,6% para el aceite de tarwi Semi-Dulce “Línea 2150”; el aceite de tarwi desamargado variedad “andino” también tuvo 28,4%, seguido del tarwi amargo variedad “Andino” con 37,1% y el tarwi semidulce con 25,9%.

Pascual *et al.*, (2021), obtuvo un 23.5 % de ácido linoleico en el aceite de la variedad Andenes, por otra parte, Tapia 2016, menciona que el valor nutritivo del aceite obtenido del grano de tarwi variedad Kayra, Altagracia, andenes 80, Yunguyo, blanca de Cajamarca, puno y precoz cica contiene un promedio 37.1% de ácido linoleico.

Villacrés *et al.*, (2010), reportan que los aceites de tarwi contienen un valioso aporte nutricional como fuente de ácidos grasos esenciales dando un valor de 28.17% de ácido linoleico, por consiguiente, indican que los valores del perfil ácido graso se asemejan al aceite de soya y recomiendan su consumo en ensaladas.

Asimismo (Villacrés *et al.*, 2013), presenta valores del porcentaje de ácido linoleico en aceites de tres variedades de tarwi que estudiaron; 27.84% para aceite de tarwi crudo; 33.46% para aceite de tarwi desamargado, en la variedad INIAP-450; 29.14% para aceite de tarwi crudo y 29.15% en aceite de tarwi desamargado en la variedad INIAP-451; 31.50% para aceite de tarwi crudo y 30.55% de aceite de tarwi desamargado en la variedad criollo.

Por tanto, el ácido linoleico presente en el aceite de tarwi variedad H6-INIA estudiado en este estudio, se encuentra dentro del rango de valores reportados por diversos autores con base en la bibliografía, y algunos estudios preliminares han demostrado que el aceite es una buena fuente de ácidos grasos esenciales omega 3, 6 y 9, además contiene baja concentración de AG-omega 3 (Villacrés *et al.*, 2010).

Ácido Araquídico (C20: 0)

El anexo 36 muestra la media de los diferentes tratamientos por ello tenemos 0.4% T0 (aceite de tarwi sin desamargar), lo que indica que posee un mayor porcentaje de ácido araquídico, luego tenemos 0.366% T1 (aceite de tarwi desamargado por método tradicional), 0.333% T2 (aceite de tarwi desamargado por método Cuzco) y finalmente obtenemos 0.333% T3 (aceite de tarwi desamargado por Ultrasonido).

Suca y Suca (2015), muestra valores del ácido araquídico en diferentes aceites de tarwi, reportando 0.2% para el aceite de tarwi amargo variedad “andino” y 0.6% para tarwi semidulce; del mismo modo presenta valores del contenido del ácido araquídico de los aceites de maní y soya que contiene (0.6% y 0.4%) respectivamente.

Además (Pascual *et al.*, 2021); da a conocer el contenido de ácido araquídico del aceite de tarwi variedad Andenes como resultado de 0.74%; puesto que se considera al dicho ácido como parte de los ácidos grasos saturados que es un constituyente del aceite de maní.

Ácido cis-11-Eicosenoico (C20:1)

De acuerdo al anexo 37, se observa que T0 (aceite de tarwi sin desamargar) contenía 0,266 %, seguido de T1 (aceite de tarwi desamargado por método tradicional) con 0,255 %, T2 con 0,213 % (aceite de tarwi desamargado de Cuzco) y finalmente T3 (aceite de tarwi desamargado por ultrasonido) con 0,245% de ácido cis-11-eicosenoico.

Pascual *et al.*, (2021), reporta 0.08% de ácido cis-11- eicosenoico en el aceite de tarwi variedad Andenes, por tanto, el valor obtenido en los diferentes tratamientos que se reporta en la presente tesis se encuentra muy encima del valor que menciona el autor, de modo que se puede deducir que la variedad H6-INIA contiene el ácido cis-11- eicosenoico es un ácido graso monoinsaturado omega-9 que se encuentra en una variedad de aceites vegetales y nueces; en particular el aceite de jojoba.

Ácido Behénico (C22: 0)

El anexo 38 muestra que T0 (aceite de tarwi sin desamargar) contiene 0,286 % de ácido behénico, seguido de T1 (aceite de tarwi desamargado por método tradicional) al 0,273% luego T2 (aceite de tarwi desamargado por método Cuzco) con 0,236 % y finalmente 0.25% T3 (aceite de tarwi desamargado por Ultrasonido).

Pascual *et al.*, (2021), reportan el contenido de ácido behénico del aceite de tarwi en la variedad Andenes dando valor de 0.67%, asimismo (Navarrete, 2010) en su investigación reporta 0.2% de ácido behénico como composición química del aceite del grano de *Lupinus Mutabilis*, lo que significa que la presencia de aminoácidos es de suma importancia ya que incide en sus propiedades funcionales asimismo en la calidad proteica (Argomedeo, 2018).

Arias y Guamán (2015), mediante los resultados que obtuvo presenta 0.72% de ácido behénico para la variedad de tarwi Ecotipo local, demostrando que existe en su composición mayor contenido de ácidos grasos insaturados y ácidos grasos esenciales los cuales son importantes y característicos de un aceite de calidad.

Sven y Mujica (2006), muestran el valor del ácido behénico del aceite de tarwi dando como resultado de 0.2 %, de manera similar en la investigación realizada se obtuvo con valores cercanos a los autores que mencionaron datos similares.

5.2.2 Estabilidad oxidativa del aceite de tarwi.

En el anexo 24, se muestra el Análisis de Varianza para la estabilidad oxidativa del aceite de tarwi, que permitió probar lo siguiente: existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significancia de 0.05 para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, lo que indica que al menos un método de desamargado de tarwi tiene efecto sobre la estabilidad oxidativa en el aceite de tarwi.

Tabla 16.

Prueba de rangos múltiples de Dunnett para estabilidad oxidativa.

Tratamiento	Estabilidad oxidativa (horas)
T0	19.74 ± 0.389 ^c
T1	5.5 ± 0.045 ^b
T2	2.97 ± 0.080 ^a
T3	5.7 ± 0.112 ^b

Donde a,b,c,y d indican los grupos homogéneos.

En el anexo 39, se muestra la media en el tiempo de detención por efecto de la temperatura y una corriente de aire filtrado que se burbujeó en la muestra del aceite, debido a la conductividad del agua que se anotó continuamente por lo que tenemos los siguientes valores: 19.74 horas para el T0 (aceite de tarwi sin desamargar), 5.5 horas para T1 (aceite de tarwi desamargado por método tradicional); 2.97 horas para el T2 (aceite de tarwi desamargado por el método Cuzco) y finalmente 5.7 horas para T3 (aceite de tarwi desamargado por Ultrasonido), lo que indica que el aceite obtenido del grano de tarwi sin desamargar es uno de los más estables en términos de oxidación, mientras que los aceites que han sido tratados de manera diferente han demostrado ser susceptibles a la oxidación, por lo que a las pocas horas se vuelven rancios debido a que a la rancidez oxidativa también conocida como autooxidación (Villanueva *et al.*, 2013),

Alberca y Huanca (2015), Indica que la estabilidad oxidativa en aceite de girasol virgen produce altas concentraciones de ácido oleico (80%), alcanzando los siguientes valores OSI de $2,9 \pm 0,1$, $3,0 \pm 0,1$ y $3,1 \pm 0,1$ h a 140°C , y 15 bajo ciertas condiciones temperatura., Caudal de 20 y 25 L/h.

CONCLUSIONES

El desamargado del tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) tuvo efecto sobre las propiedades fisicoquímicas y la estabilidad oxidativa del aceite de tarwi debido a la presencia de alcaloides totales por lo que se realiza el desamargado por diferentes métodos.

El desamargado del tarwi según el ANOVA tuvo efecto en las características fisicoquímicas del aceite del tarwi (H6 INIA) lo que indica que, las características fisicoquímicas son similares a otras variedades de aceite de tarwi. Respecto a la densidad, viscosidad, índice de refracción, índice de acidez, ácidos grasos libres, índice de peróxido, índice de saponificación y por último el perfil ácido graso permitió determinar que el aceite presenta valioso aporte nutricional como fuente de ácidos grasos, entre ellos se encontró ácido palmítico, ácido esteárico, ácido oleico, ácido linoleico, ácido araquídico, ácido cis-11 Eicosenoico y el ácido behénico.

La estabilidad oxidativa del aceite de tarwi presentó valores altos, debido a la presencia de compuestos con actividad antioxidante, mostrando una mayor estabilidad oxidativa el aceite extraído por el método ultrasonido respecto al aceite extraído del tarwi sin desamargar.

El aceite de tarwi contiene composición nutricional cercana a los demás aceites vegetales, los cuales hacen que revaloremos y recuperemos nuestros alimentos andinos.

RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar estudios en la harina del tarwi, que queda cómo sub producto de la extracción del aceite, para su utilización cómo fuente proteica.
- ✓ Analizar el agua de desamargado en cada tratamiento, para su utilización en la agricultura u otras actividades.
- ✓ Realizar la refinación del aceite para analizar el índice insaponificable, índice de yodo, índice de color y determinar la vida útil del aceite.
- ✓ Realizar estudios en aceites de las diferentes variedades de tarwi que existe en la provincia de Andahuaylas, para tener una data de la caracterización.
- ✓ Efectuar el diseño de una planta industrial de desamargado de tarwi en la provincia de Andahuaylas para mejor utilización en la industria y consumo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, y Torres. (2015). *Extracción de aceite de chia (salvia hispánica l.) por el método de prensado continuo (Expeller) y discontinuo (hidráulico) de las regiones de Cusco y Arequipa*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 98.
- Allende, Calderón, y Castillo. (2019). *Carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias industrialización de productos en base a tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) desamargado con una bebida funcional* Lourdes Constantina Calderón Bazán Lima – Perú.
- Arce. (2015). *Diseño de una prensa tipo Expeller para el proceso de extracción de aceite a partir de semillas oleaginosas, mediante la metodología de ingeniería inversa*. 6.
- Arias, y Guamán. (2015). *Innovación y transferencia tecnológica*.
- Ayala, G., y Andinas, R. (2004). *Aporte de los cultivos andinos a la nutrición humana. Raíces Andinas: Contribuciones al conocimiento y a la capacitación*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. p, 101–112.
- Calupiña, y Tipán. (2018). *Estudio del estado del arte de tres tipos de desamargado (tradicional, fermentación y germinación) de dos ecotipos de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) y de dos índices de madurez, para determinar su factibilidad*. Universidad Técnica De Cotopaxi Facultad, 1, 101.
- Carvajal-Larenas, F. E., Linnemann, A. R., Nout, M. J. R., Koziol, M., y van Boekel, M. A. J. S. (2016). *Lupinus mutabilis: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(9), 1454–1487. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.772089>
- Catalán, J. S., Agüero, S. D., y García, J. T. (2015). *Los ácidos grasos dietarios y su relación con la salud. Nutrición Hospitalaria*, 32(3), 1362–1375. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.3.9276>
- Chirinos. (2015). *Tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) una planta con potencial nutritivo y medicinal*. Revista Bio Ciencias [Http://Revistabiociencias.Uan.Edu.Mx](http://Revistabiociencias.Uan.Edu.Mx), 3(3), 163–172.
- Cordova, J. S. (2020). *Componentes de valor funcional y proteico antes y después de la extrusión y secado en tarwi (Lupinus mutabilis) desamargado*. 1–108.

- Galarraga. (2015). *Diseño de una prensa de tornillo tipo Expeller para la extracción de aceite vegetal virgen de la semilla de maíz, para uso comestible*. 3(7), 59–78.
- Gutiérrez Ana, Infantes Marcos, Pascual Gloria, y Zamora Johnatan. (2016). *Evaluación de los factores en el desamargado de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet)*. *Agroindustrial Science*, 5(1), 127–132.
- Hernández, C., y Pitre, A. M. (2005). *Extracción y purificación del aceite de la almendra del fruto de la palma de corozo (Acrocomia aculeata)*. *Revista INGENIERÍA UC*, 12(1), 68–75.
- Marset, J. B., Comas, M. T., Manera, M., y Baladia, E. (2009). *Dietética Ácido esteárico y salud cardiovascular*. 13(4), 161–172.
- Matissek, Schnepel, y Steiner. (1998). Universidad nacional del sur d. 0291, 4595130.
- Metrohm. (2017). 892 Professional Rancimat.
- Mexicana, N. (1996). *Asymmetry in forward exchange rate bias: A puzzling result*. *Economics Letters*, 50(3), 407–411. [https://doi.org/10.1016/0165-1765\(95\)00759-8](https://doi.org/10.1016/0165-1765(95)00759-8)
- Minaya, y Terrazos. (2016). *Viscosidad de una salsa de Tarwi (Lupinus mutabilis) libre de Gluten y lactosa utilizando gomas Guar y Xantan*. *Revista de Investigaciones de La Universidad Le Cordon Bleu*, 3(1), 29–40. <https://doi.org/10.36955/riulcb.2016v3n1.003>
- Navarrete. (2010). *“Extracción, Refinación, y Caracterización Físico Química y Nutraceútica del Aceite de Tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet).”* Previa a La Obtención Del Título De Bioquímico Farmacéutico, 1–210.
- Navas Hernández, P. B. (2010). *Componentes minoritarios y propiedades antioxidantes de aceites vírgenes y tortas residuales obtenidos por presión en frío a partir de fuentes vegetales convencionales y no convencionales*. 307.
- Orlando, D. J. (2011). *Aplicación del ultrasonido en la industria de alimentos*.
- Oswaldo Acuña, C. S. (2010). *Estudio de las propiedades físicas y funcionales de un hidrolizado enzimático de proteína de tarwi a escala piloto y su aplicación como fertilizante*. *Departamento de Ciencias de Los Alimentos y Biotecnología*, 29, 78–85.

- Pascual, Cruz, S., Hidalgo, Benavente, Pérez, Sotelo, Paucar, y Encina. (2021). *Lupinus mutabilis* oil obtained by expeller press: Yield, physicochemical characterization, antioxidant capacity, fatty acids and oxidative stability analyses. *Scientia Agropecuaria*, 12(2), 219–227. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2021.025>
- Quispe. (2012). TESIS “Extracción y caracterización del aceite de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet).” Universidad Nacional Del Altiplano - Facultad De Ciencias Agrarias. Escuela Profesional De Ingeniería Agroindustrial., 121.
- Quispe, D. (2015). *Composición nutricional de diez genotipos de lupino (L. mutabilis y L. albus) desamargados por proceso acuoso*. Universidad Nacional Agraria La Molina, 215.
- Rayo, C. (2020). “Los alcaloides del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) Y su uso en el control de malezas de costa.” 76.
- Robles, y Ochoa. (2012). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81325441002>. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 13(2), 109–122.
- Rodriguez. (2009). *Evaluación “in vitro” de la actividad antibacteriana de los alcaloides del agua de desamargado del tarwi (lupinus mutabilis sweet)*”. Diseño de Un Manual de Control Interno para el Departamento Financiero En La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-Riobamba, Aplicando La Nueva Normativa y Herramientas Informáticas Que Rigen Para El Sector Público En El Año 2009, 1, 1–83.
- Seguil, C., Egas, E., Avilez, J., Blas, C., y Huamanlazo, M. (2019). *Evaluación de la extracción de alcaloides de la semilla de tarwi (Lupinus mutabilis), por microondas, ultrasonido y convencional*. *Journal of Agri-Food Science*, 1(1), 37–46.
- Suca, G. R. A., y Suca, C. A. A. (2015). *Potencial del tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial*. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 18(2), 55–71.
- Sven, y Mujica. (2006). *El tarwi (Lupinus mutabilis Sweet.) y sus parientes silvestres*. *Botanica Economica de Los Andes Centrales-* Universidad Mayor de San Andrés, 458–482.

