

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



Presentado por
WILMÁN GAMBOA BARRIAL

“EXTRACCIÓN, CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE PALTA (*Persea americana* Mill) DE VARIEDAD FUERTE PROCEDENTE DEL DISTRITO DE ROCCHACC, PROVINCIA DE CHINCHEROS, REGION APURIMAC, 2021”

Asesor:

ING. Mg. FREDY TAIPE PARDO

Co - Asesor:

ING. MSc. ABEL ISAÍAS BARRIAL LUJÁN

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

ANDAHUAYLAS – APURIMAC - PERÚ

2023



APROBACION DEL ASESOR

Quién suscribe:

MG. ING. FREDY TAIPE PARDO. por la presente:

CERTIFICA,

Que, el Bachiller en **Ingeniería Agroindustrial**, WILMAN GAMBOA BARRIAL ha culminado satisfactoriamente el Informe Final de Trabajo de Investigación intitulado: **"EXTRACCIÓN, CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE PALTA (*Persea americana Mill*) DE VARIEDAD FUERTE PROCEDENTE DEL DISTRITO DE ROCCHAC, PROVINCIA DE CHINCHEROS, REGION APURIMAC, 2021"**, para optar el Título Profesional de **INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

Mg. Fredy Taipe Pardo
Asesor

Wilman Gamboa Barrial
Tesista



APROBACION DEL CO-ASESOR

Quién suscribe:

MG. ING. Abel Isaias Barrial Lujan, por la presente:

CERTIFICA,

Que, el Bachiller en **Ingeniería Agroindustrial**, WILMAN GAMBOA BARRIAL ha culminado satisfactoriamente el Informe Final de Trabajo de Investigación intitulado: **"EXTRACCIÓN, CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE PALTA (*Persea americana Mill*) DE VARIEDAD FUERTE PROCEDENTE DEL DISTRITO DE ROCCHAC, PROVINCIA DE CHINCHEROS, REGION APURIMAC, 2021"**, para optar el Título Profesional de **INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

Andahuaylas – 13 de octubre del 2023

Mg. Abel Isaias Barrial Lujan
Co-Asesor

Wilman Gamboa Barrial
Tesista



FACULTAD DE INGENIERIA

**ACTA DE SUSTENTACION
DE TESIS**

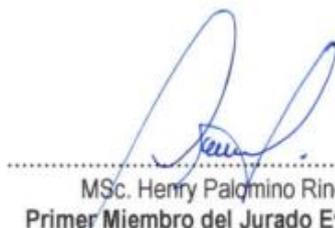
En la Av. 28 de julio N° 1103 del Local Académico SL02 (Santa Rosa) en el Salón de Grados de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas ubicado en el distrito de Talavera de la Reyna de la Provincia de Andahuaylas, siendo las 11:00 horas del día miércoles 20 de setiembre del año 2023, se reunieron los docentes: Msc. Thomas Ancco Vizcarra, MSc. Henry Palomino Rincón, MSc. Dianeth Buleje Campos, en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: "EXTRACCIÓN, CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE PALTA (PERSEA AMERICANA MILL) DE VARIEDAD FUERTE PROCEDENTE DEL DISTRITO DE ROCCHAC, PROVINCIA DE CHINCHEROS, REGIÓN APURÍMAC, 2021", cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **WILMAN GAMBOA BARRIAL**, el asesor Mg. Fredy Taipe Pardo y el coasesor Mg. Abel Isaías Barrial Lujan, con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.

Luego de la sustentación y defensa de la tesis, el Jurado Evaluador **ACORDÓ: Aprobar** por **Unanimidad** al Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **WILMAN GAMBOA BARRIAL**, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Nota escala vigesimal		Mención
Números	Letras	
16	Dieciseis	Muy Bueno

En señal de conformidad, se procedió a la firma de la presente acta en 03 ejemplares.


Msc. Thomas Ancco Vizcarra
Presidente del Jurado Evaluador


Msc. Henry Palomino Rincón
Primer Miembro del Jurado Evaluador


MSc. Dianeth Buleje Campos
Segundo Miembro del Jurado Evaluador



APROBACIÓN DEL JURADO DICTAMINADOR

LA TESIS: "EXTRACCIÓN, CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE PALTA (*Persea americana Mill*) DE VARIEDAD FUERTE PROCEDENTE DEL DISTRITO DE ROCCHAC, PROVINCIA DE CHINCHEROS, REGION APURIMAC, 2021", para optar el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL, ha sido evaluada por el Jurado Dictaminador conformado por:

PRESIDENTE: MSc. Thomas Ancco Vizcarra

PRIMER MIEMBRO: MSc. Henry Palomino Rincon

SEGUNDO MIEMBRO: MCs. Dianeth Buleje Campos

Habiendo sido aprobado por UNANIMIDAD, en la ciudad de Andahuaylas el día 19 del mes de setiembre de 2023

Andahuaylas, 13 de octubre de 2023.

MSc. Thomas Ancco Vizcarra
PRESIDENTE DEL JURADO DICTAMINADOR

MSc. Henry Palomino Rincón
PRIMER MIEMBRO DEL JURADO DICTAMINADOR

MSc. Dianeth Buleje Campos
SEGUNDO MIEMBRO DEL JURADO DICTAMINADOR

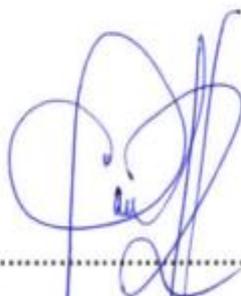
INFORME DE ORIGINALIDAD

El que suscribe asesor de trabajo de investigación/ tesis, titulado

“EXTRACCIÓN, CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE PALTA (*Persea americana Mill*) DE VARIEDAD FUERTE PROCEDENTE DEL DISTRITO DE ROCCHAC, PROVINCIA DE CHINCHEROS, REGION APURIMAC, 2021”, presentado por **Br. Wilman Gamboa Barrial, con DNI N° 46896724**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Informo que el documento ha sido sometido a revisión de originalidad, utilizando el software de control de similitud y detección de plagio turnitin, conforme reglamento vigente, verificándose un porcentaje de **21% de similitud** general, por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto el reporte de software firmado.

Andahuaylas, 13 de octubre de 2023



Mg. Fredy Taipe Pardo
Asesor de Tesis
DNI N° : 31180991
ORCID: 0000-0002-8234-7643

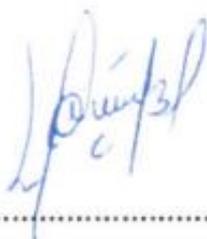
INFORME DE ORIGINALIDAD

El que suscribe Co - asesor de trabajo de investigación/ tesis, titulado

“EXTRACCIÓN, CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE PALTA (*Persea americana Mill*) DE VARIEDAD FUERTE PROCEDENTE DEL DISTRITO DE ROCCHAC, PROVINCIA DE CHINCHEROS, REGION APURIMAC, 2021”, presentado por **Br. Wilman Gamboa Barrial**, con DNI N° 46896724, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Informo que el documento ha sido sometido a revisión de originalidad, utilizando el software de control de similitud y detección de plagio turnitin, conforme reglamento vigente, verificándose un porcentaje de **21% de similitud** general, por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto el reporte de software firmado.

Andahuaylas, 13 de octubre de 2023



Mg. Abel Isaías Barrial Lujan
Co - Asesor de Tesis
DNI N° : 45303294
ORCID: 0000-0002-2982-6354



Universidad Nacional José María Arguedas

Identidad y Excelencia para el Trabajo Productivo y el Desarrollo

Unidad de Investigación de la Facultad Ingeniería
C016-2023

Andahuaylas, 10 de octubre de 2023

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, expide la:

Constancia

De porcentaje de similitud (21%) según el software Turnitin, al informe final de investigación: Extracción, características fisicoquímicas y estabilidad oxidativa del aceite de la semilla de palta (*Persea americana Mill*) de variedad fuerte procedente del Distrito de Rocchac, Provincia de Chincheros, Región Apurímac, 2021. Presentado por el Bach. Wilman Gamboa Barrial cuyo Asesor es el Mg. Fredy Taipe Pardo.

Dra. María del Carmen Delgado Laime
Presidente de la Unidad de Investigación de la
Facultad de Ingeniería

MSc. Fidelia Tapia Tadeo
Miembro de la
Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

M.Sc. Richard Carrión Abollaneda
Miembro de la
Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

NOMBRE DEL TRABAJO

**INFORME FINAL DE TESIS 2023 GAMBO
A_WILM_FN1.docx**

AUTOR

Wilman Gamboa

RECUENTO DE PALABRAS

26475 Words

RECUENTO DE CARACTERES

140163 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

96 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.9MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 25, 2023 8:06 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 25, 2023 8:08 AM GMT-5

● **21% de similitud general**

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

- 21% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cros:

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)



● **21% de similitud general**

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 21% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cros:

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	hdl.handle.net Internet	2%
2	secgen.unajma.edu.pe Internet	2%
3	idus.us.es Internet	2%
4	docplayer.es Internet	1%
5	repositorio.usil.edu.pe Internet	<1%
6	repositorio.unajma.edu.pe Internet	<1%
7	repositorio.unam.edu.pe Internet	<1%
8	1library.co Internet	<1%
9	grafiati.com Internet	<1%

Handwritten signature and the number 46296224.

Handwritten signature and the number 31180591.

Handwritten signature.

Descripción general de fuentes

10	repositorio.uns.edu.pe Internet	<1%
11	repositorio.uncp.edu.pe Internet	<1%
12	repository.unilasallista.edu.co Internet	<1%
13	repositorio.unsaac.edu.pe Internet	<1%
14	vsip.info Internet	<1%
15	cybertesis.unmsm.edu.pe Internet	<1%
16	redalyc.org Internet	<1%
17	patents.google.com Internet	<1%
18	unam.edu.pe Internet	<1%
19	scielo.cl Internet	<1%
20	ridum.umanizales.edu.co Internet	<1%
21	repositorio.unap.edu.pe Internet	<1%

Handwritten signature and the number 46896724.

Handwritten signature.

Handwritten signature.

Descripción general de fuentes

22	repositorio.unam.edu.pe Internet	<1%
23	repositorio.unal.edu.co Internet	<1%
24	scielo.org.pe Internet	<1%
25	repository.uamerica.edu.co Internet	<1%
26	worldwidescience.org Internet	<1%
27	biblioteca.usac.edu.gt Internet	<1%
28	alicia.concytec.gob.pe Internet	<1%
29	purl.org Internet	<1%
30	tesis.ipn.mx Internet	<1%
31	repositorio.uta.edu.ec Internet	<1%
32	repositorio.ict.ejercito.mil.pe Internet	<1%
33	repositorio.lamolina.edu.pe Internet	<1%

Handwritten signature and number 46296224

Handwritten signature

Handwritten signature

Descripción general de fuentes

Reporte de similitud

34	repositorio.ucam.edu	Internet	<1%
35	idoc.pub	Internet	<1%
36	repositorio.unjfsc.edu.pe	Internet	<1%
37	repositorio.unp.edu.pe	Internet	<1%
38	bolsa-trabajo.upads.edu.pe	Internet	<1%
39	repositorio.uandina.edu.pe	Internet	<1%
40	repositorio.utea.edu.pe	Internet	<1%
41	coursehero.com	Internet	<1%
42	34355696-7c8a-464b-93ed-a886492761a4.filesusr.com	Internet	<1%
43	eur-lex.europa.eu	Internet	<1%
44	repositorio.unasam.edu.pe	Internet	<1%
45	repositorio.unsa.edu.pe	Internet	<1%


46396824





Descripción general de fuentes

DEDICATORIA

A Dios por brindarme salud,
guiarme por buen camino a lo largo
de mi vida y por darme fortaleza
para el logro de mis objetivos.

A mis padres. Segundino y Dionicia, que me
dieron la vida y han estado conmigo en todo
momento, quienes me han enseñado a ser la
persona que soy hoy, mis principios, mis valores,
mi perseverancia y mi empeño. Todo esto con su
infinito amor para ser una persona de bien.
Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional José María Arguedas por acogerme en sus aulas universitarias y muy especialmente a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por permitir formarme profesionalmente para ejercer mi labor y servir a la sociedad a cabalidad.

A mi asesor, al Ing. Mg. Fredy Taipe Pardo y co-asesor, MSc. Abel Isaías Barrial Lujan, quienes contribuyeron con sus conocimientos y sapiencia en la ejecución y redacción de la presente tesis, por las constantes ideas y aportes que hicieron para ayudarme a superar los retos que se presentaron en el transcurso de este esfuerzo de estudio.

También agradezco a los miembros del jurado evaluador: al Ing. Thomas Ancco Vizcarra, Henry Palomino Rincón y Dianeth Buleje Campos, por sus orientaciones y sugerencias acertadas desde la propuesta hasta la presentación de este informe final de investigación.