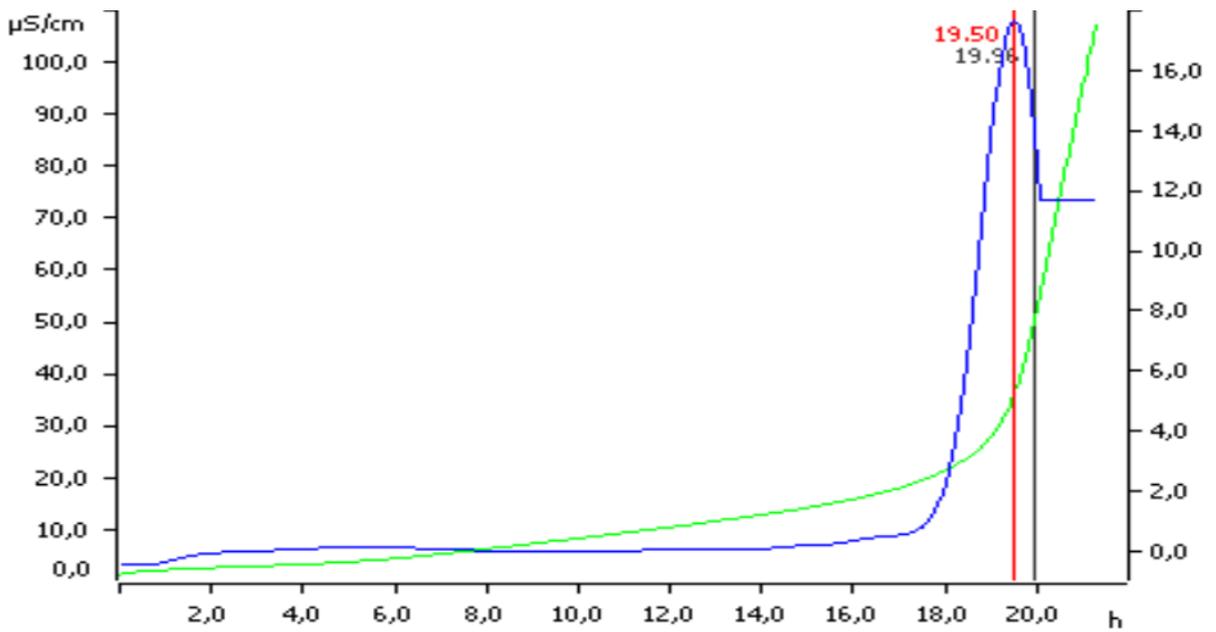
- Tapia Nuñez, M. E. (2015). El Tarwi, Lupino Andino. *El Tarwi, Lupino Andino*, 1–108.
- Tintaya. (2017). *Determinación de las propiedades físicas, químicas y nutricionales de harina instantánea de tarwi (Lupinus tomentosus)*. 89.
- Villacrés, E., Navarrete, M., Lucero, O., Espín, S., y Peralta, E. (2010). *Evaluación del Rendimiento, Características Físico-Químicas y Nutraceuticas del Aceite de Tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)*. *Revista Tecnológica ESPOL-RTE*, 23, 57–62.
- Villacrés, Pástor, Quelal, Zambrano, y Morales. (2013). *Effect of processing on the content of fatty acids, tocopherols and sterols in the oils of quinoa (Chenopodium quinoa Willd), lupine (Lupinus mutabilis Sweet), amaranth (Amaranthus caudatus L.) and sangorache is (Amaranthus quitensis L.)*. *Global Advanced Research Journal of Food Science and Technology*, 3(4), 44–53.
- Villanueva, E., Rodríguez, G., Aguirre, E., y Castro, V. (2017). *Influence of antioxidants on oxidative stability of the oil Chia (Salvia hispanica L.) by rancimat*. *Scientia Agropecuaria*, 8(1), 19–27. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.01.02>
- Villanueva López, E., Castillo Benites, D., y Rodríguez Páucar, G. (2013). *Influence of the Rancimat parameters on the determination of oxidative stability index of Sesamum Indicum L. Oil*. *Scientia Agropecuaria*, 173–180. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2013.03.03>
- Vivanco. (2018). Universidad nacional José María Arguedas facultad de ingeniería. *Agroindustrial Science*, 2(2), 1–53.
- Zavaleta, A. (2018). *Lupinus mutabilis (Tarwi) Leguminosa andina con gran potencial industrial*.

ANEXOS

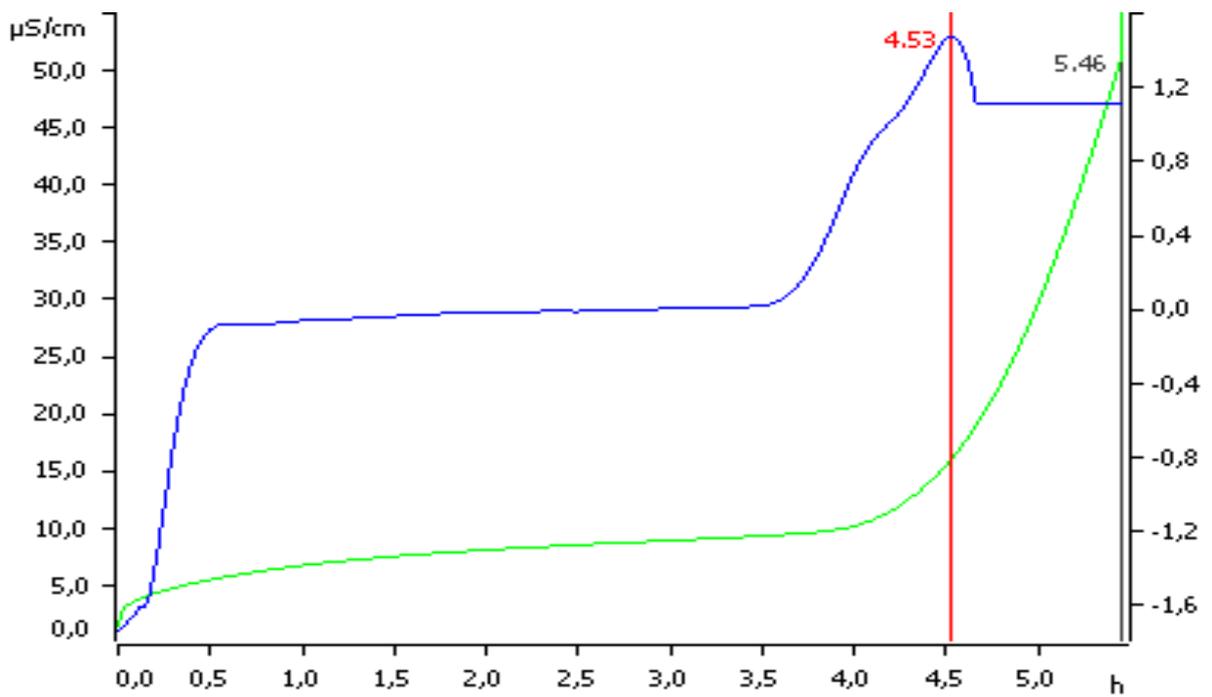
Anexo 1. Características fisicoquímicas del aceite de tarwi.

Muestra	Densidad g/ml	Viscosidad (cP)	Índice de Refracción	Índice Saponificación (Meq KOH/g de muestra)	Índice Peróxido (Meq de O₂/g)	Índice Acidez (% de ácidos grasos libres)
T0	0,915	177,6	1,472	164,470	1,360	2,155
T0	0,911	180,0	1,472	164,440	1,320	2,155
T0	0,914	182,4	1,472	164,580	1,320	2,155
T1	0,914	129,0	1,472	165,650	4,520	2,783
T1	0,919	129,3	1,472	165,200	4,520	2,783
T1	0,919	129,1	1,472	165,640	4,520	2,783
T2	0,929	135,3	1,473	172,760	2,160	6,868
T2	0,932	135,6	1,473	172,330	2,120	6,868
T2	0,934	136,4	1,473	172,580	2,120	6,868
T3	0,923	112,5	1,472	173,600	1,440	5,746
T3	0,921	112,5	1,472	172,700	1,400	5,746
T3	0,922	113,1	1,472	172,900	1,400	5,746

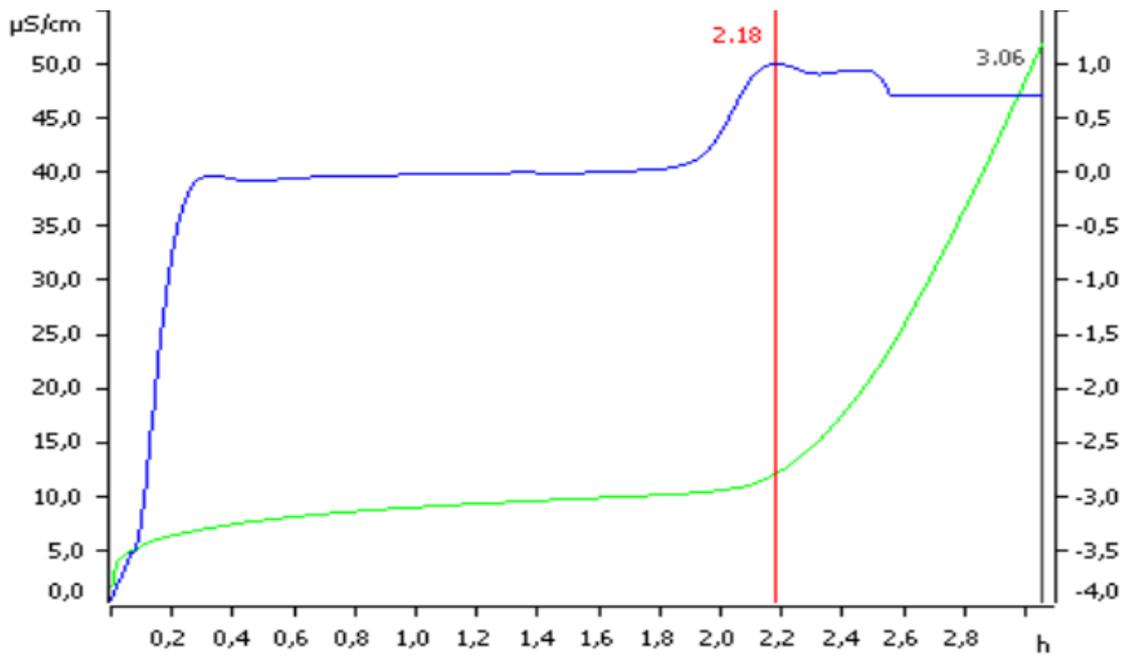
Anexo 2. Gráfico de la Estabilidad Oxidativa del aceite de tarwi (T0).



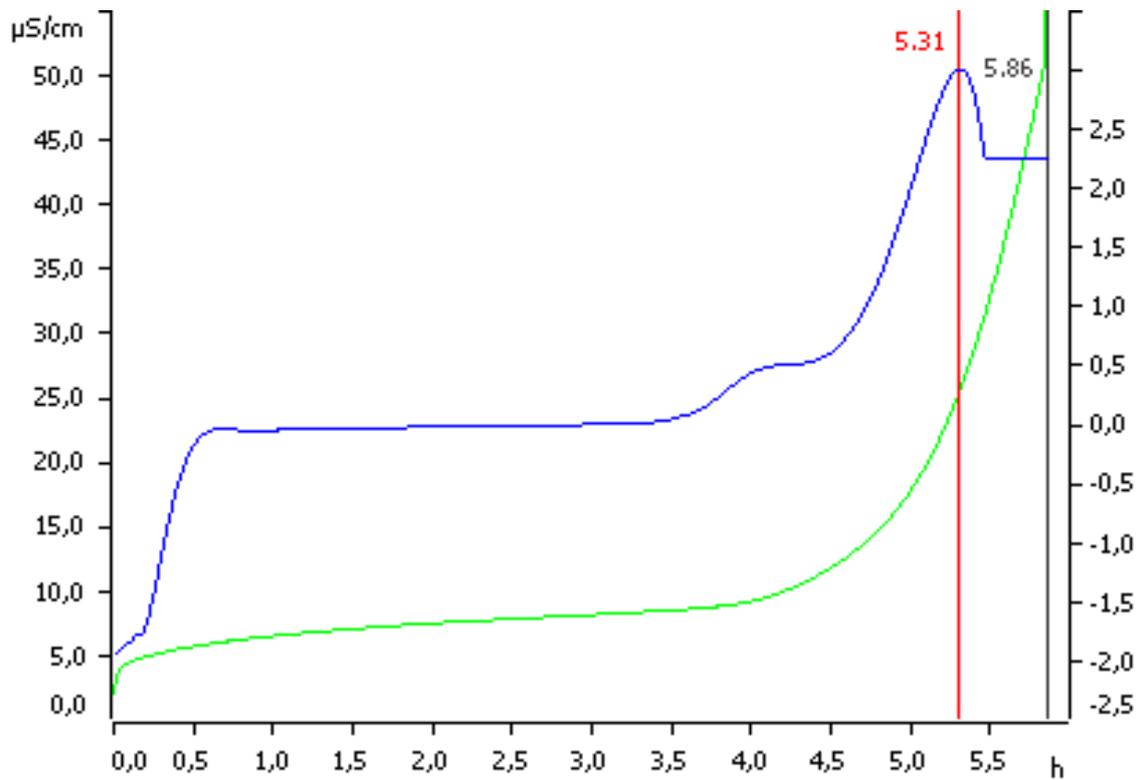
Anexo 3. Gráfico de la Estabilidad Oxidativa del aceite de tarwi (T1).



Anexo 4. Gráfico de la Estabilidad Oxidativa del aceite de tarwi (T2).

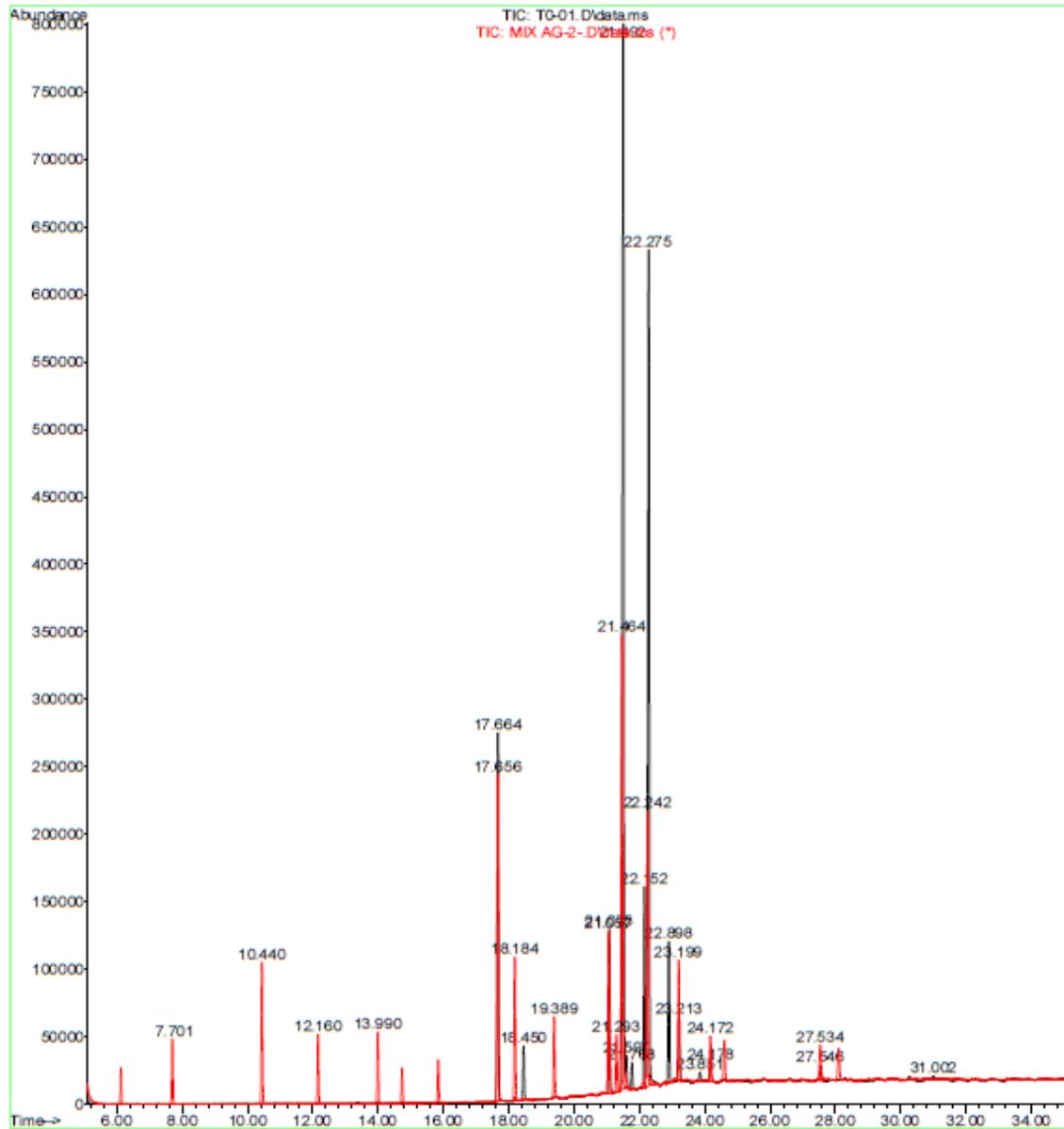


Anexo 5. Gráfico de la Estabilidad Oxidativa del aceite de tarwi (T3).