Expresar mi gratitud a todos los que me ayudaron de una u otra manera a llevar a buen término este proyecto de investigación; que el Señor derrame sus bendiciones sobre todos y cada uno de ustedes.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	XIII
AGRADECIMIENTOS.....	XIV
ÍNDICE GENERAL.....	XV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIX
ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.....	XX
RESUMEN.....	XXI
ABSTRACT.....	XXII
CHUMASQA.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I:.....	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	7
CAPITULO II.....	8
2.1. Antecedentes de la investigación.....	8
CAPITULO III.....	14
3.1. Bases teóricas.....	14
3.2. La semilla o pepa de la palta.....	17
3.3. Estructura y forma de la semilla de palta.....	18
3.4. Composición química de la semilla de palta.....	19
3.5. Usos de la semilla de palta.....	19
3.6. Aceites y Grasas.....	23
3.7. Ácidos grasos.....	24
3.8. Aceites vegetales.....	28
3.9. Clasificación de los aceites.....	28
3.10. Método de extracción de aceites.....	29
3.12. Factores críticos de la extracción por arrastre con vapor de agua.....	32
3.14. Propiedades físicoquímicas de aceites.....	33
3.15. Estabilidad Oxidativa.....	37
3.16. Marco conceptual.....	41

CAPITULO IV. MÉTODODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	44
4.1. Lugar de ejecución.....	44
4.2. Población y muestra.....	44
4.3. Unidad de análisis:.....	44
4.4. Tipo de investigación.....	44
4.5. Identificación de las variables.....	45
4.6. Metodología experimental	45
4.7. Método de análisis experimental por objetivos	46
4.8. Determinación de estabilidad oxidativa de aceite de la semilla de palta	48
4.9. Diseño experimental y análisis estadístico	48
4.9.2. Análisis Estadístico.....	49
4.9.3. Hipótesis estadísticos	50
CAPITULO V. RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	52
5.1. Rendimiento del aceite de semilla de palta (<i>Persea americana Mill</i>)	52
5.2. Resultados de las características físicas.....	53
5.3. índice de refracción del aceite de semilla de palta (<i>Persea americana Mill</i>).....	54
5.4. Índice de acidez del aceite de semilla de palta (<i>Persea americana Mill</i>).....	55
5.5. Índice de Ester del aceite de semilla de palta (<i>Persea americana Mill</i>).....	57
5.6. Índice de saponificación del aceite de semilla de palta (<i>Persea americana Mill</i>)...58	
5.7. Estabilidad Oxidativa del aceite obtenido de semilla de palta.....	59
CONCLUSIÓN	61
RECOMENDACIONES	62
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	63
ANEXO.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. La clasificación taxonómica de palta (<i>Persea americana</i>).....	15
Tabla 2. Composición química de la semilla de palta	19
Tabla 3. Ventajas y desventajas de los métodos de extracción de aceites.....	30
Tabla 4. Diseño experimental del estudio.....	49
Tabla 5. ANOVA para el DCA.....	50
Tabla 6. Rendimiento (%) del aceite de la semilla de palta.....	52
Tabla 7. Resultados de la densidad (g/cm ³).....	53
Tabla 8. Resultados del índice de refracción	55
Tabla 9. Resultados del índice de acidez (mg de NaOH/g).....	56
Tabla 10. Resultados del índice de Ester (mg de KOH/g).....	57
Tabla 11. Resultados del índice de saponificación (mg de KOH/g).....	58
Tabla 12. Estabilidad Oxidativa del aceite de la semilla de palta a 100 °C	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fruto de la palta.....	14
Figura 2. Pistilo de palta y fruto de palta.....	16
Figura 3. Partes de la semilla de palta	18
Figura 4. Métodos de extracción de aceites.....	30
Figura 5. Equipo de extracción por arrastre de vapor	33
Figura 6. Proceso de autoxidación de ácidos grasos	39
Figura 7. Período de inducción RSSOT/ASTM D7525 RapidOxy.....	41
Figura 8. Flujograma de obtención del aceite de la semilla de palta.....	46
Figura 9. Variables independientes y dependientes	49

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Método de índice acidez.....	73
ANEXO 2. Método de Índice de refracción.....	73
ANEXO 3. Índice de éster.....	73
ANEXO 4. Índice de Saponificación	74
ANEXO 5. Rendimiento del aceite de la semilla de palta.	75
ANEXO 6. Densidad del aceite de la semilla de palta.	76
ANEXO 7. Índice de refracción del aceite de la semilla de palta.	77
ANEXO 8. Índice de acidez del aceite de la semilla de palta.	78
ANEXO 9. Índice de Ester del aceite de la semilla de palta.	79
ANEXO 10. Índice de saponificación de la semilla de palta	80
ANEXO 11. Estabilidad oxidativa	81
ANEXO 12. Panel fotográfico.....	82

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

ASP	Aceite de la semilla de palta
AOAC	Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist.
DCA	Diseño completamente al Azar
NTP	Norma Tecnica Peruana
KOH	Hidroxido de Potasio
IP	Periodo de Inducción
SM	Sindrome metabolico
LDL	Colesterol malo
TG	Trigliceridos
VLDL	Lipoproteina de muy baja densidad
HDL	Lipoproteina de alta densidad
ANOVA	Análisis de varianza.
°C	Grados Celsius.
<i>p</i>	Densidad
<i>g</i>	Gramo
HI	Hidrodestilacion.
Kg	Kilogramo
IA	Índice de acidez
IE	Índice de Ester
IR	Índice de refracción
IS	Índice de Saponificación
Meq	Miliequivalentes.
mL	Mililitro
O ₂	Oxigeno.
P/P	Peso en peso.
pH	Potencial de hidrogeniones
RA	Rendimiento de aceite.
T	Temperatura
EO	Estabilidad oxidativa

RESUMEN

A medida que avanzamos hacia un futuro más sostenible, la economía circular se perfila como una alternativa clave para aprovechar los subproductos generados en la industria alimentaria, la similla de palta es el subproducto que podría ser una prometedora fuente de compuestos nutritivos y funcionales que pueden ser utilizados y añadidos en la alimentación una vez sometida a procesos agroindustriales. El objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento, las propiedades físico-químicas y la estabilidad oxidativa del aceite extraído de la semilla de palta (*Persea americana* Mill) de la variedad fuerte empleando la técnica de arrastre por vapor de agua a presiones de operación de 6 Psi, 10 psi, 14 Psi y 18 Psi. Para lo cual se emplearon métodos gravimétricos para cuantificar el rendimiento de extracción del aceite, para las propiedades fisicoquímicas se utilizaron técnicas recomendados por la Norma Técnica Peruana (NTP) y para la estabilidad oxidativa mediante el método de RapidOxy; las diferencias significativas de los datos obtenidos entre las muestras se analizaron a través del análisis de la varianza (ANOVA) seguido de comparación múltiple de los tratamientos por el test de Tukey con un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$). El aceite que se extrajo de la semilla de palta obtuvo un rendimiento de $(0.24 - 0.34 \pm 0.02) \%$; Densidad de $(0.92 \pm 0.00$ a $0.94 \pm 0.00) \text{ g/cm}^3$, Índice de refracción (IR) 1.47 ± 0.01 , Índice de acidez (IA) de $(1.47 \pm 0.08$ a $1.78 \pm 0.03) \text{ mg KOH/g}$, Índice de Ester (IE) de $(155.13 \pm 0.31$ a $157.56 \pm 1.66) \text{ mg KOH/g}$, Índice de saponificación $(156.62 \pm 0.28$ a $159.19 \pm 1.41) \text{ mg KOH/g}$. Asimismo, la estabilidad oxidativa fue de $(11.5 \pm 0.88$ a $12.33 \pm 0.16)$ horas. De esta manera, el aceite de la semilla de palta se obtiene mayor rendimiento a altas condiciones de presión de operación, cuyas características fisicoquímicas relacionada a índice de refracción, ester y saponificación no poseen diferencias significativas entre los tratamientos establecidos, a excepción de la acidez y densidad expresaron una variación a 6 psi y 18 psi. En cuanto, a la estabilidad oxidativa no se expresa alguna variación significativa entre los tratamientos estudiadas.

Palabras claves. Semilla de palta, extracción de aceite, presión, estabilidad oxidativa, propiedades físicoquímicas.

ABSTRACT

As we move towards a more sustainable future, the circular economy is emerging as a key alternative to take advantage of the by-products generated in the food industry, the avocado seed is the by-product that could be a promising source of nutritional and functional compounds that can be used and added to food once subjected to agro-industrial processes. The objective of this study was to evaluate the yield, physicochemical properties and oxidative stability of the oil extracted from the avocado seed (*Persea americana Mill*) of the strong variety using the steam stripping technique at operating pressures of 6 Psi, 10 Psi, 14 Psi and 18 Psi. For which gravimetric methods were used to quantify the oil extraction yield, for the physicochemical properties the techniques recommended by the Peruvian Technical Standard (NTP in Spanish) were used and for oxidative stability using the RapidOxy method; the significant differences of the data obtained between the samples were analyzed through the analysis of variance (ANOVA) followed by multiple comparison of the treatments by the Tukey test with a confidence level of 95% ($p < 0.05$). The oil that was extracted from the avocado seed obtained a yield of $(0.24 - 0.34 \pm 0.02)$ %, Density of $(0.92 \pm 0.00$ to $0.94 \pm 0.00)$ g/cm³, Refractive Index (IR) 1.47 ± 0.01 , Index of acidity (AI) of $(1.47 \pm 0.08$ to $1.78 \pm 0.03)$ mg KOH/g, Ester Index (IE) of $(155.13 \pm 0.31$ to $157.56 \pm 1.66)$ mg KOH/g, Saponification Index $(156.62 \pm 0.28$ to $159.19 \pm 1.41)$ mg KOH/g. Likewise, the oxidative stability at 100 °C was $(11.5 \pm 0.88$ to $12.33 \pm 0.16)$ hours. The oil that was extracted from the avocado seed obtained a yield of $(10.38$ to $32.76 \pm 1.57)$ %, Density of $(0.92 \pm 0.00$ to $0.94 \pm 0.00)$ g/cm³, Refractive Index (IR) 1.47 ± 0.01 , Index of acidity (AI) of $(1.47 \pm 0.08$ to $1.78 \pm 0.03)$ mg KOH/g, Ester Index (IE) of $(155.13 \pm 0.31$ to $157.56 \pm 1.66)$ mg KOH/g, Saponification Index $(156.62 \pm 0.28$ to $159.19 \pm 1.41)$ mg KOH/g. Likewise, the oxidative stability was $(11.5 \pm 0.88$ to $12.33 \pm 0.16)$ hours. In this way, avocado seed oil obtains a higher yield at high operating pressure conditions, whose physicochemical characteristics related to refractive index, ester and saponification do not have significant differences between the established treatments, with the exception of acidity and density expressed a variation at 6 psi and 18 psi. Regarding oxidative stability, no significant variation is expressed between the treatments studied.

Keywords: avocado seed, oil extraction, pressure, oxidative stability, physicochemical properties.

CHUMASQA

Qipa pachaman risqanchikman hinam sumaq qali kawsakuymán richkanchik, muyuqlla chaninta maskaymi allin niraq kachkan chay kawsaykunapa rurasqanpa puchunkuna maskapanapaq, paltaypa rurunmi, kawsaypa saqisqa kaqnin, chaypim tarikunman allin kallpayuq qali kawsanapaq mikunakunaraq mikunanchikkunaman sumaqta rurapaykuspa yapaykunapaq. Kay yachaypa maskasqanman hinaqa yachay qatipaymi, imankunam chay kaqpa físico- químicas nisqan, imayna yanayaynin paltaypa rurunpa aceiten kasqankuna (*Persea americana* Mill) chay kapka paytaypa, chaytam yakupa waspinwan apachina kaykunaman hina 6 Psi, 10 psi, 14 Psi y 18 Psi. Chaypaqmi chay gravimétricos nisqanwan maynata aceite hurqusqata qatipana, chay imayna físicoquímicas kasqanpaqmi Peru suyupa kamachisqanman (NTP) hinawan rurakurqa, yanayaynin harkanapaqmi chay RapidOxy kaqwan rurakurqa, tarisqakuna huk niraq kasqankutam kay análisis de la varianza (ANOVA) nisqanwan rurakurqa chay achka tupachinapaq chay test de Tukey ruranawan. Chaymanmi kikinmanhina chayana kay 95% ($p < 0,05$) nisqankama. Paltaypa rurunmanta aceite hurqusqanmi kan $(0.24 - 0.34 \pm 0.02)$ %; wiswin kaq $(0.92 \pm 0.00$ a $0.94 \pm 0.00)$ g/cm³, imayna tikrakusqan (IR) 1.47 ± 0.01 , imayna puchqu kaynin (IA) de $(1.47 \pm 0.08$ a $1.78 \pm 0.03)$ mg KOH/g, imayna Ester kaynin (IE) kayna $(155.13 \pm 0.31$ kaykama $157.56 \pm 1.66)$ mg KOH/g, Imayna saponificación kasqan $(156.62 \pm 0.28$ a $159.19 \pm 1.41)$ mg KOH/g. Chaynallataqmi, yanayasqan sayananpaq karqa $(11.5 \pm 0.88$ a $12.33 \pm 0.16)$ hora nisqankama. Chaymi paltaypa aceite achka hurqkun unay ñitichisqaqa, rurasqaqa, chay físicoquímicas kaqninkunam hukniraqyamun chay ester hinallataq saponificación nisqanwan, manam nischu hukniraq kayqa rikukunchu hukwan rurasqaqa, astawanqa chay puchqu aswan wiswi kayllanmi kayna tarikun 6 psi y 18 psi. Chay yanayaq susiqachiyimi, mana hukniraqmanqa hukwan rurasqa kaspapas tikrakunchu.

Qapaq rimaykuna. Paltaypa rurun, aceite hurqusqa, kallpachasqa, yanayay harkaykuy, fisiquimicas kaqninkuna.

INTRODUCCIÓN

Los aguacates también llamada palta (*Persea americana Mill.*) son populares debido al importante nivel de nutrientes y beneficios para la salud, cuya demanda ha incrementado en los mercados tanto en los mercados nacionales como en los mercados internacionales. La palta se cultiva principalmente en México, Santo Domingo, Perú, Indonesia, Colombia, Brasil, Kenia, Venezuela, Chile, Estados Unidos, Nueva Zelanda y Sudáfrica (FAO, 2018), pero tras el consumo en fresco y proceso industrial, se genera grandes cantidades de “desechos”, principalmente cáscara y semillas; este subproducto (semilla) representa alrededor del 22-30% del peso total del fruto. (Sánchez-Quezada et al., 2023; Alissa, 2020). Este subproducto, posee un importante aporte en componentes funcionales y bioactivos, a saber, polisacáridos, proteínas, lípidos, minerales y vitaminas (Melgar et al., 2018) y compuesto bioactivo como compuestos fenólicos, tocoferoles, fibra y almidón (Sánchez-Quezada et al., 2023). En cuanto a los lípidos en la semilla de aguacate destacan por tener un alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados, furano, acetogeninas, isoprenoide y otros derivados de los lípidos (Soledad et al., 2021). Asimismo, las semillas de palta contienen muchas pléoras de bioactivos, como, fenoles, flavonoides y condensados y como extractos han sido examinados por sus bioactividades, como antihiperoglucemiantes y anticancerígenos (Tremocoldi et al., 2018; Lara-Marquez et al., 2020). Las diferentes actividades atribuidas a los compuestos de semilla de palta abren la posibilidad de aplicaciones nutracéuticas innovadoras en las áreas de alimentos, farmacia y cosmética. Por lo tanto, la valorización de los subproductos de palta es una estrategia de economía circular, contribuyendo así a la sostenibilidad de la industria alimentaria. por lo que en esta investigación nos hemos enfocado al estudio acerca del rendimiento en la extracción, las propiedades fisicoquímicas y conocer la estabilidad oxidativa del aceite extraído de la semilla de palta mediante la técnica por arrastre de vapor de agua a distintas presiones de operación (6,10,14,18 psi), de esta manera, el aceite de la semilla como un producto nuevo podría ser suministrado para usos diversos industriales o directamente para la alimentación humana.

La presente investigación está estructurada en cinco capítulos, los cuales se detallan a continuación:

El primer capítulo, presenta el problema de investigación, en este capítulo se describe la

problemática actual acerca de la generación del subproducto como residuo (semilla) que se generan tras el consumo en fresco y en la industrialización de palta.

En el segundo capítulo, se describen los estudios previos acerca de la extracción y caracterización de aceite de la semilla de palta y de los similares productos de origen vegetal a fin de conocer los principales hallazgos y compararlos con nuestros resultados.

El tercer capítulo, contiene el marco teórico, los cuales son conceptos de temas tratados en esta investigación como sustento teórico.

El cuarto capítulo, se refiere a la metodología de la investigación, el cual se detalla a partir de la descripción de lugar de ejecución, materiales utilizados, población, muestra, tipo de investigación y el diseño estadístico experimental de la investigación.

El quinto capítulo, se reporta los resultados y la descripción de la discusión en el que se contrasta los resultados alcanzados en la presente investigación con los reportes de otros autores.

Finalmente, se presenta las conclusiones y recomendaciones generadas luego de haber conocido los valores medios de cada análisis que fueron efectuadas en la presente investigación.

CAPITULO I

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los frutos de palta luego de su consumo en fresco o al industrializar generan una gran cantidad de subproductos (cáscara y semillas); la semilla es el principal subproducto que representa del 22 al 30% del peso total de la fruta. También informaron que 1,45 millones de toneladas de palta incluido las semillas se desperdician al año, produciendo una alta generación de residuos y aumentando la contaminación ambiental (Sánchez-Quezada et al., 2023; Alissa, 2020). Por otra parte, los últimos datos disponibles sobre la inseguridad alimentaria son cada vez preocupantes. 820 millones de personas padecieron inseguridad alimentaria antes de la pandemia, y se agregaron otros 130 millones durante la crisis (Sharma et al., 2022). En 2050 la población mundial alcanzará los 9 900 millones de personas, lo que hará más difícil alimentarla en los próximos años, que a su vez ejercerá mayor presión sobre los recursos naturales que provocará aún más el incremento de GEI y el cambio climático, sin embargo, los ODS hacia el 2030, concretamente los objetivos 2 y 12: plantean asegurar el acceso de toda la población a una alimentación sana y combatir los residuos que se genera en toda la cadena productiva (valorización de residuos agroalimentarios), por lo que, el aprovechamiento de los subproductos como en el caso de la semilla de palta, por un lado, se evitaría la contaminación y deterioro del medio ambiente, y por otra parte, reduciría el problema del hambre. Por lo que, la extracción del aceite de la semilla de palta resultaría un producto valioso para la incorporación en la dieta de las personas o para emplear en diversas aplicaciones como aditivos alimentarios, nutraceuticos, terapéuticos, cosméticos y otros, según sus compuestos bioactivos identificados.

Es nuestro pleno conocimiento que los aceites son consumidos tanto crudos en aliños como en alimentos tras procesos de cocinado (fritura, asado, horneado...). La utilización y consumo de estos aceites ha ido cambiando con el tiempo según distintos criterios como la facilidad de producción, utilidades culinarias, combustibles, propiedades saludables, etc. por tanto una vez extraída el aceite de semilla de palta es fundamental la realización de la caracterización fisicoquímica y estabilidad oxidativa los cuales nos podrían ayudar orientar su uso de manera más eficiente en la industrialización e incorporar a la seguridad alimentaria. En este sentido, nos motivó saber el rendimiento de extracción de aceite a partir de la semilla de palta mediante el método de arrastre de vapor de agua por ser este

método más amigable con el medioambiente en comparación con los métodos convencionales de extracción, y además conocer las características físico químicas y la estabilidad oxidativa del aceite extraído en el presente estudio.

1.1.1. Formulación del problema

Problema General

- ¿Cuál es el rendimiento de extracción, características fisicoquímicas y estabilidad oxidativa de aceite de la semilla de palta (*Persea americana Mill*) de variedad fuerte, extraída a diferentes presiones mediante el método de destilación por arrastre de vapor?

Problemas Específicos

- ¿Cuál es el rendimiento de extracción del aceite de la semilla de palta variedad fuerte a diferentes presiones (6,10,14,18 psi) mediante el método de destilación por arrastre de vapor?
- ¿Cuáles son las características físicas y químicas que presenta el aceite de la semilla de palta variedad fuerte a diferentes presiones (6,10,14,18 psi) mediante el método de destilación por arrastre de vapor?
- ¿Cuál es la estabilidad oxidativa del aceite de la semilla de palta variedad fuerte a diferentes presiones (6,10,14,18 psi) mediante el método de destilación por arrastre de vapor?

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Justificación teórica

A medida que la industria alimentaria busca volverse más sostenible, es esencial utilizar los residuos generados durante el procesamiento en productos de valor agregado (Punia-Bangar et al., 2022). Los estudios han demostrado que las semillas de palta son una buena fuente de compuestos bioactivos y en cuanto al aporte nutricional, las semillas de palta contienen del 43 al 85 % en peso (masa seca) de carbohidratos (p. ej., celulosa, hemicelulosas, lignina), del 2 al 4 % en peso de lípidos, del 3 al 9 % en peso de proteínas y del 2 al 4 % en peso de minerales (Páramos et al., 2020). Asimismo, el extracto de semillas de palta es abundante en ácidos grasos (particularmente ácido oleico, linoleico y

palmítico) y derivados, a saber, acetogeninas, pahuatinas, persinas, avocatinas o alcoholes de ácidos grasos. y dado que, la semilla de palta denota un aporte nutricional y funcional para la salud humana, este subproducto podría ser una fuente de suministro en el sistema alimentario por lo que es necesario fomentar su valorización mediante una investigación en profundidad sobre la seguridad y utilidad en productos procesados. En este sentido, en el presente estudio al extraer aceite mediante arrastre de vapor de agua a diferentes presiones de operación, caracterizar sus componentes fisicoquímicas y la estabilidad oxidativa del aceite obtenido, se constituye un aporte científico desde la ingeniería agroindustrial, que servirá como una fuente de consulta futura dado que no existen investigaciones o tesis referidas específicamente a la descripción y comparación entre diferentes escalas de presión de operación para la extracción de aceite de semilla de palta variedad fuerte por lo que proporcionan información cuantitativa sobre el rendimiento de obtención de aceite, así como su densidad, índice de refracción, índice de saponificación, índice de éster, índice de acidez y lo ya mencionado anteriormente estabilidad oxidativa.

Justificación práctica.

Los resultados de esta investigación permitirán a sopesar o comparar entre las escalas de presión de extracción para definir el mejor, y esto se logrará determinando si es que existen diferencias significativas de rendimiento, características físico-químicas y en su estabilidad oxidativa del aceite de la semilla de palta. Y, por otra parte, una vez identificada las mejores condiciones de presión de operación de la extracción de aceite de la semilla de palta, permitirá añadir valor al subproducto de palta fuerte, que logrará integrar a los productores pequeños y medianos de palta con un enfoque inclusivo y así generar oportunidades de desarrollo socioeconómico en las zonas rurales, principalmente en el distrito de Rocchacc y de los distritos aledaño en la región Apurímac.

Justificación metodológica.

Existen diferentes metodologías para la extracción de aceite, las cuales se estudian constantemente, siempre buscando el mayor rendimiento y muchas veces sin comprometer su calidad. Entre las que destacan son el método soxhlet, el prensado y el centrifugado en frío, fluidos supercríticos y otros.

Algunos métodos convencionales permiten extraer mayor cantidad de aceite, pero su gran desventaja es el uso de disolventes orgánicos, cuestionados por su seguridad y toxicidad, debido a la residualidad en el producto final, que afecta no solo la salud sino también el

medio ambiente. Por lo tanto, desde los ensayos previos y el escalamiento de procesos productivos industriales se requiere emplear tecnología limpia, libre de residuos tóxicos, no inflamable, de bajo costo, entre otras ventajas. En este sentido, este trabajo de investigación está orientado a la obtención de un aceite de la semilla de palta, utilizando el método arrastre de vapor de agua en un sistema de destilación directa, donde, el generador de vapor no forma parte del recipiente donde se almacena la materia prima, es externo y suministra un flujo constante de vapor. Donde, el aceite obtenido podría ser un producto final o intermedio de uso potencial, con alto valor agregado, sin residuos de agentes externos, por lo que se ha empleado tecnología limpia y amigable con el medio ambiente.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

Determinar el rendimiento, las características físicas, químicas y la estabilidad oxidativa del aceite extraída de la semilla de palta (*Persea americana* Mill) variedad fuerte a diferentes presiones de operación mediante el método de destilación por arrastre de vapor.

Objetivos Específicos

- Determinar el rendimiento de extracción del aceite de la semilla de palta variedad fuerte a diferentes presiones de operación (6,10,14,18 psi) mediante el método de destilación por arrastre de vapor.
- Determinar las características físicas, químicas de aceite de la semilla de palta (*Persea americana* Mill) variedad fuerte obtenidas a diferentes presiones de operación (6,10,14,18 psi) mediante el método de destilación por arrastre de vapor.
- Determinar la estabilidad oxidativa del aceite de la semilla de palta (*Persea americana* Mill) variedad fuerte obtenidas a diferentes presiones de operación (6,10,14,18 psi) mediante el método de destilación por arrastre de vapor.

1.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Hipótesis General

- A medida que aumenta la presión de operación a través del método de destilación por arrastre de vapor de agua, aumenta el rendimiento de extracción, varía las características físicoquímicas y estabilidad oxidativa del aceite extraído de la semilla de palta (*Persea americana Mill*) variedad fuerte

Hipótesis Específicas

- A medida que aumenta la presión de operación (6,10,14,18 psi) a través del método de destilación por arrastre de vapor de agua mejora el rendimiento de extracción de aceite de la semilla de palta variedad fuerte.
- Las características físicoquímicas de aceite extraído de la semilla de palta varía a medida que la presión de operación (6,10,14,18 psi) incrementa por el método de destilación por arrastre de vapor de agua.
- La estabilidad oxidativa de aceite extraído de la semilla de palta se ve afectada a medida que la presión de operación (6,10,14,18 psi) incrementa por el método de destilación por arrastre de vapor de agua.

CAPITULO II

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Sánchez - Quezada et al., (2023). En su investigación, desarrollaron ingredientes tipo emulsión a partir de semilla de palta para evaluar su calidad, estabilidad, citotoxicidad y propiedades nutraceuticas antes/después de la digestión oral-gástrica in vitro. La extracción de lípidos por ultrasonido logró un rendimiento de extracción de hasta el 95,75 % en comparación con la extracción convencional Soxhlet ($p > 0,05$). Las formulaciones de seis ingredientes (E1-E6) se mantuvieron estables hasta el día 20 durante el almacenamiento, preservando su capacidad antioxidante y mostrando una baja oxidación in vitro. en comparación con el control. Ninguno de los ingredientes tipo emulsión se consideró citotóxico según el ensayo de letalidad del camarón (CL 50 $> 1000 \mu\text{g/mL}$). Los ingredientes E2, E3 y E4 generaron bajas concentraciones de lipoperóxidos y alta capacidad antioxidante durante la etapa oral-gástrica. La fase gástrica de 25 minutos mostró la mayor capacidad antioxidante y baja lipoperoxidación. Los resultados sugirieron que los derivados de las semillas de palta podrían usarse para desarrollar ingredientes funcionales con propiedades nutraceuticas.