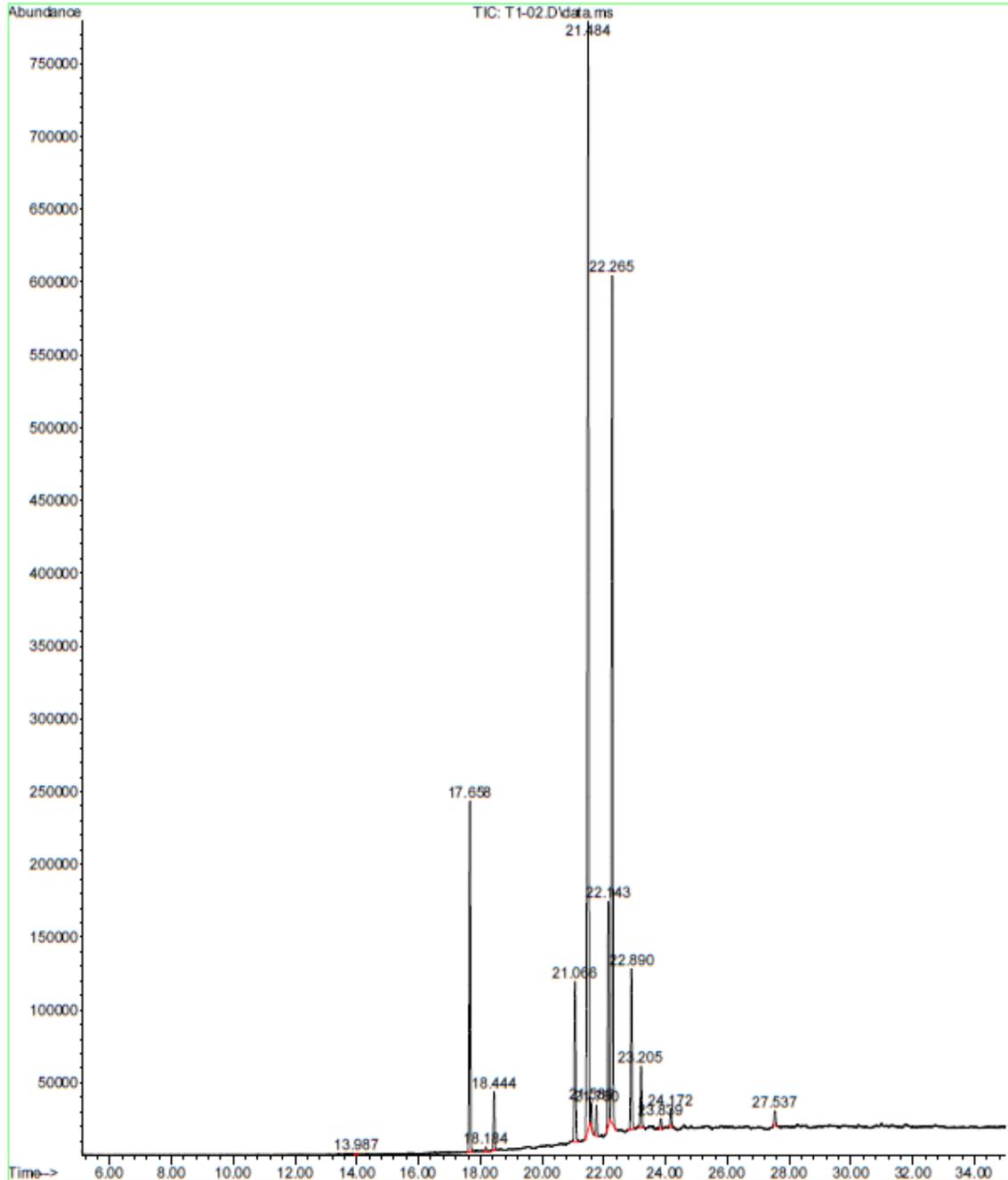
Anexo 6. Cromatograma para el aceite de tarwi (T0).

File :D:\DATA MSD\ACIDOS GRASOS\2021\VACEITE\T0-01.D
Operator : JCHP
Acquired : 26 Oct 2021 13:34 using AcqMethod AG-20M.M
Instrument : UNSAAC
Sample Name: T0-01
Misc Info :
Vial Number: 1



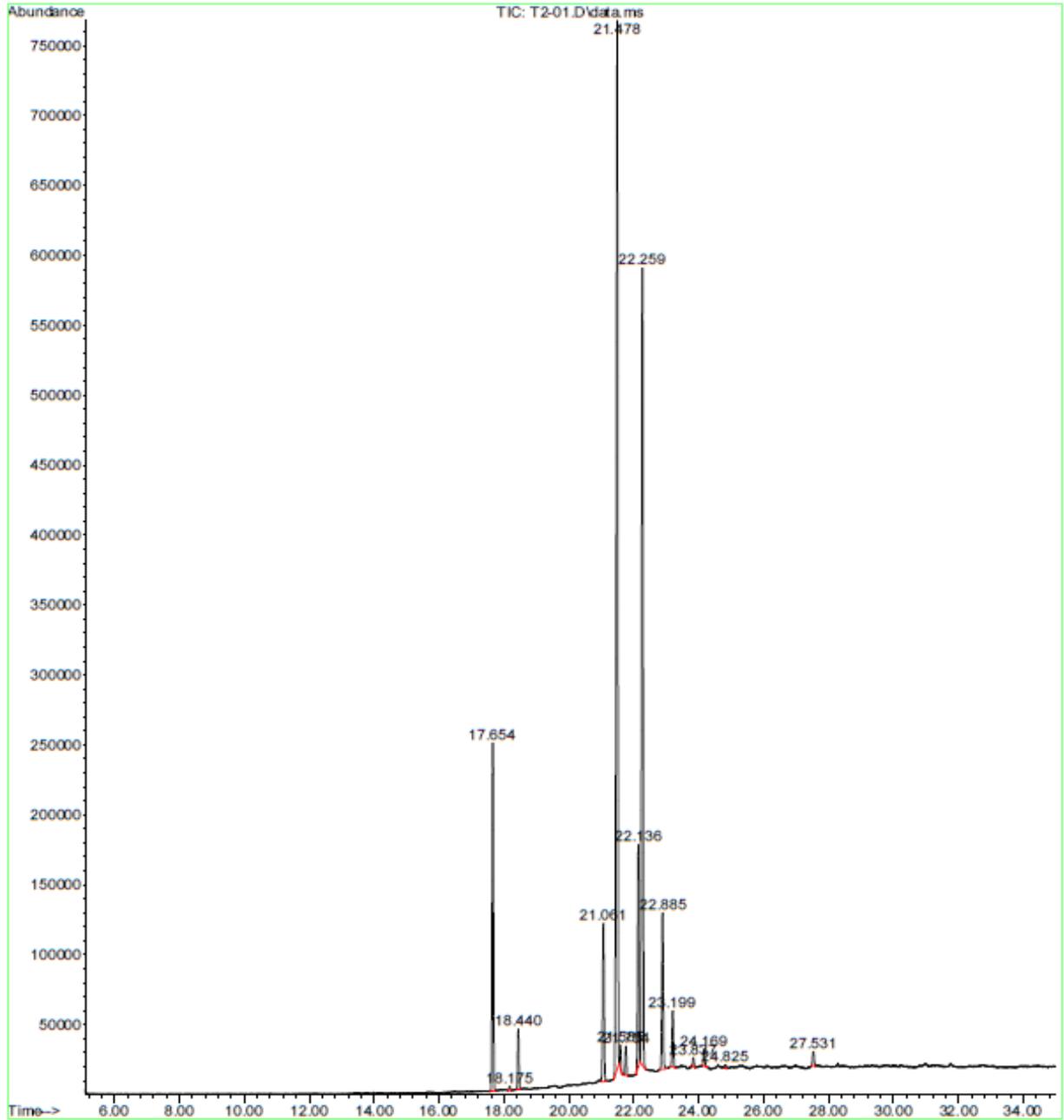
Anexo 7. Cromatograma para el aceite de tarwi (T1).

File : D:\DATA MSD\ACIDOS GRASOS\2021\ACEITE\T1-02.D
Operator : JCHP
Acquired : 26 Oct 2021 14:49 using AcqMethod AG-20M.M
Instrument : UNSAAC
Sample Name: T1-02
Misc Info :
Vial Number: 2



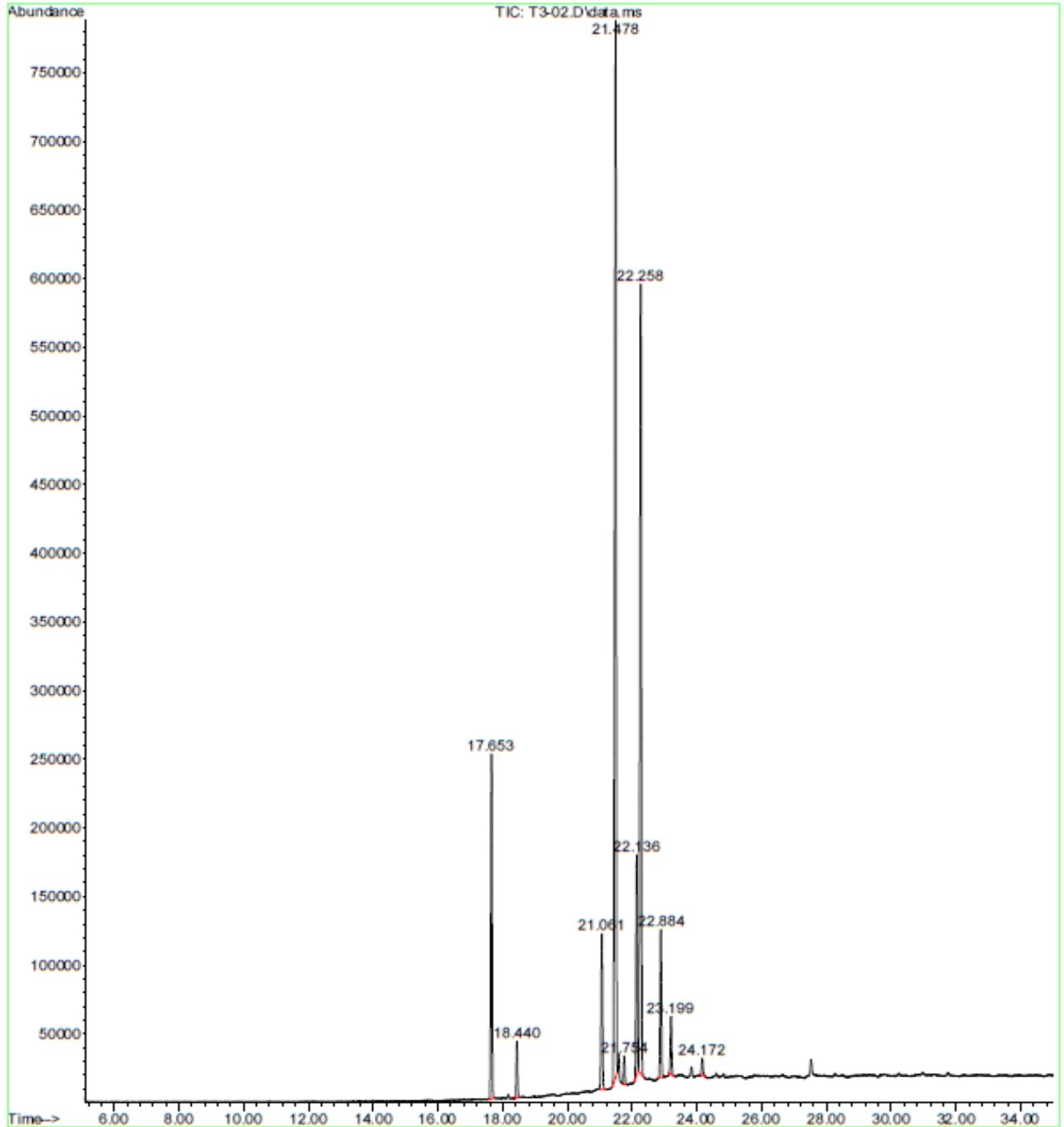
Anexo 8. Cromatograma para el aceite de tarwi (T2).

File :D:\DATA MSD\ACIDOS GRASOS\2021\ACEITE\T2-01.D
Operator : JCHP
Acquired : 26 Oct 2021 15:14 using AcqMethod AG-20M.M
Instrument : UNSAAC
Sample Name: T2-01
Misc Info :
Vial Number: 3



Anexo 9. Cromatograma para el aceite de tarwi (T3).

File : D:\DATA MSD\ACIDOS GRASOS\2021\ACEITE\T3-02.D
Operator : JCHP
Acquired : 26 Oct 2021 15:06 using AcqMethod AG-20M.M
Instrument : UNSAAC
Sample Name: T3-02
Misc Info :
Vial Number: 4



Anexo 10. Análisis de varianza para densidad, en los diferentes métodos de desamargado.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,000560917	3	0,000186972	37,39	0,0000
Intra grupos	0,00004	8	0,000005		
Total (Corr.)	0,000600917	11			

Anexo 11. Análisis de varianza para viscosidad en los diferentes métodos de desamargado.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	7439,57	3	2479,86	1593,05	0,0000
Intra grupos	12,4533	8	1,55667		
Total (Corr.)	7452,02	11			

Anexo 12. Análisis de varianza para índice de refracción en los diferentes métodos de desamargado.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,00000225	3	7,5E-7	1,35216E25	0,0000
Entre grupos	0	8	0		
Total (Corr.)	0,00000225	11			

Anexo 13. Análisis de varianza para índice de acidez en los diferentes métodos de desamargado.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	46,6706	3	15,5569	2,62942E31	0,0000
Intra grupos	0	8	0		
Total (Corr.)	46,6706	11			

Anexo 14. Análisis de varianza para índice de peróxido en los diferentes métodos de desamargado.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	20,0004	3	6,6668	16667,00	0,0000
Intra grupos	0,0032	8	0,0004		
Total (Corr.)	20,0036	11			

Anexo 15. Análisis de varianza para índice de saponificación en los diferentes métodos de desamargado.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	185,113	3	61,7043	722,89	0,0000
Intra grupos	0,682867	8	0,0853583		
Total (Corr.)	185,796	11			

Anexo 16. Análisis de varianza para alcaloides totales en los diferentes métodos de desamargado.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	25,7916	3	8,59721	13753,70	0,0000
Intra grupos	0,00500067	8	0,000625083		
Total (Corr.)	25,7966	11			

Anexo 17. Análisis de varianza para ácido palmítico en los diferentes métodos de desamargado.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1,19336	3	0,397786	37,85	0,0000
Intra grupos	0,0840667	8	0,0105083		
Total (Corr.)	1,27743	11			

Anexo 18. Análisis de varianza para ácido esteárico en los diferentes métodos de desamargado.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,0157583	3	0,00525278	31,52	0,0001
Intra grupos	0,00133333	8	0,000166667		
Total (Corr.)	0,0170917	11			