Akusu y Wordu (2019), En su investigación extrajeron aceite de la semilla (*Allanblackia floribunda*), cuyo rendimiento de extracción fue 65,31%. La muestra de aceite lo analizaron en cuanto a composición química, propiedades físicas y perfil de ácidos grasos. Los ácidos grasos saturados totales fue 34,12%, mientras que para los ácidos grasos insaturados totales se registró valores de 48,36%, el ácido linoleico representa el 1,18%. Como propiedad química, el valor de yodo se registró 40,29 g/100 g. El valor de peróxido 0,49 mEq/kg. El punto de fusión fue 35,40°C. teniendo en cuenta que el aceite de semilla de *Allanblackia*, posee un punto de fusión de 35,40°C, proporcionará una buena base sólida para la producción de grasa de panadería.

Hennessey, (2017), utilizó la técnica Soxhlet para la extracción del aceite a partir de mesocarpios residuales de palta variedad Hass, cuyo rendimiento de extracción fue de 71,26% $\pm 1,25$. La densidad 0,875; Índice de refracción 1,4585 a 24,8 °C; Índice de acidez 0,1046 %; Índice de saponificación (190,74 mg KOH/g); Índice de yodo (177,52 cg I₂/g); Índice de peróxidos (34,85 meq. de oxígeno peróxido/Kg). Asimismo, los extractos evaluados a partir de la semilla de palta variedad Lorena con soluciones de hidróxido de

sodio, alcohol etílico y solo agua, no presentan actividad antimicrobiana frente a cepas de *Staphylococcus aureus* subsp ATCC 29213 y *Escherichia coli* ATCC 25922.

Yepes et al., (2017) realizaron la extracción del aceite de la pulpa de frutos de palta (*Persea americana* Mill. cv. Hass) en madurez organoléptica correspondiente al día doce después de cosechado, por ser el día que presentó mayor concentración lipídica equivalente al 20 %. Se utilizó el sistema de extracción mediante un proceso termomecánico, donde la variable respuesta fue el rendimiento de aceite obtenido expresado en porcentaje y la variable control fue la temperatura de extracción. El índice de saponificación hallado fue 195,55 mg KOH/g, el índice de peróxidos encontrado fue 5,56 meq O₂/kg. El índice de acidez de 0,38%. Además el aceite de palta obtenido puede clasificarse como extra virgen, con alto contenido en ácidos grasos ω₃, ω₆ y Vitamina E correspondiente a 759,29 mg/100g, 12.862,30 mg/100 g y 10,11 mg/100 g respectivamente, lo cual posiciona el aceite de palta como un alimento altamente nutritivo y potencialmente funcional.

Maszewska et al., (2018). Realizaron la comparación de la estabilidad oxidativa de los aceites refinados (maní, maíz, salvado de arroz, semilla de uva y colza). Los aceites fueron sometidos a Schaal Oven Test (temperatura 63 ± 1 °C) y Rancimat (temperatura 120 °C) y se comparó su estabilidad al 1° y 12° mes de almacenamiento. Los cambios en los valores de peróxido (PV) y anisidina (AnV) en la prueba del termostato fueron más rápidos en aceite de colza y aceite de semilla de uva. La mejor calidad la conservaron los aceites de cacahuete y maíz tanto en el primer como en el duodécimo mes de almacenamiento. Los tiempos de inducción para los aceites de salvado de arroz, maíz, maní y colza fueron similares de 4,77 h a 5,02 h en el primer mes y de 3,22 h a 3,77 h en el duodécimo mes. Los tiempos de inducción más cortos se determinaron para el aceite de semilla de uva: 2,4 h y 1,6 h, respectivamente. Se encontró una disminución de la estabilidad oxidativa de alrededor del 30% en todos los aceites después de 12 meses de almacenamiento. Los PV de 10, determinados en las pruebas de termostato y Rancimat, se lograron a más tardar en aceite de maíz y más rápido en aceite de salvado de arroz.

Schwartz et al., (2007). Estudiaron el mejoramiento del rendimiento de la extracción de aceite de palta (*Persea americana* Mill.), con 2 preparados enzimáticos y la mezcla de ellos, y el efecto sobre algunas de sus características físicas, químicas y sensoriales. La pulpa fue tratada con tres complejos enzimáticos: Pectinex Ultra SP-L, Olivex y la mezcla

de ellos, en tres concentraciones y luego prensada hidráulicamente. La mezcla oleoacuosa obtenida fue centrifugada para separar el aceite. Para el análisis estadístico de los rendimientos de extracción de aceite se realizó un diseño experimental completamente al azar con estructura factorial 3*3 (3 preparados enzimáticos y 3 concentraciones) con tres repeticiones para cada tratamiento. Para determinar estadísticamente el mejor rendimiento de los 9 ensayos enzimáticos, se hizo un ANOVA y pruebas de rango múltiple de Duncan. Con la mezcla Pectinex Ultra SP-L / Olivex (1:1) como con Pectinex Ultra SP-L a la misma concentración, se logró un rendimiento de extracción del aceite del orden de un 80%. Con Olivex sólo alcanzó un 71% de rendimiento. El aceite resultante tuvo un índice de yodo 69,61g I/100g índice de saponificación, 195,01 mg KOH g⁻¹, ácidos grasos libres, 1,56%, índice de peróxidos 19,58 meq Kg⁻¹, $\rho = 0,915$, índice de refracción (25° C), 1,4686, viscosidad (20° C), 43 cP. Su perfil lipídico indica que contiene los ácidos oleico (75,12%), linoleico (8,76%), palmítico (8,61%) y palmitooleico¹ (48%). El análisis sensorial indica que se trata de un producto de buena calidad por su apariencia, brillo, color, aroma y sabor.

Moreno et al., (2003). Efectuaron el estudio de los cambios físicos y químicos, el perfil de ácidos grasos, el contenido de ácidos grasos trans y la identificación de compuestos volátiles de los aceites de pulpa de palta (*Persea americana Mill.*), obtenidos por cuatro métodos de extracción diferentes. El método con mayor rendimiento de extracción fue el método combinado microondas-hexano. La cantidad de ácidos grasos trans producidos en el tratamiento de compresión con microondas fue <0,5 g/100 g. Por otro lado, las cantidades de ácidos grasos trans producidos con los tratamientos con hexano y acetona fueron 0.52 y 0. 87 g/100 g, respectivamente. obtuvo densidades por el método de microondas y compresión (0.9102 g/cm³), microondas y hexano (0.9103 g/cm³), hexano (0.9100 g/cm³), acetona (0.9010 g/cm³). Los diferentes tratamientos como microondas, hexano y acetona obtuvieron índices de refracción de 1.467, 1.466 y 1.465 respectivamente. índices de refracción de 1.467, 1.466 y 1.465 respectivamente. índice de saponificación de 241 mg KOH/g por microondas, 235 mg KOH/g por microondas más hexano, 273 mg KOH/g con hexano y 168 mg KOH/g con acetona. El método que causó la más mínima modificación en la calidad del aceite fue un novedoso método de extracción combinada de compresión por microondas propuesto por los autores.

Anwar et al., (2003). Efectuaron la determinación de la estabilidad oxidativa de diferentes aceites comestibles, grasas y productos grasos típicos se realizó mediante el método Rancimat y el método del oxígeno activo. Los períodos de inducción (IP) se registraron en condiciones controladas a 110, 120 y 130 ± 0,1 °C para todos los productos y en un rango de 100 a 160 °C para grasas seleccionadas. Una evaluación general de la estabilidad del aceite mantecas industriales y vanaspati siendo las grasas más estables, con IP que va desde 10.00 a 15.47 h. También se encontró que las muestras de margarina y mantequilla (IP, 4.98–6.04 h) mostraron una estabilidad oxidativa regular. Entre los aceites de cocina para ensalada extraídos y de mercado abierto, el aceite de colza (IP, 4,10 h) y el aceite de soja (IP, 4,00 h) mostraron la mayor estabilidad oxidativa, mientras que Salicornia bigeloviiel aceite (IP, 1,40 h) fue el menos estable. Los períodos de inducción de los productos grasos típicos oscilaron entre 2,59 y 9,20 h. El CV para cuatro determinaciones fue <5,2 % para manteca y productos vanaspati y <4,3 % para varios aceites vegetales, margarina, mantequilla y productos grasos típicos. Los valores de Rancimat IP obtenidos a 110, 120 y 130 °C fueron 40–46, 20–25 y 9–13 % de los valores del método de oxígeno activo, respectivamente, lo que corresponde a una disminución en Rancimat IP por un factor de 1,99 con cada 10 °C de aumento de la temperatura. De manera similar, en el rango de temperatura de 100 a 160 °C, un aumento de 10 °C disminuyó la IP de Rancimat en un factor de 1,99.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Guillén (2016) realizó el estudio acerca de la “obtención y caracterización fisicoquímica del aceite de palta Hass (*Persea Americana will*) extraído mediante técnicas en frío (prensado) y en caliente (Soxhlet)". El aceite de palta de la variedad Hass se sometió a una serie de pruebas físicas y químicas, cuyos resultados mostraron que el aceite tenía un color verde oscuro cuando se extraía por soxhlet, una densidad relativa de 0,80 g/ml a 20 grados, un índice de refracción de 1,44 a 25 grados, un índice de peróxido de 19,181 meq/kg de aceite, un índice de yodo de 80,764 g/100g de aceite y un porcentaje de ácidos grasos libres igual a un color verde esmeralda cuando se extraía por prensado en frío, cuya densidad relativa fue de 0. 947 g/ml a 20 grados Celsius, un índice de refracción de 1,470 grados Celsius a 25 grados Celsius, un índice de peróxido de 10,446 meq/kg de aceite, índice de yodo un valor de 106 g/100g de aceite, un porcentaje de ácidos grasos libres de 0,616%, un punto de fusión de 12 grados Celsius.

Condori (2016), analizó la extracción de aceite de palta (*Persea americana Will*) de la variedad Fuerte por evaporación rápida de agua. Se realizó la caracterización física del fruto. Al aceite obtenido se realizó pruebas de calidad en términos de índice de acidez, índice de peróxido, índice de yodo, índice de saponificación y gravedad específica. se obtuvo por el método de evaporación rápida de agua (MERA) 29.1% de aceite y presentó valores 0.910 ± 0.00 , 1.000, 0.10 (%), 2.20 (meq/kg), 130.20 (g/100 g), 130.00 (mg/g), y 33.60 ± 16.83 (cP) para gravedad específica, Índice de refracción (50 °C), Índice de acidez, Índice de peróxidos, Índice de yodo, Índice de saponificación y viscosidad, respectivamente. El proceso de extracción por evaporación rápida de agua da fe de que es un proceso viable y rápido, que permitirá abrir posibilidades de dar un valor a la palta.

Rengifo et al. (2015), caracterizó al aceite de la semilla de *Persea americana Mill.* Variedad Fuerte y su actividad antioxidante. Al aceite obtenido por el método de Soxhlet, se le hizo la caracterización fisicoquímica siguiendo las normas AOCS (Sociedad Americana de la Química del Aceite), el perfil de ácidos grasos mediante el método cromatográfico de gases y la actividad antioxidante por el método DPPH. La caracterización fisicoquímica reportó valores promedios y desviación estándar de $2,12 \pm 0,015$; $1,40 \pm 0,047$; $242,30 \pm 5,449$; $70,62 \pm 2,82$ y $0,919 \pm 0,024$ para índices de acidez, peróxido, saponificación, iodo y gravedad específica, respectivamente; con una significación $p < 0,05$. Asimismo, tuvo valores de $9,676 \pm 0,260$; $8,700 \pm 0,260$ y $7,37 \pm 0,169$ para el aceite total, la fracción saponificable y la insaponificable, respectivamente. El aceite caracterizado tuvo una calidad comparable al aceite de oliva extra virgen y su actividad antioxidante se debería a la presencia de polifenoles y esteroides.

Pawar et al., (2014). Evaluaron los parámetros operativos de Rancimat, incluido el peso de la muestra (3, 6, 9 g), la tasa de flujo de aire (10, 15, 20 L/h) y la temperatura (110, 120, 130 °C) para determinar sus efectos sobre el índice de estabilidad oxidativa, coeficiente de temperatura, número Q10 (medidas de estabilidad oxidativa) y predicción de la vida útil de la mantequilla refinada (grasa láctea anhidra). Estos parámetros mostraron efectos estadísticamente significativos sobre el índice de estabilidad oxidativa. Se observó que cuando el peso de la muestra y la tasa de flujo de aire a una temperatura dada estaban en condiciones de aire saturado, los índices de estabilidad oxidativa no mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$). A medida que aumentaba la temperatura, el índice de estabilidad oxidativa disminuía a 110 °C (18.57 a 24,35 h); 120 °C (9,38 a

10,72 h) y 130 °C (4,31 a 4,93 h) y el coeficiente de variación promedio era mínimo a 120°C. Las condiciones bajo las cuales la muestra estaba saturada con aire y tenía un índice de estabilidad oxidativa relativamente más bajo, fue con un peso de muestra de 6 g, una temperatura de 120°C y un caudal de aire de 15 L/h. El coeficiente de temperatura y el número Q10 fueron independientes del peso de la muestra y la tasa de flujo de aire, sin embargo, tuvieron un efecto significativo en la predicción de la vida útil de la mantequilla refinada.