Anexo 19. Análisis de varianza para ácido oleico en los diferentes métodos de desamargado.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	10,0665	3	3,3555	24,59	0,0002
Intra grupos	1,0918	8	0,136475		
Total (Corr.)	11,1583	11			

Anexo 20. Análisis de varianza para ácido linoleico en los diferentes métodos de desamargado.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	10,3314	3	3,4438	40,52	0,0000
Intra grupos	0,679867	8	0,0849833		
Total (Corr.)	11,0113	11			

Anexo 21. Análisis de varianza para ácido araquídico en los diferentes métodos de desamargado.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,00916667	3	0,00305556	40,74	0,0000
Intra grupos	0,0006	8	0,000075		
Total (Corr.)	0,00976667	11			

Anexo 22. Análisis de varianza para ácido cis-11-Eicosenoico por método de desamargado.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,00456667	3	0,00152222	0,99	0,4461
Intra grupos	0,0123333	8	0,00154167		
Total (Corr.)	0,0169	11			

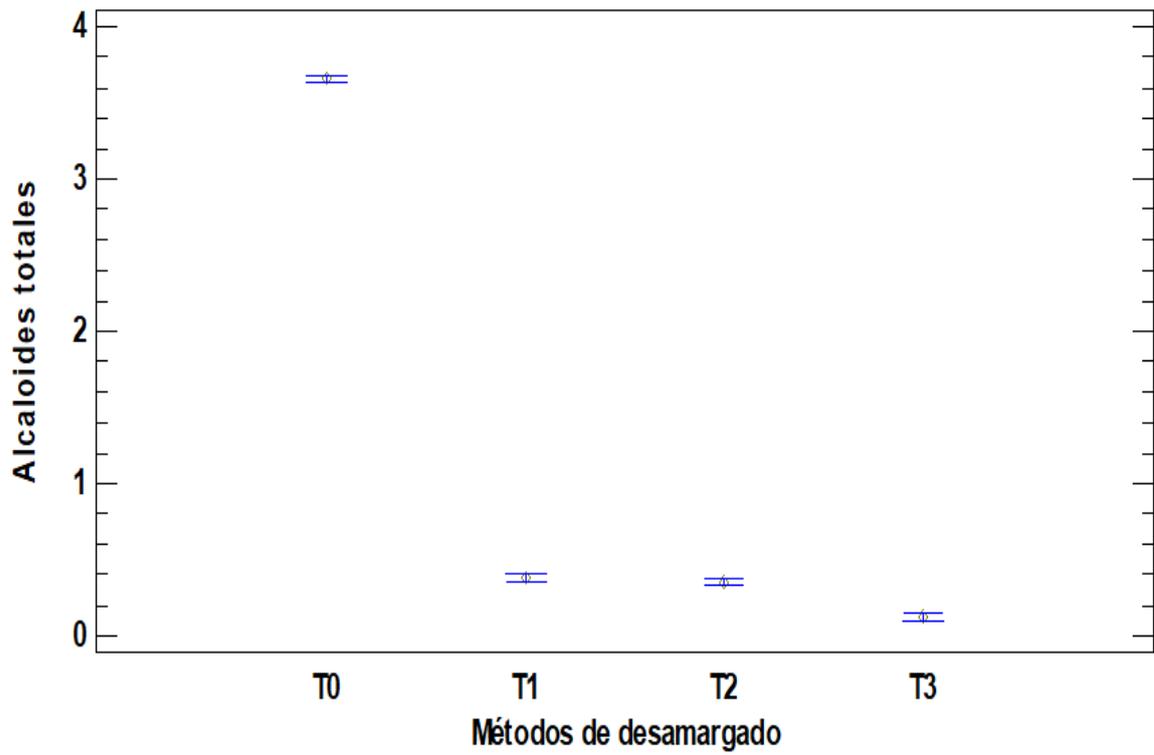
Anexo 23. Análisis de varianza para ácido behénico en los diferentes métodos de desamargado.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,00456667	3	0,00152222	1,38	0,3162
Intra grupos	0,0088	8	0,0011		
Total (Corr.)	0,0133667	11			

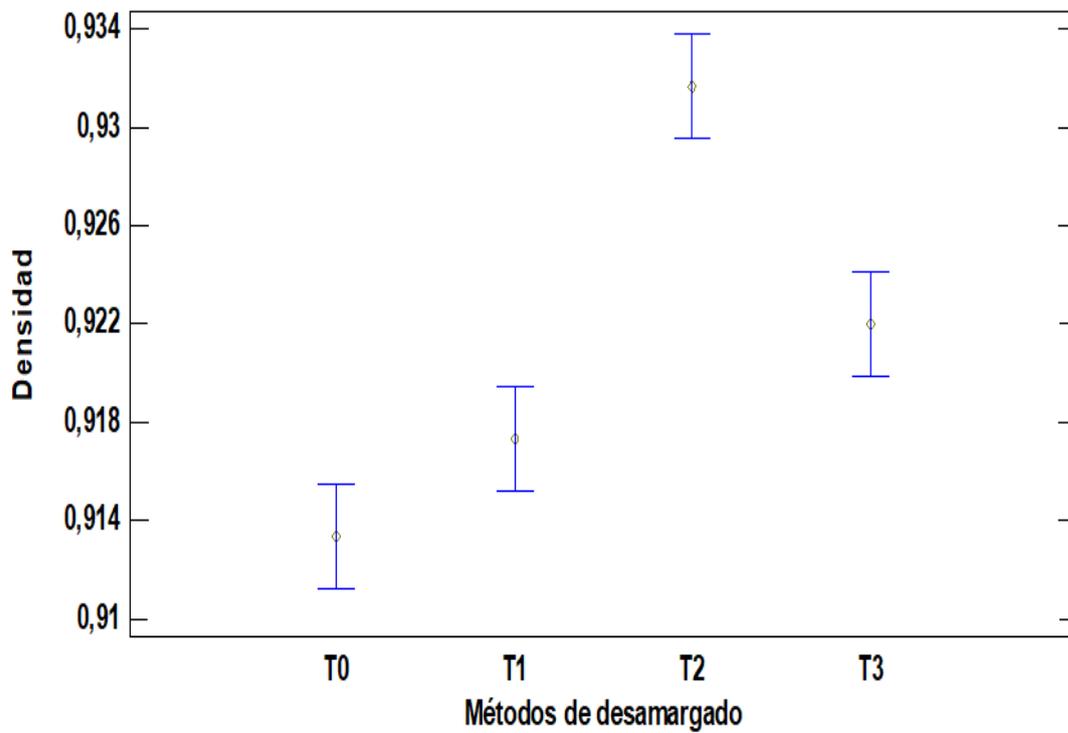
Anexo 24. Análisis de varianza para estabilidad oxidativa en los diferentes métodos de desamargado.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	521,159	3	173,72	4011,23	0,0000
Intra grupos	0,346467	8	0,0433083		
Total (Corr.)	521,506	11			

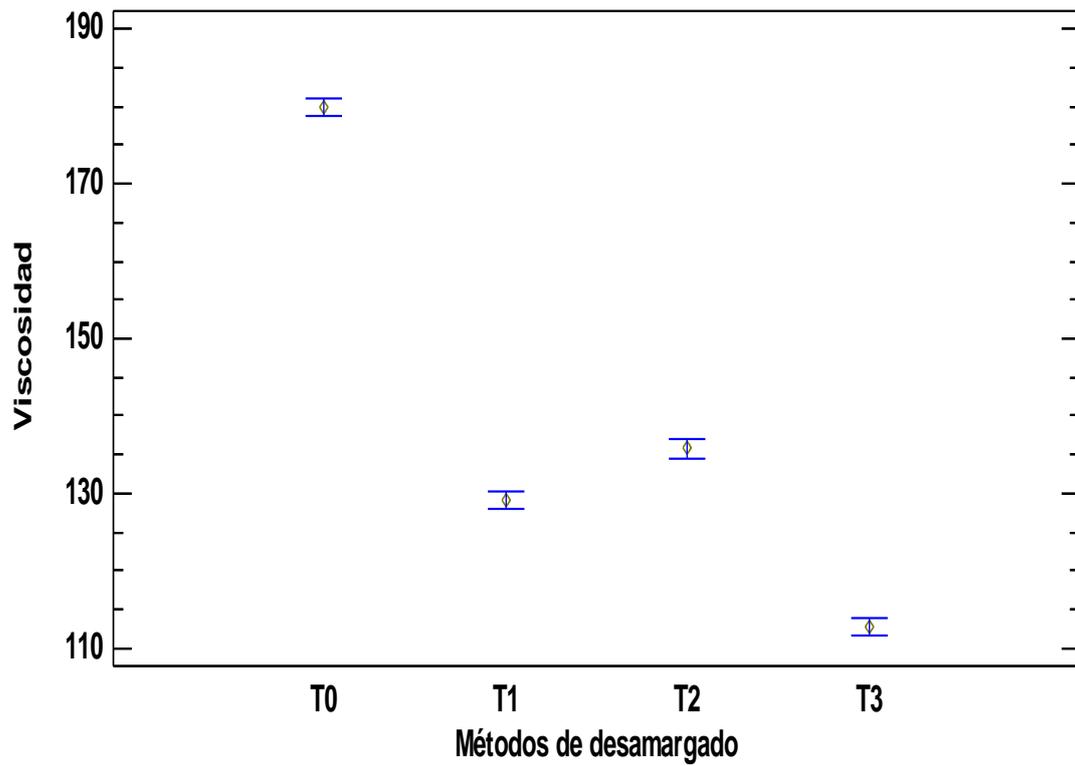
Anexo 25. Gráfico de medias de Fisher para Alcaloides Totales.



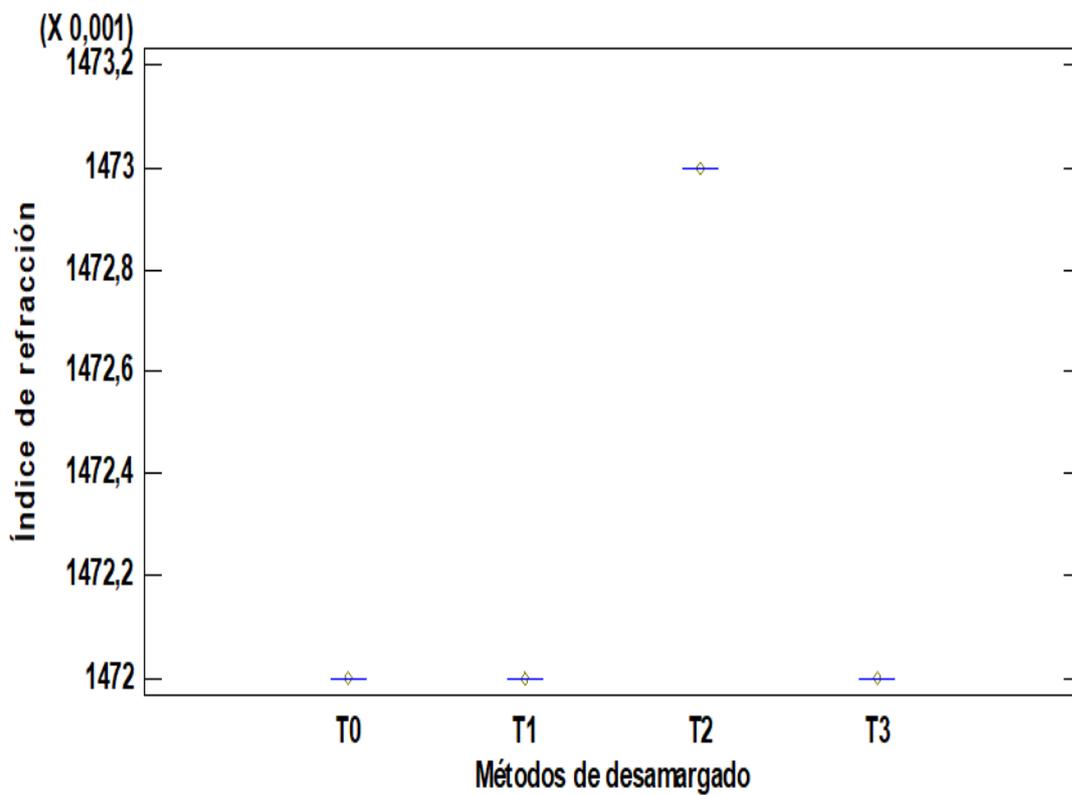
Anexo 26. Gráfico de medias de Fisher para Densidad.



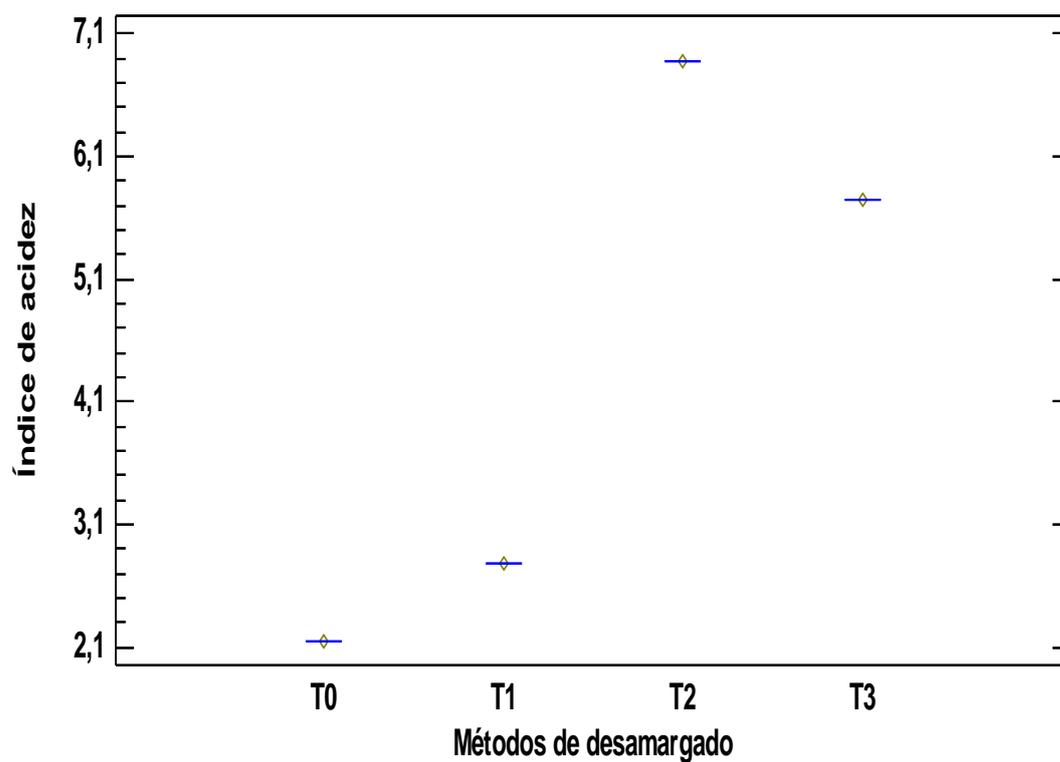
Anexo 27. Gráfico de medias de Fisher para Viscosidad.