CAPITULO III

3.1. Bases teóricas

3.1.1. La palta

De la palabra náhuatl "Ahuacatl", que se habla en Mesoamérica, procede el nombre popular del fruto del palta (*Persea americana Will*). "Aguacate" Nombres alternativos comunes palta (quechua, Perú, Chile), cura (Chibcha, Colombia, Venezuela), aguacate (portugués, Brasil), avocado (Ingles, EU). (Téliz, 2007). Por otro lado, se afirma que el nombre aguacate es de origen quechua; aparece en la publicación de 1605 Los "Comentarios Reales de los Incas", escritos por Garcilaso de la Vega, mencionan a los cultivadores de palta que residían en la actual provincia de Loja (Ecuador). Entre 1450 y 1475, el inca Túpac Yupanqui sometió a esta etnia. En la actualidad, Perú, Bolivia, Chile, Argentina y Uruguay lo denominan aguacate (*Persea americana*) con bastante regularidad (Rengifo., 2014).

Según Ros et al. (2003), los árboles de palta pueden crecer en cualquier lugar entre el nivel del mar y los 2.200 metros sobre el nivel del mar. Adicionalmente, al respecto (Romani et al., 2017) menciona que actualmente la palta se cultiva en casi todas las naciones con climas cálidos y templados, entre ellos el Perú, que cuenta con una variedad de microclimas, uno de los cuales tiene cualidades favorables para el desarrollo de esta especie, particularmente en zonas cálidas de la provincia de Huanta y el Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM). En la figura 1 se visualiza el fruto del palta en estado inmaduro.

Figura 1.

Fruto de la palta



Nota. Fruto de la palta en estado inmadurez.

Fuente: Bernal y Díaz, (2005)

En varias zonas tropicales y subtropicales del mundo se cultiva la palta, que produce 2 millones de toneladas al año. Al contener más nutrientes que otras frutas, según investigaciones científicas realizadas en instituciones de Europa y Estados Unidos, la palta son una fruta beneficiosa para la salud. Además, incluyen una alta cantidad de luteína, una proteína que protege contra enfermedades oculares en personas mayores (Herrera y Narrea, 2011). En la tabla 1 se describe la clasificación taxonómica de palta a fin de uniformizar su denominación entorno científica.

Tabla 1.

La clasificación taxonómica de palta (Persea americana)

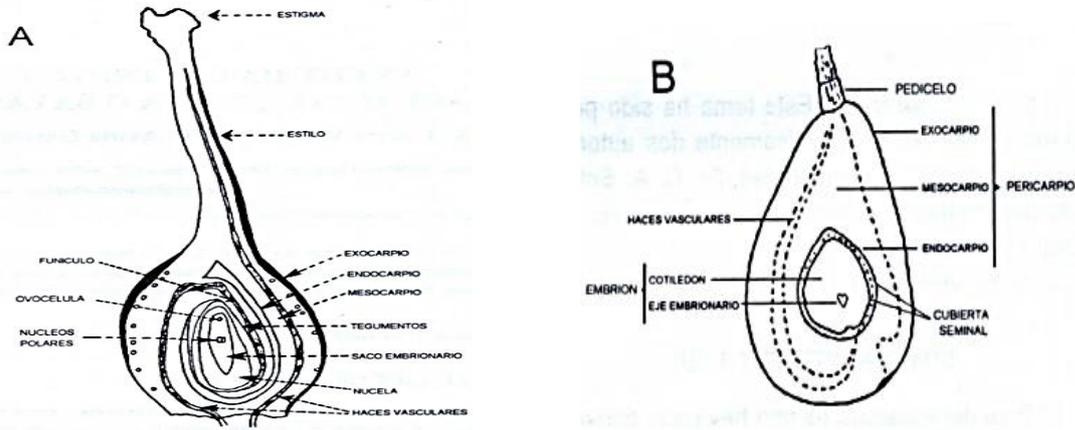
Reino	Plantae
Sub reino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnolio sida
Orden	Laurales
Familia	Lauraceae
Género	Persea
Especie	<i>Persea americana</i>
Nombre	<i>Persea americana</i> Mill

Fuente: Maza (2008).

Existen opiniones encontradas sobre la nomenclatura científica exacta de la palta; algunos autores afirman que todos los tipos o formas del fruto pertenecen a una única especie (*Persea americana*), mientras que otros sostienen que en realidad existen tres especies, una para cada grupo ecológico (Barahona & Sancho, 2002). El fruto de la planta *Persea americana* es una baya que tiene un mesocarpio carnoso y un endocarpio que contiene una sola semilla (Olaeta et al., 2007).

Figura 2.

A) Pistilo de palta y B) fruto de palta.



Nota. Ilustración del pistilo y el fruto de la palta o conocida también como palta

Fuente: parte (A) (Tomer & Gottreich, 1976) y B) (Cummings & Schroeder, 1942).

a) Principales variedades

En Perú existen varios tipos de palta; el fuerte, el hall, el hass y el nabal se consideran los más importantes. El hass y el fuerte son los tipos mejor valorados en el mercado peruano.

b) Variedad fuerte

Origen: Existen opiniones divergentes sobre la nomenclatura científica exacta del palta; algunos autores creen que todas las variedades o formas del fruto son miembros de una única especie (*Persea americana*), mientras que otros afirman que en realidad existen tres especies, una para cada grupo ecológico (Barahona y Sancho, 2002). La planta *Persea americana* produce bayas, cada una de las cuales incluye un mesocarpo carnoso y un endocarpo que alberga una única semilla (Barragán 1999).

Características: Tiene un potencial de producción de entre 1.000 y 1.500 frutos cada 10 años y es la segunda de mayor rendimiento después de la variedad Hass. El fruto tiene forma de pirámide piriforme, pesa entre 180 y 300 gramos, tiene una epidermis a la vez flexible y elástica, y presenta una tonalidad verde apagada. Debido a su alta calidad y resistencia a los viajes, es uno de los más ampliamente distribuidos tanto en Norteamérica como en Europa (Bartoli, 2008). Este tipo en particular tiene el potencial de producir frutos no polinizados y sin semillas, que se caracterizan por su forma alargada y diminuta y se conocen como los pepinillos. A la hora de florecer, puede ser bastante exigente, y a la hora

de cuajar, puede ser sensible tanto a las temperaturas frías como a las cálidas, que pueden repercutir no sólo en los órganos florales, sino también en la viabilidad del polen. El proceso de floración es muy exigente. La variedad fuerte es clasificada como Tipo B debido a que sus flores se abren por las tardes como órgano femenino receptivo y por las mañanas el órgano masculino es receptivo, con respecto al tipo de flor (Maldonado 2006).

3.2. La semilla o pepa de la palta

A la semilla del palta se le atribuyen algunas propiedades de tipo farmacológicas debido a la presencia de ácidos grasos (Werman et al., 1986), compuestos polifenólicos y esteroides (Lozano et al., 1993) Ha sido usada desde épocas precolombinas contra padecimientos tales como dolores musculoesqueléticos, parásitos e infecciones fúngicas (Cabrera, 1996). Por otro lado, el tejido secretor de las plantas es el órgano encargado de la producción de una gran variedad de compuestos, entre los que se incluyen taninos, esencias, resinas, látex y glúcidos, por nombrar sólo algunos. Estos compuestos pueden ser descargados en cavidades o retenidos en el interior del tejido secretor de la planta. Como consecuencia directa de ello, puede haber células secretoras aisladas, así como epidermis secretoras y canales excretores. En el caso de la epidermis secretora, las células epidérmicas crean esencias volátiles y las recogen en el citoplasma de sus propias células. Este proceso se produce en la epidermis. En los canales excretores se trata de cavidades situadas en los parénquimas, rodeados de células que excretan los productos elaborados (Camefort, 1977).

El pericarpio de un palta se compone de tres capas: el exocarpo (la cáscara), el mesocarpo (la pulpa) y el endocarpo, además de la cubierta de la semilla. El endocarpo se compone de pocas capas de parénquima de células aplanadas tangencialmente que a menudo se adhieren a la testa (Barrientos, 1996).

Las células del parénquima, en las semillas, almacenan almidón (gránulos fundidos o agrietados en cotiledones y en el endospermo), proteínas (esferas o cuerpos pequeños e irregulares), o aceites (elaioplastos o en esferosomas) (Esau, 1977). El almidón después de tinción con yodo presenta una coloración azul a violeta (Miehe, 1928; Curtis, 1986), en cambio las proteínas se tiñen de color amarillo (Miehe, 1928). Los lípidos se tiñen de rojo con el Sudán III y el Sudán IV (Mauseth, 1988) y se ennegrecen con el ácido ósmico y la intensa osmiofilidad indica alto grado de instauración (Camefort, 1977), (Esau, 1977). Cuando hay taninos, éstos se tiñen de color amarillo, rojo o café con safranina

(Mauseth, 1988), es típico encontrarlos en color fuerte y en gran cantidad y pueden estar localizados en células alargadas llamadas sacos de taninos (Esau, 1977).

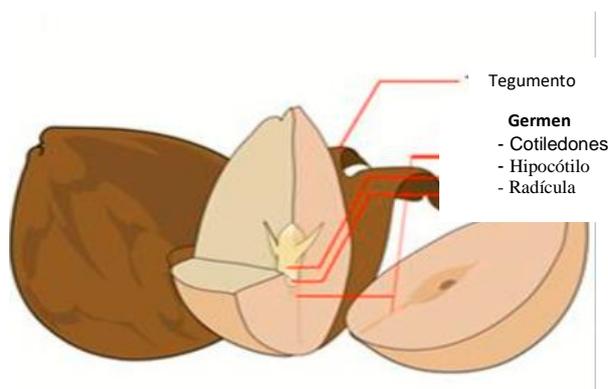
El embrión contiene nutrientes de reserva, orgánicos e inorgánicos, localizados alrededor del embrión o en sus mismos tejidos; contiene aproximadamente el 50% del aceite de la semilla y antes de germinar presenta una situación citológica que indica inactividad, esto es la presencia de proteínas y lípidos de reserva (Scagel et al, 1987; Esau, 1977).

3.3. Estructura y forma de la semilla de palta

Los cotiledones de la semilla de palta se forman principalmente de parénquima que contiene almidón y taninos. (Barrientos, 2006), informa que la semilla de palta está compuesta por cubierta seminal y embrión, carente de endospermo en la madurez. También contiene una plúmula, un hipocótilo y una radícula que están unidos a los cotiledones en el centro de la planta como se puede ver en la figura 3. El fruto maduro carece de endospermo y está envuelto en dos vainas seminales muy unidas entre sí.

Figura 3.

Partes de la semilla de palta



Nota. Ilustración de las partes de la semilla de palta

Fuente: Barrientos, (2006).

Bernal, (2005), refieren que la semilla de palta es grande y puede tener varias formas así: oblata, esferoide, elipsoide, ovada, ovada ancha, cordiforme de base aplanada con ápice redondo, de base aplanada con ápice cónico y otros; con dos envolturas muy pegadas. La superficie puede ser lisa, intermedia o rugosa; los cotiledones son semiesféricos y pueden ser de color marfil, amarillo, crema o rosa.

La semilla representa entre 15 a 16 % del peso en relación al fruto (García, 1999) y representa entre el 12 – 28 % del peso de la fruta, dependiendo de la variedad.

3.4. Composición química de la semilla de palta

La composición química de la semilla del cultivar Fuerte cultivada en Brasil en base natural (Bressani et al., 2009) se detallan en la tabla 2.

Tabla 2.

Composición química de la semilla de palta

COMPONENTES	CANTIDAD
Agua	56,04 ± 2,58 %
Lípidos	1,87 ± 0,31 %
Proteínas	1,95 ± 0,16 %
Ceniza	1,87 ± 0,24 %
Fibra	5,10 ± 1,11 %
Carbohidratos	33,17 ± 2,73 %

Fuente: Bressani *et al.*, (2009)

3.5. Usos de la semilla de palta

Según (Devia, 2004) informa que el palta (*Persea americana*) es una fruta comestible con una semilla muy voluminosa de la cual se extrae un colorante, una antocianina, que sirve para teñir tejidos naturales y alimentos. Se ha descubierto que la semilla del palta (*Persea americana*) posee numerosas características que pueden utilizarse en cosmética y medicina, entre ellas las siguientes: Debido a sus cualidades farmacológicas, que incluyen la inclusión de ácidos grasos, sustancias químicas polifenólicas y esteroides, se ha utilizado desde la época precolombina para tratar diversas infecciones, como micosis, dolores musculares y parásitos. Por sus cualidades cosmetológicas, la semilla tostada y pulverizada se utiliza en el tratamiento tanto de la caspa como de la caída del cabello.(Pahua, 2006).

La semilla de palta (*Persea americana*) es actualmente un residuo que se produce durante los procesos de fabricación de pulpa y aceite. Una forma de aprovechar este residuo es extraerlo para convertirlo en un producto que se pueda consumir como snack, y ésta es una de las posibilidades (Olaeta et al., 2007).