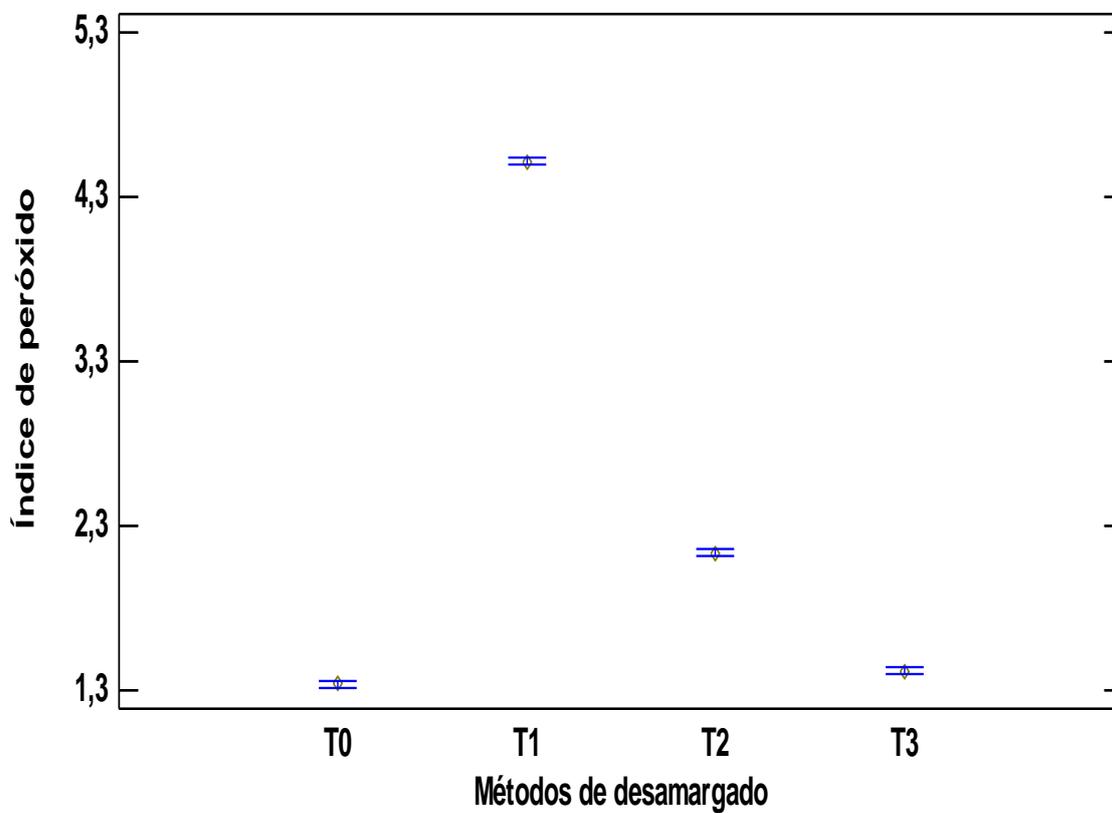
Anexo 28. Gráfico de medias de Fisher para Índice de Refracção.



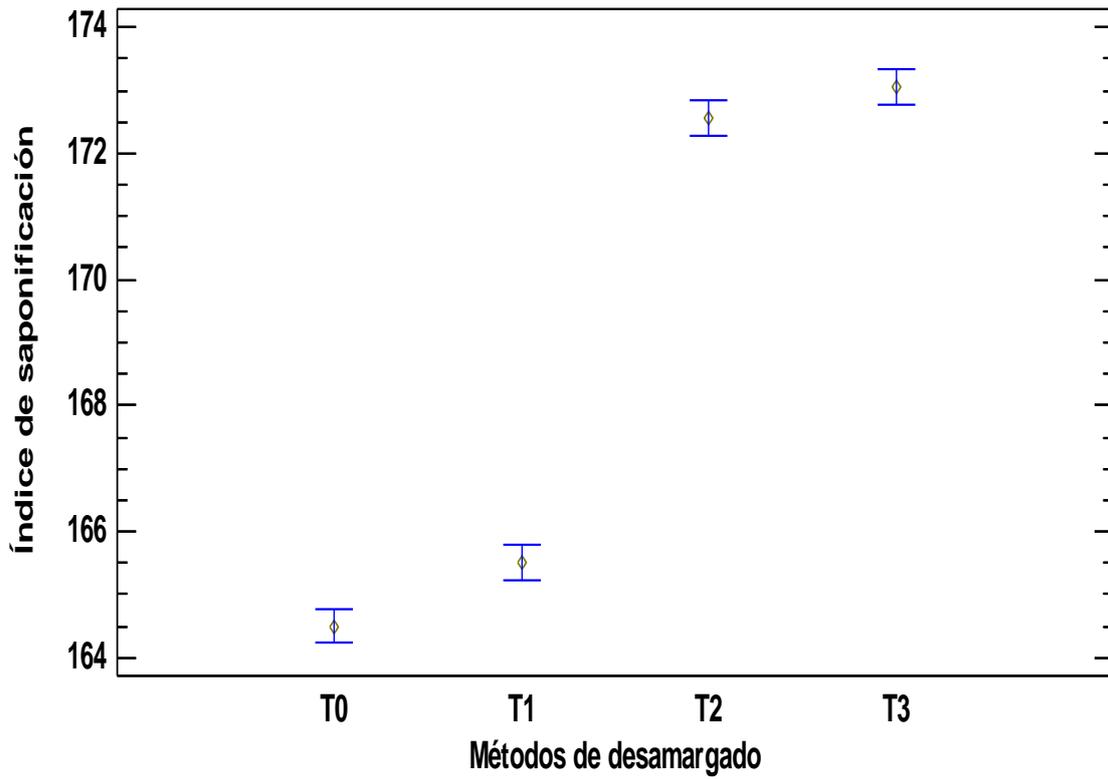
Anexo 29. Gráfico de medias de Fisher para índice de Acidez.



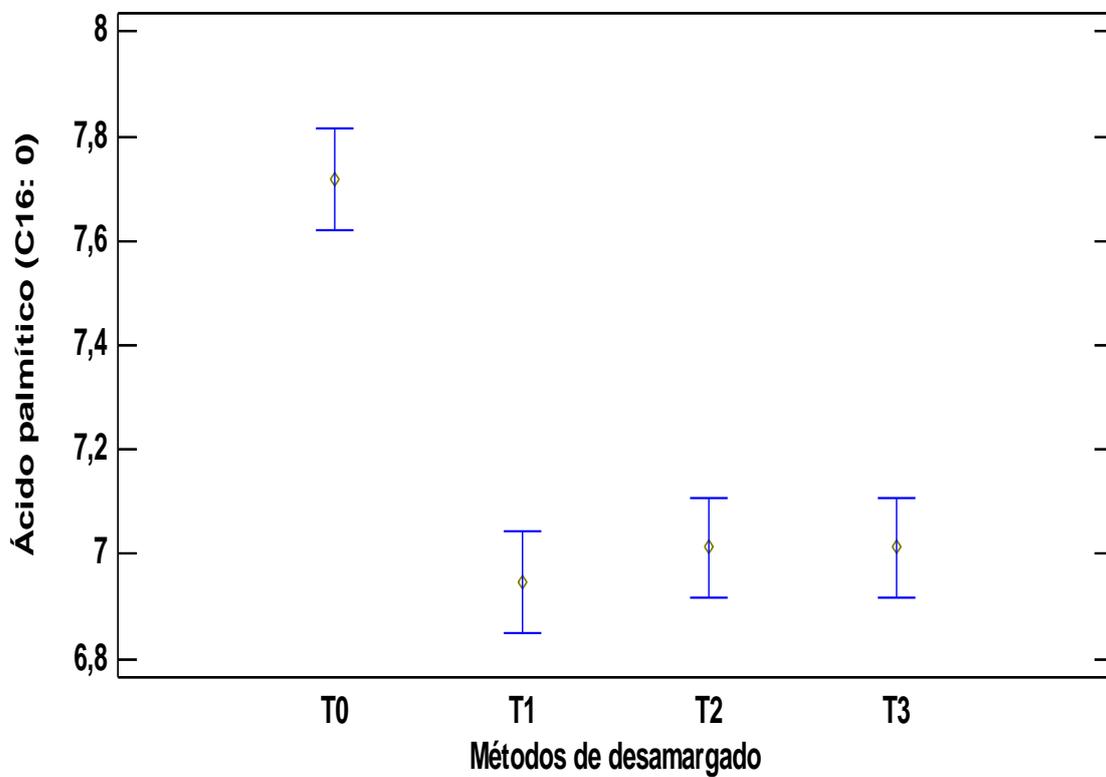
Anexo 30. Gráfico de medias de Fisher para índice de Peróxido.



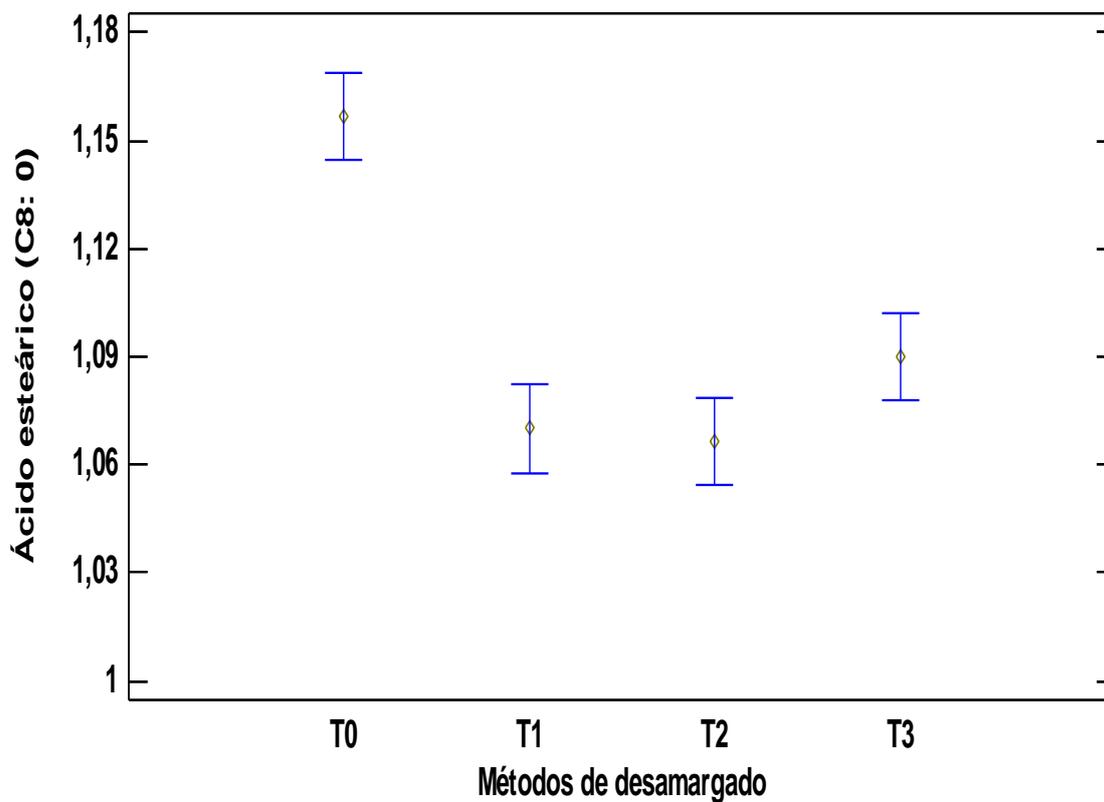
Anexo 31. Gráfico de medias de Fisher para Índice de Saponificación.



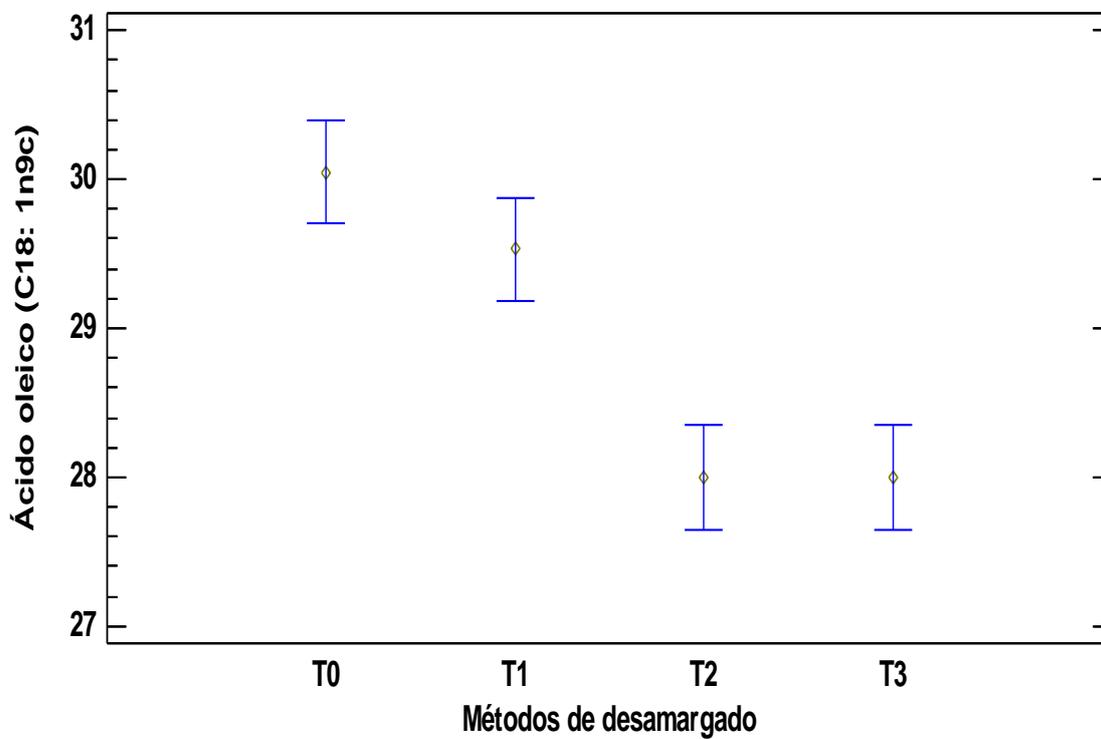
Anexo 32. Gráfico de medias de Fisher para Ácido Palmítico.



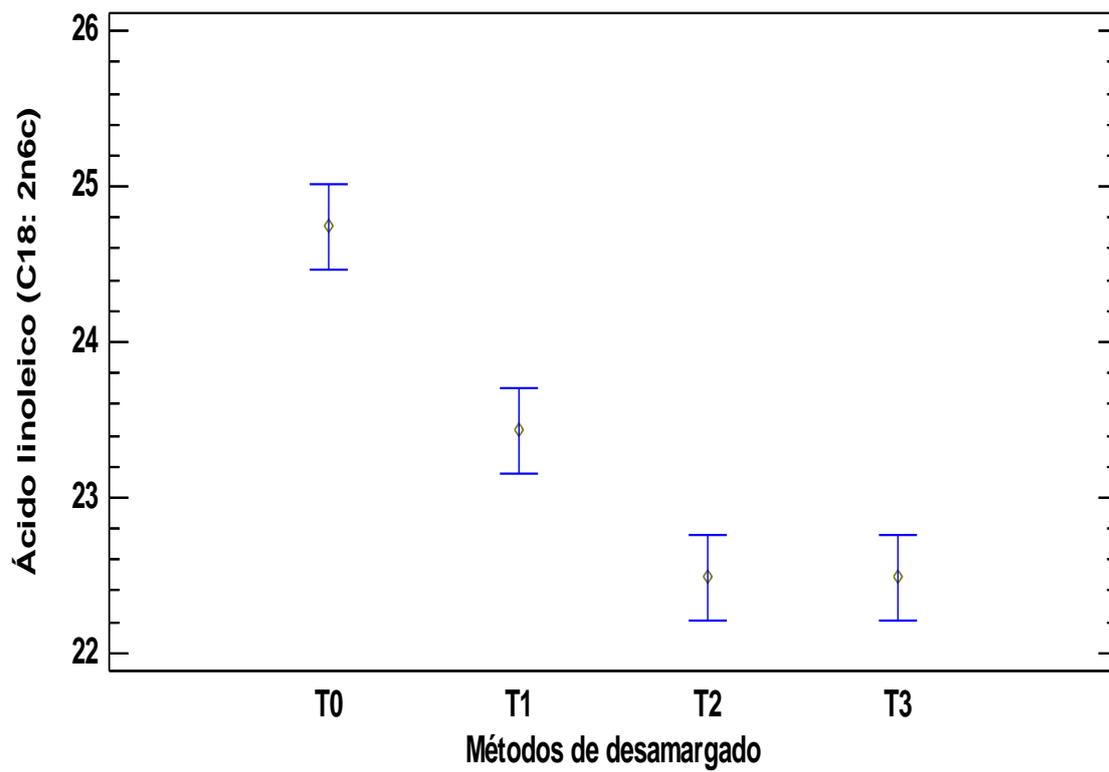
Anexo 33. Gráfico de medias de Fisher para Ácido Esteárico.