Blas, (2008). (2008). Se ha demostrado que la semilla del palta contiene almidón y ácido gálico, según algunos informes. En las hojas y brotes de la planta se pueden encontrar taninos, por lo que se utilizan para tratar algunos tipos de enteritis. Las propiedades

rubefacientes de la semilla machacada se activan cuando se aplican directamente sobre la piel.

a) Biomasa de la semilla de palta para la obtención de aceite

la Semilla de palta es empleada para la obtención de aceite el cual contiene antioxidantes y compuestos fenólicos (Soong & Barlow, 2004) Sin embargo, este tipo de aceite también puede esterificarse para producir biodiésel. Roger (1999) reportó que este aceite se puede aplicar en el control de la obesidad; mientras que Werman et al., (1991) estudiaron su efecto sobre el metabolismo del colágeno de la piel de ratas. Para lograr este objetivo, se combinaron aceites extraídos de diversas porciones del palta y se añadieron a la comida de las ratas en una concentración del 10% en peso. La cantidad de colágeno soluble en la piel que se encontró en las ratas a las que se administró aceite de palta sin procesar, así como aceite SA, mostró aumentos sustanciales. Dado que el impacto sólo se observó en las fracciones con un alto contenido en lípidos, se plantea la hipótesis de que un aumento de este tipo es el resultado de una inhibición de la enzima lisil oxidasa. Pushkar et al., (2001) caracterizaron los aceites de la pulpa y semilla de palta, detectando mediante cromatografía de gases la presencia de 22 y 27 ácidos grasos, respectivamente. La pulpa contenía un 21,3% de ácido palmítico, mientras que la semilla contenía un 20,8% de ácido palmítico. El ácido palmítico fue el predominante. La cantidad de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados que contenía cada uno de estos aceites era el principal factor que los diferenciaba entre sí.

b) Efecto cardiometabólico del aceite de la semilla de palta

Según los estudios de (Vivero et al., 2019) El aceite de palta disminuiría los factores de riesgo asociados al síndrome metabólico (SM) en ratas con alteraciones metabólicas inducidas por sacarosa, reduciendo significativamente los niveles de triglicéridos (TG) y de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y muy baja densidad (VLDL), sin presentar cambios en los niveles de lipoproteínas de alta densidad (HDL), ejerciendo así un efecto similar al de aceite de oliva debido a su similar contenido de antioxidantes. También se ha demostrado una disminución de la proteína C reactiva de Alta Sensibilidad (PCR-as), sugiriendo que el aceite de palta podría revertir algunos procesos inflamatorios en el SM. Al respecto, se ha postulado que el uso en forma crónica de hormonas esteroidales tiene un impacto sobre el perfil lipídico, en este sentido en ratones con estimulación androgénica, el uso de aceite de palta mejoraría los parámetros de colesterol total (CT),

HDL y VLDL, sin presentar modificación en los niveles de LDL (De Souza, Alves, Soares, Teles, & Alves, 2015).

c) Efecto anticancerígeno

La inhibición del crecimiento de células de cáncer de próstata humano se ha relacionado con el extracto cetónico de palta, rico en antioxidantes. Esta supresión demostró ser más significativa en células LNCaP dependientes de andrógenos que en células PC-3, que son células de cáncer de próstata humano 3. (Padilla et al., 2013). Por otra parte, la cantidad de vitamina E que se encuentra en los paltas (incluido el alfa tocoferol y el gamma tocoferol) sería suficiente para limitar el crecimiento de las células LNCaP y PC-334. En un modelo de células Michigan Cancer Foundation-7 (MCF-7), línea celular de cáncer epitelial de mamas, la defensina PaDef de la palta (*Persea americana* variedad *drymifolia*) resultó ser citotóxica para estas células cancerosas a través de la inducción de la apoptosis mitocondrial que regularía la expresión de genes relacionados con la apoptosis intrínseca de las células MCF-7, sugiriendo un potencial efecto de esta defensina en el tratamiento contra el cáncer (Guzmán, et al., 2016). El Instituto Nacional del Cáncer (NCI, EE.UU.) ha demostrado que los aislados de triterpenoides derivados de la semilla de palta muestran actividad citotóxica en células MCF-7 y HepG2 (cáncer hepático), con una eficacia anticancerígena inferior a 30 mg/mL de los compuestos bioactivo (Fitriani, Setiati, & Herawati, 2017). Por otro lado, el efecto de la síntesis *in vitro* de toxinas análogas producidas por la palta ((+)-(R)-persina y (+)-(R)-tetrahidropersina) en células de mama humanas, si bien no mostró efectos citostáticos y pro apoptóticos menores que las toxinas naturales, se sugiere que la matriz natural proporcionada por la palta para estas toxinas es necesaria para la actividad anticancerígena (Brooke et al., 2011). Sin embargo, la persina mostró propiedades estabilizadoras de los microtúbulos (unión a β tubulina) de las células cancerosas, siendo su actividad independiente de receptores de estrógenos y activa frente a células cancerosas con fenotipo MDR (multidrug resistance) sugiriendo un potencial efecto para el tratamiento de cánceres refractarios a quimioterapia convencional (Field et al., 2016).

Las sustancias bioactivas liposolubles extraídas de la palta, también han mostrado potenciales efectos anticancerígenos a nivel de ciclo celular, específicamente a través de la regulación de p27, proteína que bloquea el ciclo celular uniéndose al complejo ciclina Cdk (Eres et al., 1998) sugiriendo que parte de estos efectos de p27 se deben a los carotenoides y a la vitamina E (lípidos bioactivos) de la palta, que en conjunto con los

demás fitoquímicos derivados de la dieta contribuirían a la reducción del riesgo de cáncer de próstata (Padilla et al., 2013). Los compuestos cetogénicos alifáticos presentes en la palta podrían inhibir la proliferación celular del cáncer oral. Específicamente, un extracto bioactivo soluble en cloroformo (identificado como D003) aislado del mesocarpio de la palta, en conjunto con dos componentes puros, actuaría sinérgica y selectivamente en la cascada de señalización EGFR/RAS/RAF/MEK/ERK1/2 de dichas células (Ambrosio et al., 2011). Esta vía de señalización es activada por factores de crecimiento asociados a la disminución de la apoptosis celular y su actividad aumenta en más del 50% en leucemia mielógena aguda y linfocítica aguda, y con frecuencia se activa en cáncer de mama y próstata, estimulando el crecimiento celular y la tumorigenesis (McCubrey et al., 2007). Los fitoquímicos propios de la palta podrían acentuar esta actividad proporcionando una doble acción en esta vía crítica del cáncer (Ambrosio et al., 2011). En conclusión, existen estudios realizados tanto in vitro como in vivo que apoyan el consumo de palta como parte de una dieta dirigida a la prevención del cáncer. Estos estudios asocian el efecto primario de la fruta con la presencia de fitoquímicos en ella, sugiriendo que tanto el palta entero como sus extractos podrían ser más eficaces en su capacidad de inhibir el crecimiento canceroso.

d) Efecto antiparasitario y antibacteriano

Los extractos clorofórmicos y etanólicos de las semillas de palta muestran actividad anti protozoaria específicamente para 2 parásitos intestinales que causan diarrea: *G. lamblia* y *E. Histolytica* (Jiménez et al., 2013). Por otro lado, se postula que los extractos clorofórmicos de la semilla de este fruto pudiesen ser una potencial fuente de moléculas contra especies de microorganismos fármaco resistentes como *Mycobacterium tuberculosis* y de micobacterias no tuberculosas (NTM) (Jiménez et al., 2013). Sumado a esto, se ha observado que el extracto glicólico de palta muestra una actividad antimicrobiana y antifúngica en macrófagos disminuyendo el biofilm de *C. albicans*, ambos hallazgos obtenidos con una concentración de 50 mg/mL del extracto (Jesus, y otros, 2015). Por otro lado, los extractos cetónicos de la palta también tendrían actividad antimicrobiana contra *M. Tuberculosis H37Rv* in vitro (Kahaliw et al., 2017); estos mismos extractos tendrían un potencial antilisterial (actividad contra *listeria monocytogenes*), siendo los más potentes los extractos derivados del metabolismo de este fruto, como persenona A, persenona C y AcO-aguacadenina, éste último es exclusivo de la semilla de palta (Salinas et al., 2017).

3.6. Aceites y Grasas

El tipo de lípidos que está presente en mayor número en las criaturas que aún están vivas se denomina grasas neutras, aunque también se conocen como acilglicéridos. Estos lípidos, más conocidos como aceites y grasas, son las principales fuentes de energía de los seres vivos. Se trata de ésteres de glicerol y ésteres de ácidos grasos. La esterificación puede producirse en uno, dos o los tres grupos alcohólicos presentes en la molécula de glicerol. La formación de estos compuestos sólo requiere la presencia de carbono, hidrógeno y oxígeno como ingredientes constituyentes (monoglicéridos, diglicéridos o triglicéridos). Pero la esterificación es una reacción reversible, llamándose saponificación a la reacción inversa, es decir, la descomposición de una grasa neutra en glicerina y ácidos grasos (Alba, 2008). A continuación, se presenta una taxonomía de los distintos tipos de lípidos:

Los lípidos complejos se distinguen de otros tipos de lípidos, como los acilglicéridos, los fosfoglicéridos, los esfingolípidos y las ceras, por la existencia de ácidos grasos como componentes.

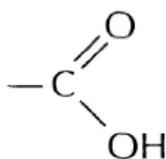
No es posible fabricar jabón a partir de lípidos simples debido a la ausencia de ácidos grasos en su composición.

La palabra "grasa" se refiere a un grupo de sustancias químicas que tienen una gran viscosidad. Estas sustancias son en realidad mezclas de ésteres glicéricos de ácidos grasos como los ácidos esteárico, palmítico y oleico.

que pueden encontrarse sobre todo en las células grasas de animales y plantas. Se denominan aceites si tienen consistencia líquida, mantecas si tienen consistencia semisólida y sebo si tienen consistencia sólida. La consistencia determina la categoría a la que pertenecen. Como consecuencia de ello, la distinción entre aceites y grasas es puramente relativa, ya que viene determinada únicamente por el estado químico en que se descubren cuando se calientan a cierta temperatura. (Alvarado & Aguilera, 2001). Por ello, la palabra "grasa" se refiere normalmente a compuestos que son sólidos en circunstancias ambientales normales (70-75° F, 21, 1-23,9° C), mientras que el término "aceites" se refiere a sustancias que son líquidas a estas temperaturas y a temperaturas inferiores. Algunos ejemplos de aceites son los de canola, algodón, germen de maíz, girasol y soja. Algunos ejemplos de grasas son la margarina, la manteca de cerdo, la mantequilla y otros productos similares. (Alba, 2008).

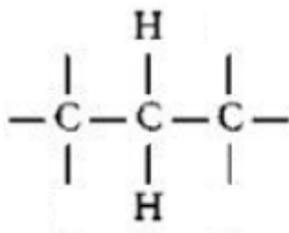
3.7. Ácidos grasos

De la misma manera que todos los ácidos orgánicos, incluyen un grupo carboxilo. (Charley, 2012)



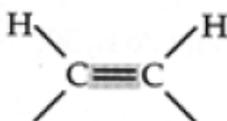
Grupo carboxilo

Las moléculas de los ácidos grasos en su mayoría contienen un número par de átomos de carbono, de 4 a 24. Algunos de estos son saturados, quiere decir, cada átomo de carbono con una valencia de 4, está unido a otros dos átomos de carbono y a 2 átomos de hidrogeno



Molécula de grasa saturada

Asimismo, otras moléculas de grasa son insaturadas, o sea, uno o más átomos de carbono están entrelazados a un segundo carbono mediante un doble enlace”.



Molécula de grasa insaturada

Alba (2008), Si el ácido graso en cuestión tiene una cola de hidrocarburo no polar, puede ser totalmente saturado (lo que significa que sólo contiene enlaces simples y no incluye ningún enlace doble) o puede ser insaturado (con un enlace doble, lo que sería monoinsaturado, o más enlaces dobles, lo que sería poliinsaturado).

La cantidad media de dobles enlaces que pueden poseer los ácidos grasos de un aceite es un factor importante para determinar el grado en que un aceite es insaturado.(Bailey, 1984).

Alba (2008) menciona que “Las grasas están conformadas por una mezcla de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y polinsaturados, pero usualmente la mayoría de veces sobresale de ellos. Aunque los productos lácteos y las carnes se componen principalmente de grasas saturadas, otros alimentos, como la mayoría de los aceites vegetales y los pescados grasos, incluyen una mayor proporción de grasas insaturadas.

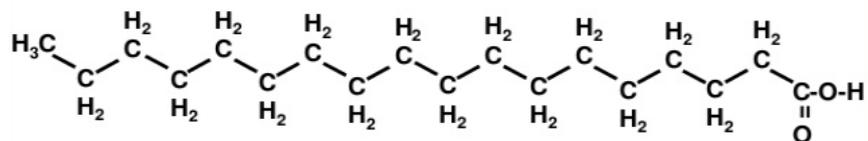
A) Ácidos grasos saturados

Según Alba afirma que las grasas saturadas sólidas son las que sólo tienen enlaces simples, y que, a nivel de la dieta, las grasas saturadas se consideran grasas "malas" por su asociación con las enfermedades cardiovasculares y los niveles elevados de colesterol. El método más sencillo para distinguir esta categoría de grasas es examinar si permanecen o no en estado líquido incluso cuando se mantiene constante la temperatura. La mayoría de grasas vegetales no son saturadas, aunque el aceite de palma y de coco no cumple con esta regla (Alba, 2008)

Considerando a las grasas alimenticias en su totalidad, el ácido graso saturado más abundante y más ampliamente distribuido es el palmítico, aunque las grasas de origen animal, a diferencia de las vegetales, tienen cantidades de ácido esteárico en cantidad apreciable (Charley, 2012).

B) Ácidos grasos insaturados

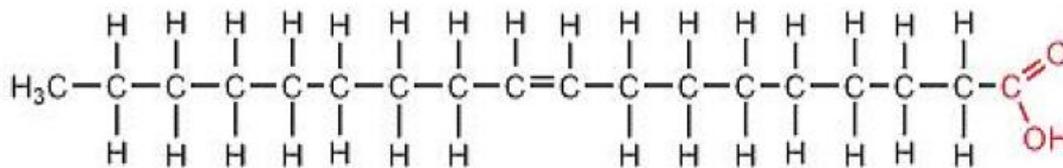
Charley (2012), los ácidos grasos insaturados se distinguen según el número y posición de sus insaturaciones. Además, sus moléculas tienen una estructura general diferente a la de los ácidos grasos saturados. Las moléculas de los ácidos grasos saturados tienen una estructura lineal, como la molécula de ácido esteárico, que puede representarse en forma de diagrama de la siguiente manera:



Ácido esteárico

Y los ácidos grasos insaturados sólo pueden encontrarse en la naturaleza en la

configuración cis. Cuando esto ocurre, la forma lineal de la molécula se interrumpe en el punto de insaturación.



Ácido linoleico

El ácido oleico es el graso insaturado más ubicuo. La mayoría de las grasas de origen vegetal contienen cantidades apreciables de ácido linoleico. Las grasas naturales, como el aceite de oliva, la manteca de cerdo, y el aceite de maíz, son mezclas de triglicéridos mixtos (Charley, 2012).

Durante la hidrogenación parcial u oxidación, la configuración puede cambiar a la forma trans. Sin embargo, las grasas animales y marinas en ocasiones contienen pequeñas cantidades de isómeros trans naturales (Kirt, Sawyer, & Egan, 2004).

Aunque los ácidos esteárico y oleico tienen ambos la misma longitud, sus cadenas incluyen una cantidad diferente de átomos de hidrógeno debido a la mayor longitud del primero. En lo que respecta al hidrógeno, el ácido esteárico se encuentra en su nivel máximo. Los ácidos insaturados tienen menos átomos de hidrógeno que los saturados, y el ácido oleico es uno de ellos. El ácido linoleico es otro tipo de ácido graso insaturado que tiene dos sitios de insaturación, 18 átomos de carbono y cuatro átomos de hidrógeno menos que el ácido palmítico. (Potter & Hotch, 2007).

C) Ácidos grasos mono-insaturados

Ácidos grasos monoinsaturados que incluyen un átomo de hidrógeno que ha sido sustituido por otro átomo que forma un doble enlace con el carbono que tiene debajo. Aportan más ventajas a la salud que las grasas saturadas. Los niveles de colesterol LDL pueden reducirse consumiendo alimentos ricos en este tipo de grasa. (Alba, 2008).

D) Ácidos grasos poli-insaturados

A estas les falta dos átomos de hidrógeno, y en su lugar tienen dos átomos de carbono extras (Alba, 2008).

Alba (2008) explica que “La familia de los omega-6 contienen ácidos grasos poliinsaturados las cuales contribuyen a reducir el colesterol LDL y protegen contra las enfermedades del corazón. A pesar de que las grasas poliinsaturadas que contienen cantidades significativas de omega-6 pueden reducir los niveles de HDL o colesterol "bueno", sigue siendo mejor evitar el consumo excesivo de estas grasas por varias razones, la más importante de las cuales es el potencial de los efectos negativos de los ácidos grasos poliinsaturados sobre la oxidación del LDL.

El ácido linoleico (C18:2, ω 6) y el ácido α -linolénico (C18:2, ω 3) son ácidos grasos poli-insaturados necesarios para el desarrollo normal y funcionamiento de los tejidos animales y seres humanos, por lo cual se conocen como ácidos grasos esenciales (Kirt et al., 2004)

Alba (2008) expresa que según la posición del primer doble enlace, los ácidos grasos poliinsaturados se pueden clasificar en dos familias:

- **Ácidos grasos omega-6:** Ubican su primer doble enlace en el carbono seis de la cadena y su forma más básica es el ácido linoleico. Del mismo modo que los ácidos grasos omega-3 son insaturados, estos ácidos grasos también se consideran importantes ácidos grasos "de la edad". Dado que el ser humano es incapaz de producirlos por sí mismo, la única forma de obtenerlos es a través del consumo de determinados alimentos. Además, pueden encontrarse en alimentos como los frutos secos y los huevos, así como en algunos tipos de carne.

- **Ácidos grasos omega-3:** El ácido linolénico es quizás el ejemplo más conocido de este tipo de grasas poliinsaturadas importantes. El primero de estos dobles enlaces se encuentra en el tercer átomo de carbono de la cadena, y la principal fuente de estos dobles enlaces es el ácido alfa-linolénico. El pescado también contiene este componente.

De forma similar, la formación de hormonas es una de las principales funciones que desempeñan los ácidos grasos omega-3 y omega-6.

- El inicio de la formación de la retina
- El establecimiento de las membranas celulares.
- El correcto funcionamiento del sistema inmunitario. - La actividad de las neuronas y los intercambios químicos entre ellas.

Nombres como láurico, palmítico, oleico y muchos más se utilizan para referirse a los tipos de ácidos grasos más frecuentes. La nomenclatura de Ginebra es un sistema que asigna un nombre a cada ácido en función de los componentes químicos que lo componen. En este método, el número de átomos de carbono se indica mediante un prefijo griego. Por ejemplo, los prefijos dodec-, tetradec-, hexadec- y octadec- se utilizan para los ácidos con 12, 14, 16 y 18 átomos de carbono, respectivamente. El sufijo -anoico se utiliza para diferenciar los ácidos saturados de los insaturados, que se denotan con el sufijo -enoico. Por ejemplo, el nombre químico del ácido palmítico es ácido hexadecanoico. El ácido dienoico se refiere al ácido linolénico que tiene dos dobles enlaces, mientras que el ácido trienoico se refiere al ácido linolénico que tiene tres dobles enlaces. El número de dobles enlaces en los ácidos grasos se indica mediante el prefijo correspondiente. (Bailey, 1984).

3.8. Aceites vegetales

CODEX (1999) demuestra que "los aceites vegetales comestibles son productos derivados exclusivamente de fuentes vegetales y que incluyen los glicéridos de los ácidos grasos como constituyentes primarios. Es posible que los aceites vírgenes sólo se hayan purificado mediante lavado, sedimentación, filtración y centrifugación, y que los aceites prensados en frío sólo se hayan obtenido sin cambiar la naturaleza del aceite mediante procesos mecánicos únicamente, sin aplicación de calor, por prensado mecánico. Los aceites vírgenes también se extraen sin cambiar la naturaleza del aceite mediante el uso de procesos mecánicos y la aplicación de calor solamente, por ejemplo, extrusión y prensado. Según la norma CODEX (1999):

Índice de acidez:

- Los aceites refinados: 0,6 mg de KOH/g de aceite.
- Los aceites prensados en frío y vírgenes: 4,0 mg de KOH/g de aceite.

Índice de peróxido:

- Los aceites refinados, hasta 10 miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite
- Los aceites prensados en frío y vírgenes, hasta 15 miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite.

3.9. Clasificación de los aceites

A modo indicativo de los niveles relativos de ácidos insaturados que están presentes en aceites o grasas, se ha establecido tres categorías según su yodo índice de: no secantes

(IY<100) semisecantes (IY entre 100 y 150), secantes (IY > 150) (Martínez, 2015).

Aceite no secantes

Debido a la forma glicérida del ácido oleico que se encuentra en estos aceites, no se secan cuando se exponen al aire, como sugiere su nombre, sino que se descomponen y enraízan en el suelo. Esta es su principal característica distintiva. Podemos utilizar los aceites extraídos de aceitunas, semillas de uva, almendras, cacahuetes y otros frutos secos y semillas como ilustración de este tipo de aceite. (Kahaliw, et al., 2017)

Aceites semi-secantes

Al entrar en contacto con el aire, estos aceites se transforman en una sustancia muy seca. Aunque el ácido linoleico es el ácido graso más prevalente, su porcentaje no constituye un componente especialmente significativo del conjunto. Como consecuencia de ello, en algunos casos se degradan antes de secarse, como ocurre con los aceites que se obtienen de la semilla de algodón, el maíz, la soja y otros cultivos nutricionalmente comparables.

Aceites secantes

Gracias a los ácidos linoleico y linolénico que contienen, estos aceites conservan su integridad a pesar de secarse rápidamente al entrar en contacto con el aire. El aceite de linaza, el aceite de semillas de amapola, el aceite de semillas de cáñamo, el aceite de semillas de girasol y el aceite de nuez son algunos ejemplos de los tipos de aceites que pueden obtenerse de diversas semillas.

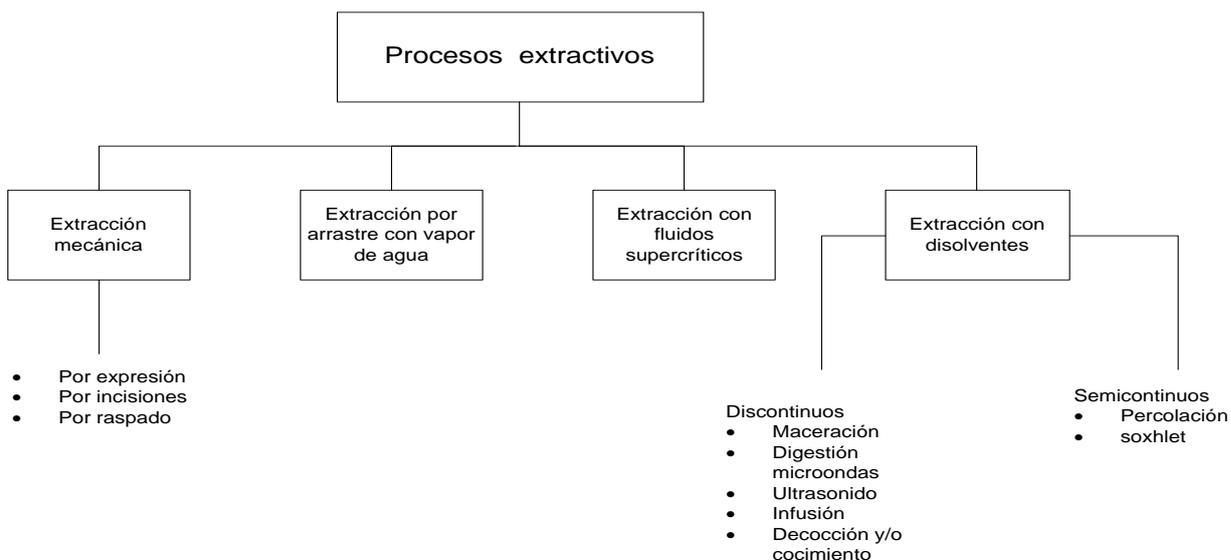
3.10. Método de extracción de aceites

Los aceites se pueden extraer de vegetales mediante diferentes métodos unos con mejores resultados que otros y a su vez unos más económicos y otros con elevados costos para su instalación (Lucas, 2013)

Los diferentes tipos de procesos extractivos que pueden ser utilizados de acuerdo con las características de los constituyentes a extraer se presentan en el siguiente esquema. En la figura 4 se muestra los métodos de extracción de aceites. (Graciela, Armando, & Jelena, 2015).

Figura 4.

Métodos de extracción de aceites



Fuente: Graciela et al., (2015)

Extracción de aceite por arrastre de vapor es un método sencillo y de bajo costo, pero su inconveniente es que requiere largos periodos de tiempo (Sefidkon, 2006).

Tabla 3.

Ventajas y desventajas de los métodos de extracción de aceites

Método de extracción	Ventajas	Desventajas
Prensado en frío o centrifugación	Retiene compuestos menores como volátiles, compuestos fenólicos y clorofilas	Bajos rendimientos de aceite
Extracción mediante fluidos supercríticos (CO ₂)	Proceso no tóxico y más seguro que la extracción con hexano. No requiere eliminar solventes de la miscela o harina residual	Más caro. Los rendimientos pueden ser menores a los obtenidos con hexano
Extracción con etanol	Solvente menos tóxico y más seguro que el hexano	Más difícil de remover los extractos no lipídicos de la miscela y la harina

Prensado estándar	Tecnológicamente simple y económico producción a gran escala Industrial	Menor rendimiento que la extracción con hexano. Las altas temperaturas causan algunos cambios químicos en el aceite y la harina
Extracción con hexano	Bajo costo, altos rendimientos	Problemas para la salud y de seguridad
Pre-prensado + extracción con hexano	Bueno para semillas con >20% aceite	Requiere más equipamiento
Extracción acuosa enzimática	Técnica suave ambientalmente limpia	Altos costos de las enzimas, rendimiento menor a la extracción con hexano
Hidrodestilación: extracción con arrastre de vapor de agua	Su uso se radica en el bajo consumo energético y no ocasiona transformación química en los componentes del aceite.	Se emplea mayor tiempo para la extracción. Tener sumo cuidado con el manejo de equipo y del control de las presiones no es tan fácil es manejo

Fuente: Moreau y Kamal, (2009)

la elección del método de extracción de aceites de fuentes vegetales depende de la funcionalidad que se le quiera dar a este. el método destilación por arrastre de vapor es el método más utilizado para la extracción de aceites de distintas partes vegetales y/o hortalizas (hojas, tallos, raíces y flor) (Moreau & Kamal, 2009)

3.11. Extracción por arrastre de vapor de agua

La destilación por arrastre de vapor, utilizando material vegetal lo más fresco posible, es la técnica más tradicional para extraer aceites, ya que también es la más sencilla. La destilación por arrastre de vapor es una opción para eliminar las impurezas de un líquido orgánico si éste es insoluble en agua y tiene una presión de vapor importante en su punto de ebullición. La idea que subyace es que el tejido vegetal se descompondría y liberaría aceite al ser sometido a la acción de la temperatura del vapor, que es de 100 grados centígrados, durante un tiempo determinado. Este proceso proporciona la mayor dispersión del vapor a través del material vegetal, minimizando así el daño potencial que

se puede infligir a los componentes de las esencias cuando se extraen utilizando otros métodos. Debido a esto, el proceso se denomina "destilación por arrastre de vapor" cuando se utiliza vapor saturado, pero la materia prima está muy cerca del agua que se utiliza para generar el vapor (Gunther, 1948). De forma similar, explica que el proceso se denominaba "hidroextracción" cuando se utilizaba vapor saturado, pero el material no estaba en contacto con el agua generadora. En su lugar, el material estaba en contacto con un reflujo del condensado que se formaba en el interior del destilador. Se suponía que el agua era un agente de extracción en este escenario (Palomino y Cerpa, 1999).