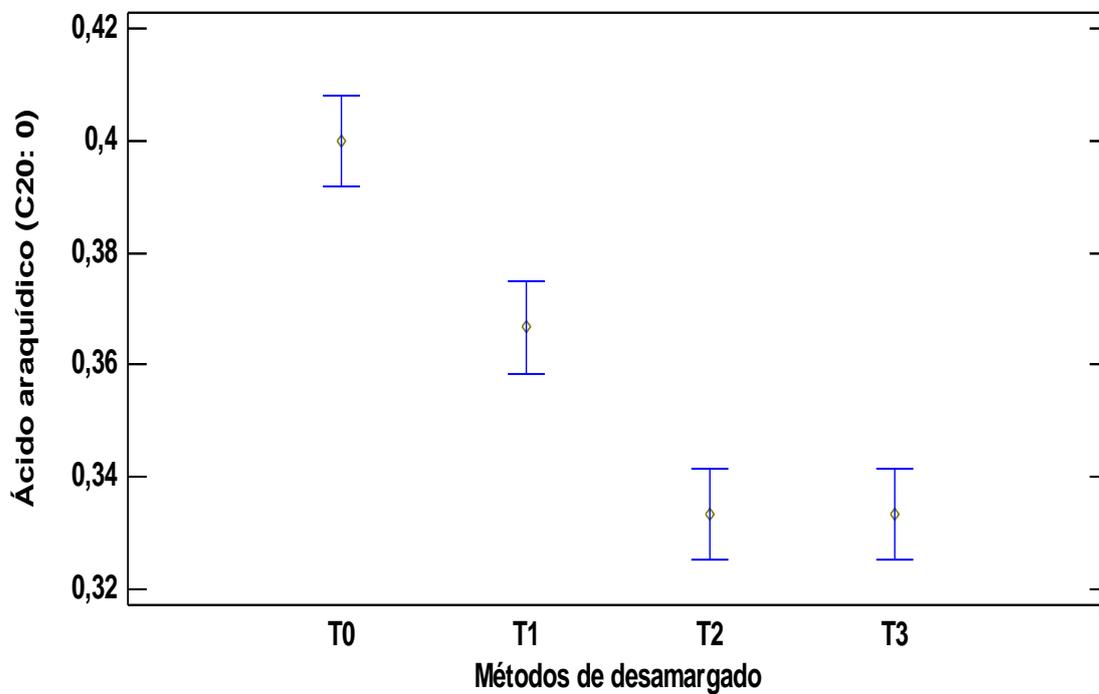
Anexo 34. Gráfico de medias de Fisher para Ácido Oleico.



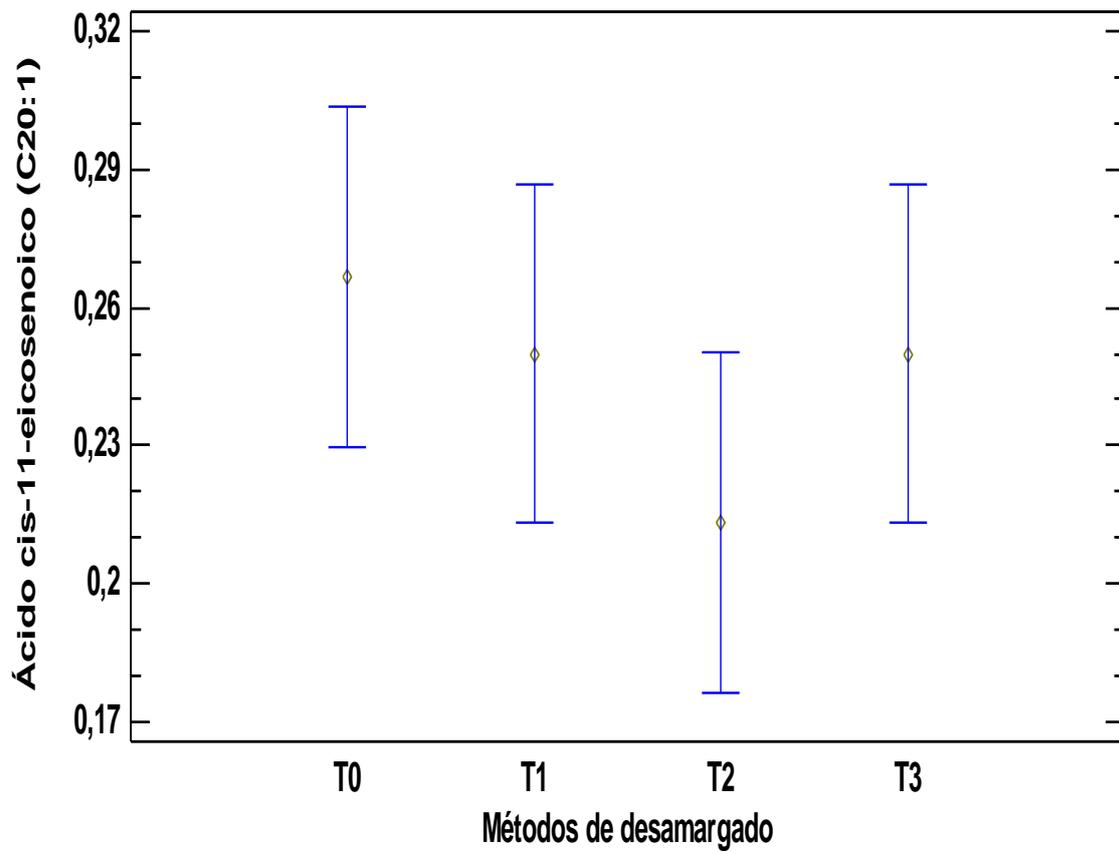
Anexo 35. Gráfico de medias de Fisher para Ácido Linoleico (C18: 2n6c) Omega 6.



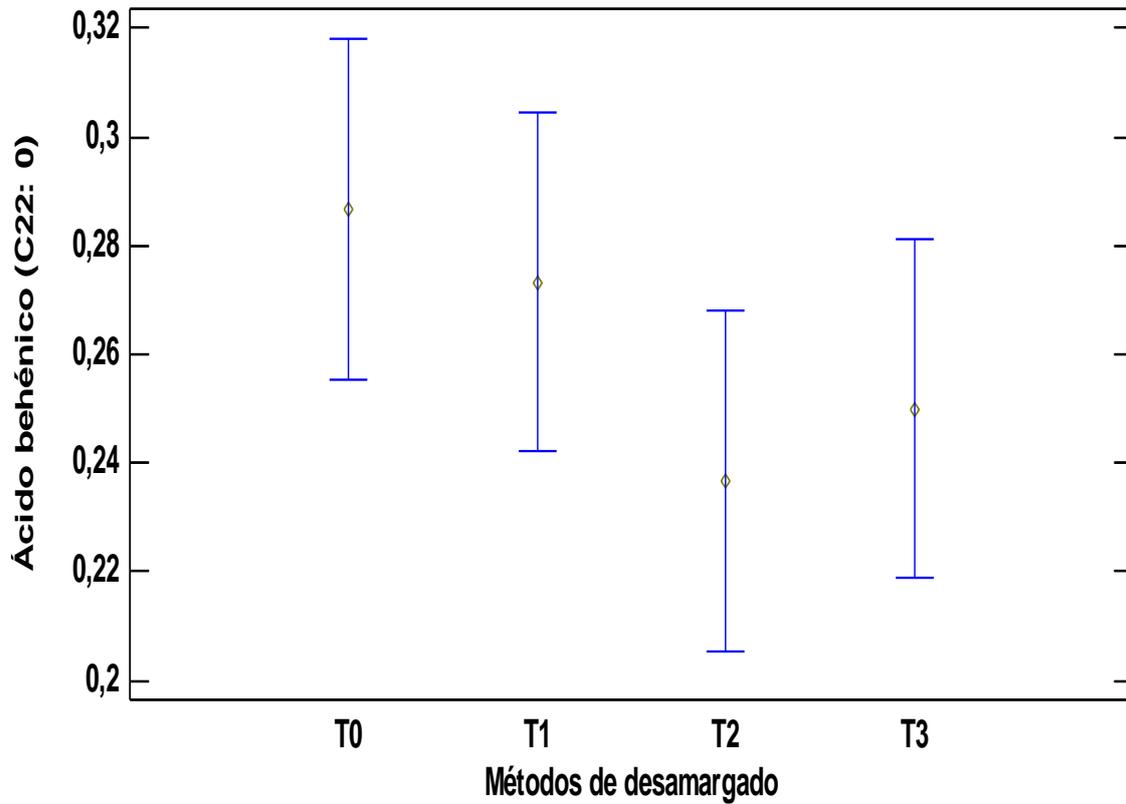
Anexo 36. Gráfico de medias de Fisher para Ácido Araquídico.



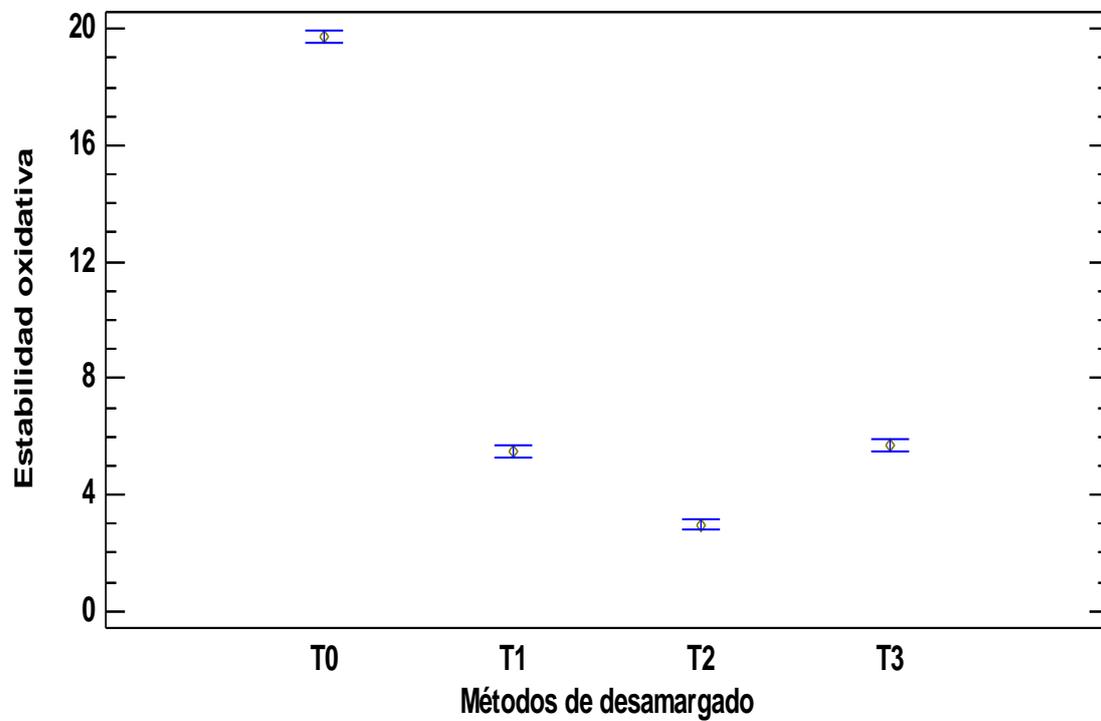
Anexo 37. Gráfico de medias de Fisher para Ácido Cis-11- Eicosenoico.



Anexo 38. Gráfico de medias de Fisher para Ácido Behénico.



Anexo 39. Gráfico de medias de Fisher para Estabilidad Oxidativa.



Anexo 40. Fotografías a la muestra para su respectivo análisis.



Imagen 1.
Tarwi variedad H6 INIA.



Imagen 2.
Remojando para su posterior cocción.



Imagen 3.
Verificando la cocción del tarwi.



Imagen 4.
Proceso de cocción del tarwi.

Anexo 41. Fotografías del proceso de cocción en los diferentes métodos de desamargado.



Imagen 5.
Tarwi coccionado, listo para el desamargado.



Imagen 6.
Proceso de desamargado.

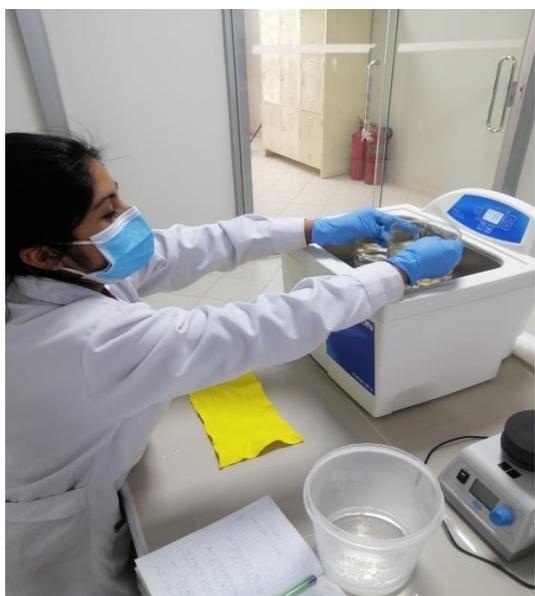


Imagen 7.
Preparando las muestras en el ultrasonido.



Imagen 8.
Alcaloides extraídos en ultrasonido.

Anexo 42. Muestras después del desamargado y secado por cada método.



Imagen 9.
Tarwi desamargado por método Cuzco.



Imagen 10.
Tarwi desamargado por Ultrasonido.

Anexo 43. Muestras de aceite extraídas para cada método de desamargado.



Imagen 11.
Aceite de tarwi amargo.



Imagen 12.
Aceite de tarwi desamargado por método tradicional.



Imagen 13.
Aceite de tarwi desamargado por método Cuzco.



Imagen 14.
Aceite de tarwi desamargado por Ultrasonido.

Anexo 44. Análisis de índice de saponificación y el índice de peróxido.

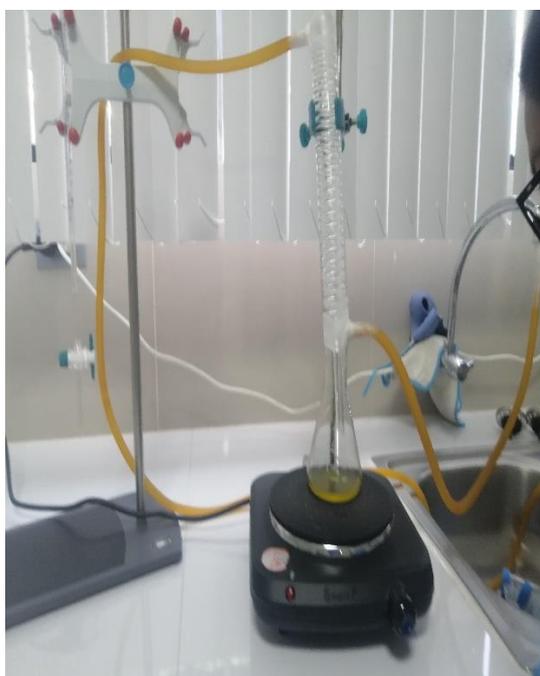


Imagen 15.
Analizando el índice de saponificación del aceite de tarwi.



Imagen 16.
Reacción de la muestra para determinar el índice de saponificación.



Imagen 17.
Analizando el índice de peróxido del aceite de Tarwi.



Imagen 18.
Reacción de la muestra para la titulación y determinar índice de peróxido.

Anexo 45. Análisis de alcaloides totales y estabilidad oxidativa.



Imagen 19.
Preparación de muestras para alcaloides totales.



Imagen 20.
Muestras listas para determinar alcaloides totales en el espectrofotómetro.

Anexo 46. Análisis de estabilidad oxidativa en los diferentes métodos de desamargado.

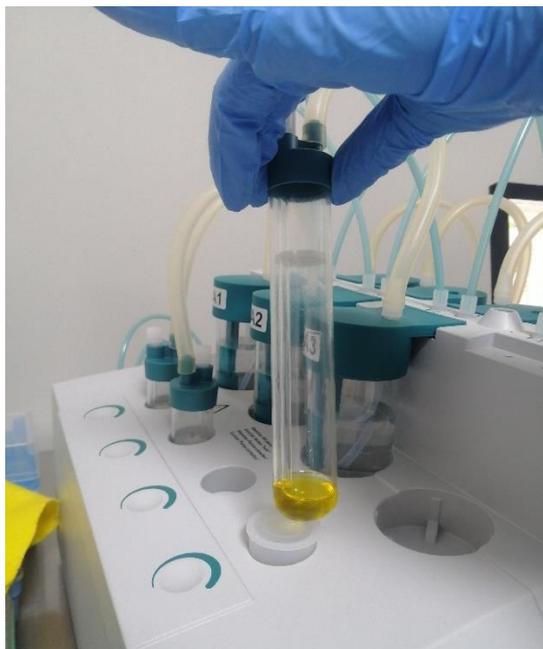


Imagen 21.
Colocando muestras de aceite al Rancimat.

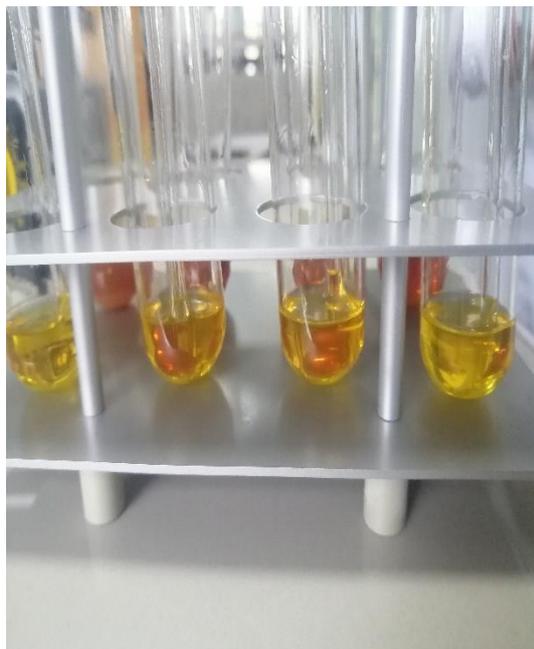


Imagen 22.
Aceites después del análisis en el Rancimat.

Anexo 47. Análisis de índice de acidez y viscosidad del aceite.



Imagen 23.
Preparación de muestras para el índice de acidez.

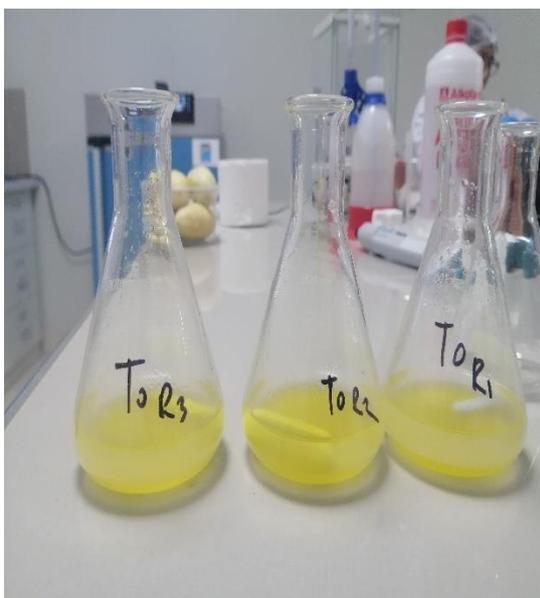


Imagen 24.
Determinando índice de acidez en aceites de tarwi.



Imagen 25.
Determinando viscosidad del aceite de tarwi.



Imagen 26.
Husillo del viscosímetro.

Anexo 48. Análisis del perfil ácido graso.



Imagen 27.
Equipo de cromatografía de gases.

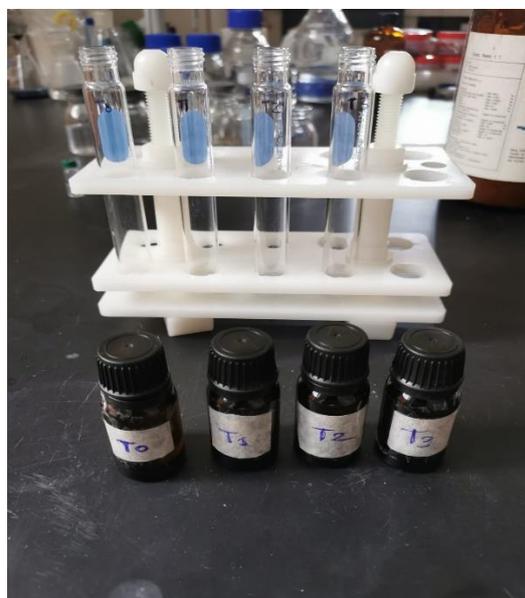


Imagen 28.
Muestras de aceite para el análisis de perfil ácido graso.

Anexo 49. Análisis de densidad en el aceite de tarwi.

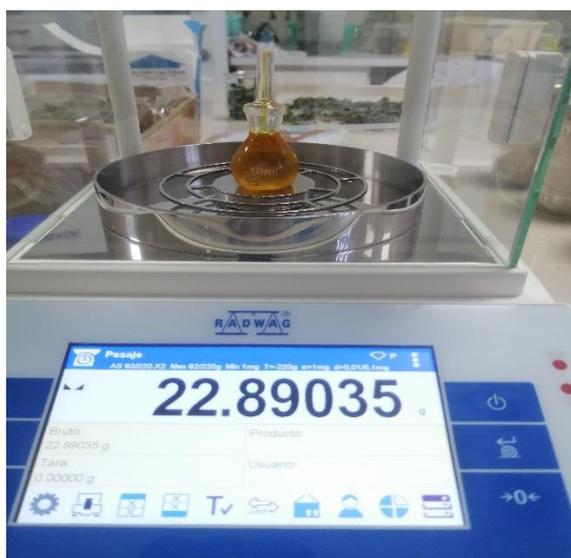


Imagen 29.
Determinando densidad del aceite de tarwi.



Imagen 30.
Determinando densidad del agua.

Anexo 50. Matriz de consistencia.

	Formulación del problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Escala	Técnicas	Instrumentos de medición
G	¿Cuál será el efecto del desamargado del tarwi (<i>Lupinus mutabilis Sweet</i>) en las características fisicoquímicas y estabilidad oxidativa de su aceite?	Determinar el efecto del desamargado del tarwi (<i>Lupinus mutabilis Sweet</i>) en las características fisicoquímicas y estabilidad oxidativa de su aceite	El desamargado de tarwi (<i>Lupinus mutabilis Sweet</i>) afecta significativamente en las características fisicoquímicas y estabilidad oxidativa de su aceite.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desamargado de tarwi Tradicional, Cuzco y Ultrasonido. ✓ Características fisicoquímicas ✓ Estabilidad oxidativa 	Porcentaje de alcaloides totales	Nominal	Los métodos de desamargado	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica Registro de datos
E1	¿Cuál será efecto del desamargado del tarwi (<i>Lupinus mutabilis Sweet</i>) en las características fisicoquímicas de su aceite?	Determinar el efecto del desamargado del tarwi (<i>Lupinus mutabilis Sweet</i>) en las características fisicoquímicas de su aceite.	El desamargado de tarwi (<i>Lupinus mutabilis Sweet</i>) afecta significativamente en las características fisicoquímicas de su aceite.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alcaloides totales ✓ Índice de refracción ✓ Densidad ✓ Viscosidad ✓ Perfil ácido graso ✓ Índice de peróxido 	<ul style="list-style-type: none"> % de alcaloides ✓ g/ml ✓ Centipoise ✓ % ✓ (meq de KOH/g) ✓ % de ácido 	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> Cálculos Lectura Cálculos Lectura Cromatografía Volumetría Volumetría 	<ul style="list-style-type: none"> Espectrofotómetro Refractómetro Picnómetro Viscosímetro Cromatógrafo de gases Titulador

				✓ Acidez ✓ Índice de saponificación	grasos libres ✓ Meq de O ₂ /g		Volumetría	Titulador Titulador
E2	¿Cuál será efecto del desamargado del tarwi (<i>Lupinus mutabilis Sweet</i>) en la estabilidad oxidativa de su aceite?	Determinar el efecto del desamargado del tarwi (<i>Lupinus mutabilis Sweet</i>) en la estabilidad oxidativa de su aceite	El desamargado de tarwi (<i>Lupinus mutabilis Sweet</i>) afecta significativamente en la estabilidad oxidativa de su aceite	✓ Estabilidad oxidativa	✓ Horas	Nominal		Equipo de Rancimat

Anexo 51. Desamargado por método tradicional.

Procedimiento de Tapia, 1990.

Comienza con la limpieza y selección de los granos de tarwi variedad H6 INIA.

En este proceso el grano ha sido sumergido en agua durante 24 horas hasta que todo el grano se haya hidratado y luego se ha realizado el proceso de cocción directamente entre 45 a 60 minutos, seguido se colocó los granos de tarwi en agua corriente, a fin de lavar completamente los alcaloides restantes, ya que en el proceso de cocción también se pierde los alcaloides que contiene el tarwi.

Este proceso duró 4 días, por lo tanto, hay que tener cuidado de no sobre pasar este tiempo puesto que la pérdida de masa seca podría ser demasiado grandes. Con este método los alcaloides son eliminados hasta un 99% pero este proceso trae como consecuencia la eliminación de otras sustancias tales como hidratos de carbono (azúcares) y algunas proteínas, llegándose a tener una merma de 40% del peso en grano seco, finalmente se ha expuesto al sol para seguir el proceso de secado por 2 días.

Anexo 52. Desamargado por método Cuzco.

Procedimiento modificado (Tapia, 2015).

Según procedimiento que se ha desarrollado, se realizó el siguiente procedimiento.

Primero se seleccionaron los granos de tarwi, luego se remojó en unos recipientes de plástico con contenido de agua que va circular durante un día.

La semilla hidratada se sometió al proceso de cocción en una olla a presión por un tiempo de 45 minutos y dos cambios de agua en cada caso, además en ese proceso se incorporó de 50g de legía (ceniza de quinua) lo que ayuda a acelerar el procedimiento de desamargado.

Luego se lavaron los granos de tarwi, se sacudieron las semillas en la canasta cada 10 minutos y una vez por hora para asegurar una buena turbulencia que acelere el lavado en 48 horas. Finalmente, los granos limpios se descascarán y se exponen a la luz solar hasta deshidratarse por completo.

Anexo 53. Desamargado por método de Ultrasonido.

Procedimiento especificado y adaptado del autor Seguil, *et al*, 2019.

Siguiendo el procedimiento de Seguil *et al.*, 2019; se ha realizado lo siguiente.

Primero se hizo la selección de los granos para luego poner en una olla con agua, se hizo hervir por 45 minutos, después de ese procedimiento se llevó al laboratorio de Investigación Agroindustrial donde se procedió a desamargar con el ultrasonido marca Branson a una frecuencia de 40 KHZ:

Primero se pesó 300 gramos de tarwi en un vaso precipitado de 1000 mL, poniendo agua en una relación de 1:2 m/v; seguido se puso al ultrasonido por 15 minutos y cada ese tiempo se cambió agua por 12 a 13 horas seguidos, finalmente se expuso al sol para su secado respectivo.

Anexo 54. Extracción de aceite de tarwi por prensa tipo Expeller.

Metodología realizada de (Putten, Ywe, Flemming, Jan y Winfried, 2010).

Las semillas fueron introducidas en una tolva, el tornillo sin fin o husillo, gira dentro de una camisa, el cual transporta y muele las semillas reduciendo el espacio libre entre estas hasta la boquilla o cabezal, lugar donde se estrangulan y se ejerce la máxima presión, lo cual provoca la salida del aceite que fluye por el espacio entre el husillo y la camisa hasta encontrar las ranuras de salida (Putten, Ywe, Flemming, Jan y Winfried, 2010).

Anexo 55. Alcaloides totales.

Método de púrpura de bromocresol, adaptación de (Von Baer, 1978).

Muestra harina de tarwi tamizado con malla N° 60 micrón 250.

El método fue adaptado del procedimiento planteado por Von Baer (1978) citado por Sosa (2000), Castillo (1979) y Muzquiz et al., (1994) y es como sigue:

Primero se mezcló 50 mg de harina de lupino en polvo con 50 µL de KOH (15%) y 150 mg de Al₂O₃ en un tubo falcom (50 mL capacidad), seguido se agregó 5 mL de cloroformo, luego se agitó manualmente con varilla hasta lograr dispersión, seguido se tapó se agitó por 30 minutos a temperatura ambiente, y se filtró con papel watman, el sobrenadante se colocó en tubos falcom (50 mL capacidad) y el residuo se filtró 2 veces más con 2.5 mL de cloroformo, y se enrazó el tubo falcom con cloroformo hasta 12.5 mL de volumen previamente graduado (este volumen es el extracto de muestra). Para la reacción se preparó 0.5 mL del extracto, 4.5 mL de cloroformo y 50 uL de BKP en un tubo de vidrio (10 mL cap), inmediatamente se tapó con parafilm, se agita suavemente y se deja en reposo por 10 minutos a temperatura ambiente. Finalmente se observó una pigmentación amarilla pálida de toda la solución, esta operación se realizó por triplicado.

Lectura: Se realizó la lectura en espectrofotómetro UV a 410 nm, contra un blanco (5 mL de cloroformo y 50 uL de BKP).

Los cálculos se realizan bajo la siguiente ecuación.

$$\% \text{ porcentaje de alcaloides totales} = \left(\frac{AxFxPMxV_T}{PxV_P} \right) x 0.1$$

Donde:

A, Absorbancia de la muestra analizada a 410 nm

F, factor de calibración (para lupanina 0,422)

PM, peso molecular del alcaloide (para la lupanina es 248 mg)

V_T , volumen total del extracto (mL)

P, peso de la muestra (mg)

V_P , volumen alícuota del extracto que se utiliza para la reacción con la solución púrpura bromocresol BKP (mL).

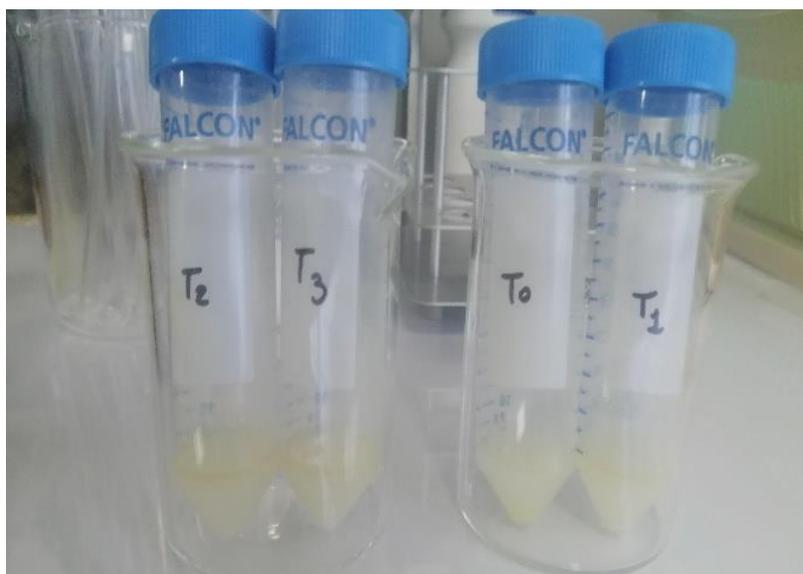


Imagen 31.

Preparación de muestra para la lectura en espectrofotómetro.

Anexo 56. Índice de refracción.

NTP 209.121:1975 ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES. Método de determinación del índice de refracción.

Procedimiento:

Se determinó mediante el refractómetro Abbe, calibrándose primero con agua destilada a una temperatura de 20°C, seguido se colocó cuidadosamente una gota de la muestra sobre el prisma, este procedimiento se realizó por triplicado a cada tratamiento.

Anexo 57. Densidad.

Norma Técnica Peruana 319.081. 1974. Aceites esenciales. Determinación de la densidad y la densidad relativa. INDECOPI (ITINTEC). Perú.

Procedimiento:

1. Se pesó el picnómetro limpio y seco (P)
2. Seguido se llenó el picnómetro con agua destilada.
3. Después se colocó la tapa del picnómetro para luego poner en baño maría manteniendo la temperatura deseada (20°C).
4. Una parte del agua salió por el capilar de la tapa, que indica que está lleno el contenido.
5. Después de haber alcanzado la temperatura deseada en el baño, el agua que rebalsa a través de la tapa se limpió rápidamente con el papel tisue, evitando que el papel absorba parte del agua del picnómetro.
6. Después que el exterior del picnómetro ha sido secado, se realizó el pesado correspondiente del picnómetro conteniendo el agua de inmediato (P1).
7. Se procedió en la misma forma con el aceite en los diferentes tratamientos (P2).

Determinar la densidad de cada uno de las muestras empleadas con la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad} = \frac{P'' - P}{P' - P} \text{ g/ml}$$

Donde:

P: Peso en g del picnómetro vacío.

P': Peso en g del picnómetro lleno con agua a la temperatura de referencia.

P'' : Peso en g del picnómetro lleno con aceite a la temperatura de referencia (20 °C).



Imagen 32.
Determinando densidad del aceite.

Anexo 58. Viscosidad.

Se ha realizado con el viscosímetro Brookfield (AMETEX), siguiendo el procedimiento del manual (Manual No. M/98-350-D0902).

Procedimiento.

En primer lugar, se monta la pata de seguridad en el viscosímetro DV-E (series LV y RV), asegurándonos de que el motor esté apagado antes de colocar el eje.

Después de tener listo el equipo para su funcionamiento, se insertó el husillo N° 62 y 63 según sea el caso al equipo, teniendo una temperatura de 20°C y una velocidad de 100 RPM (revoluciones por minuto) seguidamente; para evitar atrapar burbujas de aire en su superficie de la muestra con aceite se sumergió ligeramente el usillo a la muestra con contenido de aceite como se muestra en la imagen (10); cuando ya estuvo listo el usillo con la muestra se presionó la tecla **ON**, al pasar el tiempo en segundos se mostró los datos, finalmente se registra la viscosidad expresado en Centipoise (cP).

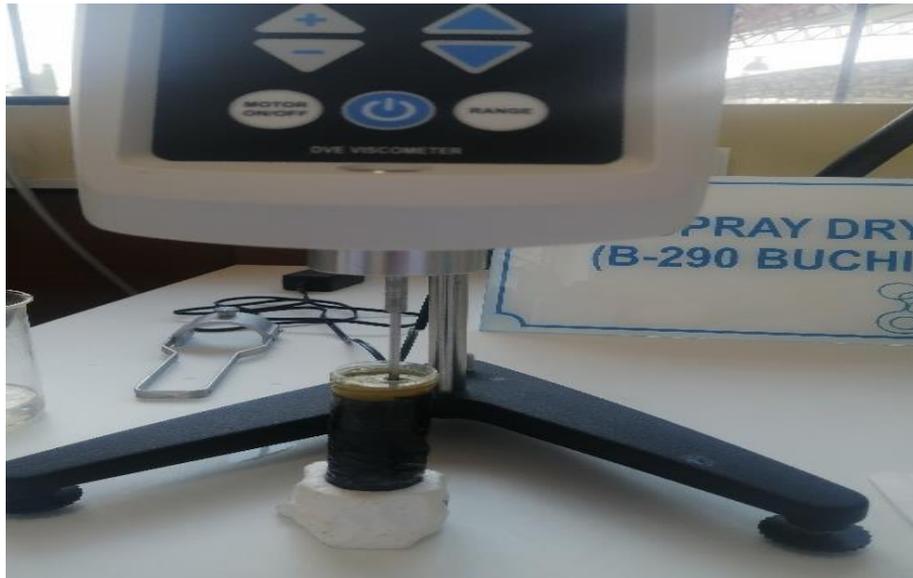


Imagen 33.
Viscosímetro Brookfield.

Anexo 59. Perfil de ácidos grasos.

NTP 209.011:1966 ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES. Método para determinar la composición de los ácidos grasos por cromatografía de gases.

Condiciones de Análisis de Ácidos Grasos

Cromatógrafo: Agilent 6890N

Software de Control: Chemstation B.030

Detector de Masas Agilent: 5975B

Energía de Ionización: 70eV

Modo de Ionización: Impacto Electrónico (IE)

Modo de escaneo de masas: 40 a 400 uma

Retraso del disolvente: 6.0 minutos

Inyector Automático: Agilent 7683B

Columna: DB-23, 60m x I.D 0.250 x 0.15um Film.

Condiciones del cromatógrafo.

Temperatura del Horno

Inicial 140 °C, incremento de 5 °C/minuto hasta 230 °C, 12 min a 230 °C

Tiempo de Análisis: 35.00 min

Puerto de Inyección

Modo: Split

Relación de Split: 100:1

Temp. Inicial: 250 °C

Tipo de Gas: Helio

Flujo: 0.7 mL/min

Volumen de Inyección: 1.0 µL

Referencia

- ✓ Frank David, Pat Sandra, Philip L. Wylie 2002. Improving the Analysis of Fatty Acid Methyl Esters Using Retention Time Locked Methods and Retention Time Databases. Agilent Technologies, Inc. 5988-5871EN.
- ✓ GC Analysis of a Grain Fatty Acid Methyl Ester (FAME) Mix on SP™-2560

<https://www.sigmaaldrich.com/technical-documents/articles/analytical/applications/gc/gcanalysis-of-a-grain-fatty-acid-methyl-ester-fame-mix-797-0004.html>.

Anexo 60. Índice de acidez.

Se ha establecido el procedimiento de (Matissek et al., 1998).

Fórmula:

$$\text{Índice de acidez} = \frac{a * C * 56.11}{M} \% \text{ de ácidos grasos libres.}$$

Donde:

a: ml de disolución de hidróxido de potasio.

C: concentración de la disolución de KOH en mol/L.

M: muestra en gramo.

56,1: masa molar de KOH.

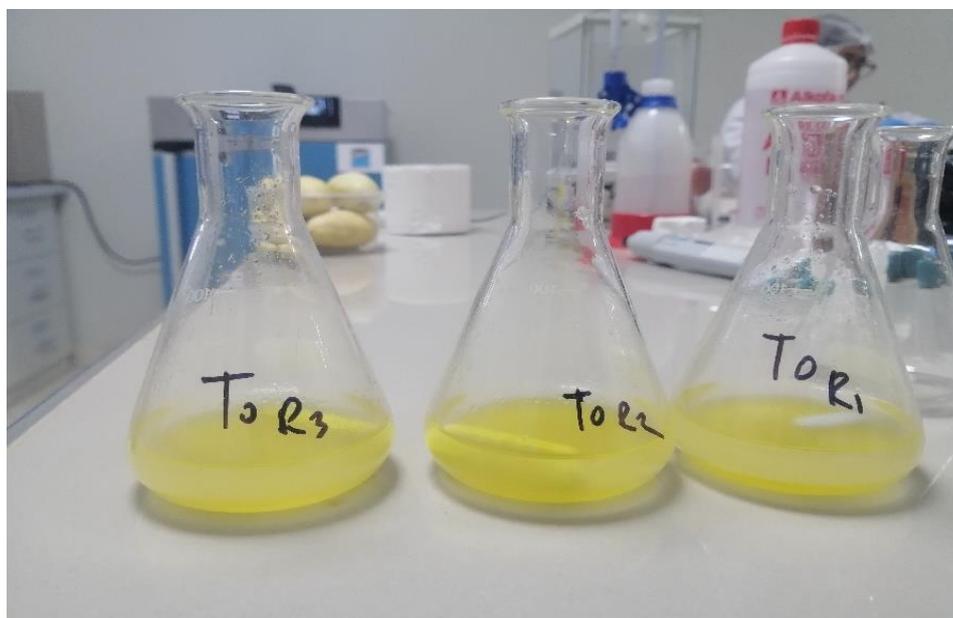


Imagen 34.

Determinando el índice de acidez.

Anexo 61. Índice de peróxido.

NTP 209.006:1968 ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES (Método de determinación del índice de peróxido).

En primer lugar, se pesaron 5 g de aceite en un matraz de 250 ml.

Se adicionaron 30 ml de una solución de ácido acético/cloroformo (3:2 v/v) y 500 μ l de yoduro de potasio saturado.

Se agitó manualmente durante un minuto.

Luego se añadieron 30 ml de agua destilada y un mililitro de almidón al 1 %.

Finalmente se procedió a titular, hasta la desaparición del color azul, con tiosulfato de sodio 0.01 N.

También se preparó un blanco, el cual contenía agua destilada en lugar de aceite, y se realizó el mismo procedimiento.

El índice de peróxido se expresó como miliequivalentes de O₂/kg de aceite y se calculó con la siguiente ecuación.

$$\text{Índice de peróxido} = \frac{(S - B) \times N \times 1000}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

De donde:

N: Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio (N).

S: Gasto de tiosulfato de sodio para titular la muestra (ml).

B: Gasto de tiosulfato de sodio para titular el blanco (ml).

Peso de la muestra (g).

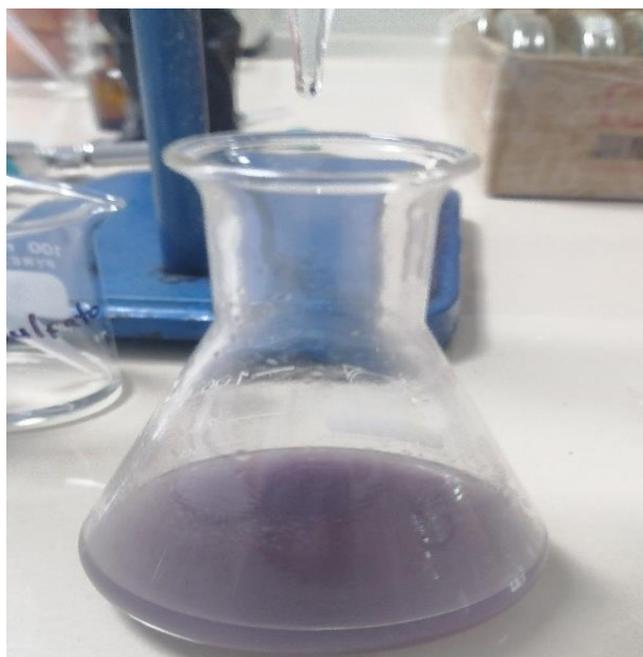


Imagen 35.
Determinando el índice de peróxido.

Anexo 62. Índice de saponificación.

NTP 209.058:1980 ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES. Método de determinación del índice de saponificación.

Procedimiento:

1. Se pesó 5g aproximadamente de aceite, seguidamente se agregó 25 ml exactamente medidos de solución etanólica de KOH 0.5 N.
2. Luego se adaptó el refrigerante de reflujo, llevando a ebullición, y manteniendo durante 60 minutos, agitando por rotación de cuando en cuando.
3. Después del pasar el tiempo se retiró la fuente de calor, para luego agregar 4 ó 5 gotas de fenolftaleína, y valorar la solución jabonosa todavía caliente, con la solución de ácido clorhídrico 0.5N.
4. Por último, realizar el blanco siguiendo el mismo procedimiento que se mencionó.

Calcular el índice de saponificación expresado en mg de KOH por g de grasa.

$$\text{Índice de saponificación} = \frac{56.11 * N(V' - V)}{P}$$

Donde:

V': Gasto en ml de la solución de HCl 0.5 N utilizados en la prueba en blanco.

V: Gasto en ml de solución de HCl 0.5 N utilizados

N: Normalidad exacta de la solución de ácido de aceite.

P: Peso de la muestra

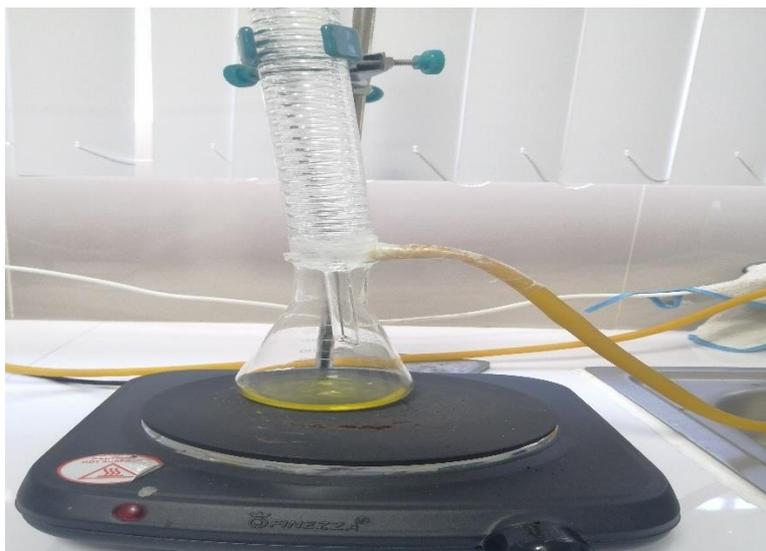


Imagen 36.
Determinado el índice de saponificación.

Anexo 63. Estabilidad oxidativa.

Método AOCS Cd 12b-92 en el Metrohm Rancimat utilizado por (Villanueva *et al.*, 2013).

Procedimiento.

Se llenaron los tubos de conductividad con 60 ml de agua ultra pura y se añadió las sondas. Verificar que la conductividad del agua en el tubo sea de 25 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ o menos y que la conductividad sea constante.

Se colocará cuidadosamente el aceite de tarwi debidamente pesado (3g) directamente en el fondo del tubo de reacción.

Todas las determinaciones se realizaron a la temperatura de 130 °C.

La temperatura de la muestra se revisó periódicamente para asegurar que los controles de temperatura no se hayan desviado.

Se conectó el tubo múltiple de aire al tubo de medición de conductividad y ajustar los tubos de aireación a 5 mm, máximo, del fondo de los tubos de reacción y de conductividad. Se medirá el flujo de aire, ajustándolo a $2,5 \pm 0,2$ ml/seg.

Se usó una computadora para monitorear la conductividad de cada sonda del instrumento.

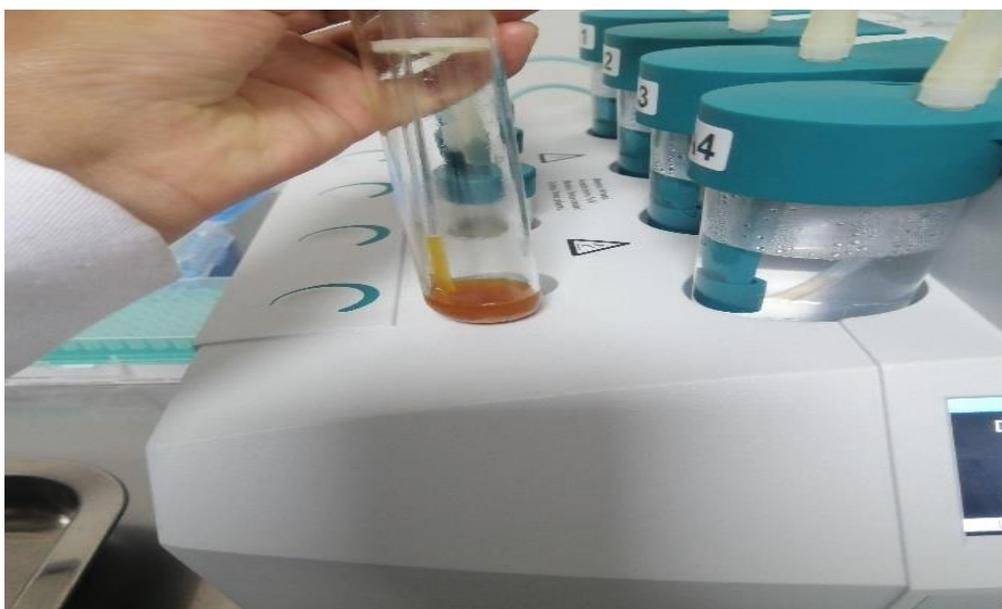


Imagen 37.
Muestra de aceite en el equipo de Rancimat.