Como los aceites son insolubles en agua, son susceptibles de ser eliminados por una nube móvil de agua vaporizada. El aparato que se utilizará para este proceso incluye un depósito que contendrá agua, una cámara de extracción y un brazo colector lateral. El brazo estará conectado a un refrigerante en un extremo y al propio destilador en el otro. La cámara se llenará de agua. Antes de ser colocado dentro de la cámara de extracción, el material vegetal es dividido en trozos más manejables. Después del proceso de elevar el agua a ebullición y mantener esa temperatura durante una hora, se puede notar la condensación de dos fases líquidas distintas. A continuación, estas fases se extraen de la mezcla y se separan. Los componentes primarios de la esencia suelen disolverse en la fase acuosa durante el tipo de destilación más común, que utiliza vapor. Para recuperarlos, esta fase acuosa se transfiere a un vial de decantación y, a continuación, se extrae utilizando hexano u otro disolvente orgánico similar que tenga un punto de ebullición bajo (éter etílico, diclorometano, etc.). (Alicia et al, 2008).

3.12. Factores críticos de la extracción por arrastre con vapor de agua

El condensador y el distribuidor de vapor son los dos aspectos vitales más importantes que hay que tener en cuenta en estos equipos. Los condensadores de carcasa y tubos, que se enfrían con agua o un líquido refrigerante específico, y los condensadores de tubos alertados, que se enfrían con aire, son los dos tipos principales de condensadores que se utilizan. El tipo de condensador que se utiliza depende del tipo de líquido refrigerante que se utiliza. Debido a que la condensación que se produce suele ser bastante grande, es necesario prever un sistema de accionamiento de la calle en la parte inferior del extractor (interno). De esta forma, se minimiza la acumulación de agua y, al mismo tiempo, se eliminan los "golpes de aire" en las tuberías que transportan el vapor. (Dellacassa, 2010).

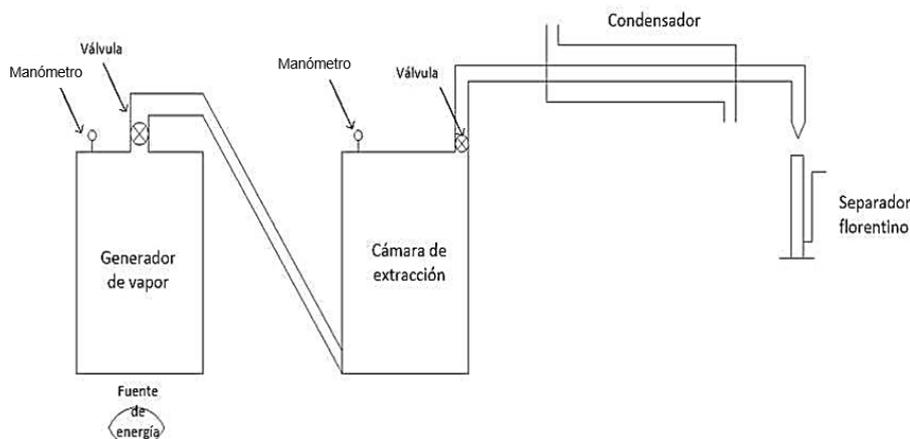
3.13. Presión de vapor.

Conocida también como tensión de vapor, es la presión ejercida por el vapor de un líquido a una temperatura cualquiera.

La presión de vapor de un compuesto es una medida de su volatilidad a una determinada temperatura, es decir, es la medida de la tendencia de las moléculas a escaparse del líquido en forma de gas. En una mezcla o disolución, cada componente del líquido, ejerce su presión de vapor parcial propia. (Dellacassa, 2010).

Figura 5.

Equipo de extracción por arrastre de vapor



3.14. Propiedades físicoquímicas de aceites.

Las propiedades físico químicas son los índices más comunes para evaluar la calidad de los aceites de semilla en la industria alimentaria, no obstante, las determinaciones de las propiedades físicoquímicas del aceite vegetal son necesarios para juzgar la idoneidad de aceite para una aplicación (Bwade, et al., 2013).

Respecto a las propiedades físicas de aceite permiten identificar a primera vista si los aceites se encuentran en el estado adecuado para las pruebas posteriores de calidad, o si deben ser rechazados, pues su calidad no es apropiada (Santana, 2013). Y las características físicas de un aceite y grasa son dependientes de factores tales como la semilla o planta de procedencia, grado de insaturación, tamaño de las cadenas de carbono, formas isoméricas de los ácidos grasos, estructura molecular de los triglicéridos y elaboración (Lawson, 1999). Mientras los métodos químicos mencionados son característicos de todos los aceites y las grasas. Para esto se debe determinar la cantidad

equivalente de compuesto necesaria para reaccionar con los grupos funcionales de los aceites o de sus componentes (Santana, 2013).

a) Densidad

La densidad no representa un parámetro directo de calidad del aceite, aunque puede variar con la polimerización o la oxidación. De igual manera es de gran utilidad para las transformaciones masa – volumen y es indispensable para los cálculos involucrados en el diseño de equipos (ICONTEC NTC 336, 2002). La densidad depende de la temperatura y la presión. La temperatura debe especificarse junto a la densidad, la presión no es necesaria en el caso de líquidos (y sólidos) porque son prácticamente incompresibles (Matissek et al., 1998)

b) Índice de refracción (IR)

El índice de refracción es la medida del cambio de velocidad y dirección de una determinada onda luminosa cuando viaja a través de una sustancia específica (López-Fontal, & Castano-Castrilón, 1999). El índice de refracción de un aceite se define como la relación entre la velocidad de la luz en el aire (técnicamente, el vacío) y la velocidad de la luz en el aceite. El índice de refracción de un gas se define como la relación entre la velocidad de la luz en el aire y El IR es proporcional al grado de saturación, y su valor descende de forma lineal a medida que disminuye la concentración de yodo (Nielsen et al., 2009). Es muy útil por motivos de identificación, comprobación de la pureza y observación de la progresión de procesos como la hidrogenación catalítica (Lawson, 1999). No obstante, el RI puede verse afectado por una serie de variables, como la cantidad de ácidos grasos libres (AGL), el grado de oxidación de la grasa o el aceite y la temperatura a la que se ha calentado. (Nielsen et al., 2009).

c) Índice de acidez (IA)

Se expresa en miligramos de hidróxido de potasio, o mg KOH, y es proporcional a la cantidad de ácido que hay que neutralizar en un gramo de grasa o aceite. Además de los ácidos grasos libres (AGL), otros factores que pueden contribuir a la acidez son los fosfatos de hidrógeno y los aminoácidos (Nielsen et al., 2009).

Es una medida de la cantidad de ácidos grasos no ligados que pueden encontrarse en aceites y grasas.

Como medida de pureza, este hallazgo es absolutamente necesario, ya que permite hacer inferencias sobre la naturaleza de la materia prima (Nielsen et al., 2009).

Es una medida de la cantidad de ácidos grasos no ligados que pueden encontrarse en aceites y grasas. Dado que es posible hacer inferencias sobre el estado de la materia prima, así como sobre los procesos de degradación que pueden haber tenido lugar durante el procesado y almacenamiento del aceite, este resultado es un componente esencial de la prueba de pureza. En la mayoría de los casos, se indica como porcentaje de ácidos grasos libres o como porcentaje del ácido graso que constituye la mayor proporción de la masa total del aceite (ICONTEC NTC 218, 1999). Por otra parte, conocer los ácidos grasos libres como prueba de pureza y, en ocasiones, poder hacer inferencias sobre el tratamiento o los acontecimientos degradantes que han tenido lugar son dos ventajas de disponer de esta información. (Matissek, Schnepel & Steiner, 1998).

d) Índice de peróxidos (IP)

Se define como los miliequivalentes (mEq) de peróxidos por cada kilogramo de muestra. Es una determinación volumétrica. Se da por sentado que los compuestos que reaccionen en las condiciones del ensayo son peróxidos o productos similares de la oxidación de los lípidos (Nielsen et al., 2009)

Es una medida del oxígeno unido a las grasas en forma de peróxido. Se forman especialmente hidroperóxidos como productos de oxidación primarios, además de cantidades reducidas de otro tipo de peróxidos como consecuencia de procesos oxidativos. Por tal motivo, el índice de peróxidos proporciona información acerca del grado de oxidación de la muestra y permite, con ciertas limitaciones, una estimación de hasta qué punto la grasa ha sido alterado (Matissek et al., 1998).

De igual manera debe tenerse en cuenta que si la oxidación está muy avanzada, se producirá un aumento progresivo de la degradación de los peróxidos por lo que el índice descenderá. Metodológicamente este índice es expresado como la cantidad determinable de oxígeno activo contenida en 1 kg de muestra (ICONTEC NTC 236, 1998). Los factores que influyen son los ácidos grasos, la duración y tipo del almacenamiento. Es de poco valor en el examen de las grasas para freír ya que los peróxidos se pierden durante la fritura (Lawson, 1999).

El índice de peróxido mide un producto transitorio. Un bajo valor puede representar o bien comienzo de la oxidación, o bien una oxidación avanzada, entre los cuales se pueden distinguir midiendo el índice de peróxido a lo largo del tiempo. Las grasas y los

aceites de alta calidad, recién desodorizados, presentarán un índice de peróxidos nulo. Los índices de peróxidos >20 corresponden a las grasas y los aceites de muy mala calidad. Para los aceites de semilla de soja, los índices de peróxidos de 1-5, 5-10 y >10 corresponden a los niveles de oxidación bajo, medio y alto, respectivamente (Método Cg de la AOCS) (Nielsen et al., 2009).

e) Índice de esteres

Los ésteres son compuestos orgánicos que se forman cuando un grupo orgánico sustituye a uno (o más de uno) átomo de hidrógeno en un ácido oxigenado. Esto puede ocurrir más de una vez en un éster. Se dice que un ácido está oxigenado si cada una de sus moléculas tiene un grupo hidroxilo (-OH), que permite que el hidrógeno se disuelva en un ion protón (H^+). Los ésteres carboxilados, en los que el ácido en cuestión es un ácido carboxílico, son con diferencia el tipo más frecuente de ésteres. Los ácidos inorgánicos son otra fuente de formación de ésteres; un ejemplo de ello es el dimetilsulfato, que es un éster y a veces se denomina "éster dimetílico del ácido sulfúrico". En bioquímica, se producen cuando los ácidos grasos y los alcoholes reaccionan entre sí para formar un nuevo compuesto. (Lawson, 1999)

Durante el proceso de síntesis de ésteres, cada radical OH (grupo hidroxilo) del radical alcohol se intercambia por la cadena -COO presente en el ácido graso. El excedente de hidrógeno del grupo carboxilo se mezcla con el OH que ha sido sustituido para producir agua. En los campos de la química orgánica y la bioquímica, los ésteres son grupos funcionales formados por un radical orgánico unido al residuo de cualquier ácido oxigenado, independientemente de que éste sea orgánico o inorgánico.

Las grasas, que son ésteres de glicerol y ácidos grasos, son los ésteres que se pueden encontrar en la naturaleza con más frecuencia (ácido oleico, ácido esteárico, etc.).

En las reacciones de ésteres, la cadena suele cortarse en un único eslabón, bien entre el oxígeno y el alcohol o R, bien entre el oxígeno y el grupo R-CO-; esto da lugar a la eliminación del alcohol o de uno de sus derivados. La saponificación de ésteres, llamada así por su parecido con la creación de jabones a partir de grasas, es el proceso opuesto a la esterificación: Los ésteres se hidrogenan más fácilmente que los ácidos, a menudo utilizando el éster etílico que ha sido tratado con una combinación de sodio y alcohol.

Además, los ésteres se condensan entre sí en presencia de sodio y con las cetonas. (Matissek et al., 1998)

f) Índice de saponificación

El índice de saponificación se define como la cantidad de álcali necesaria para saponificar una cantidad dada de grasa o aceite. Se expresa como miligramos KOH necesaria para saponificar 1 g de muestra (Nielsen et al., 2009)

El índice de saponificación es una medida de los ácidos grasos libres y combinados que existen en las grasas y es directamente proporcional a la masa molecular media: Cuanto menor sea la proporción de ácidos grasos presentes (es decir, cuanto mayor sea la proporción de ácidos grasos de cadena corta), mayor será el índice de saponificación (Matissek et al., 1998). No es una medida de la calidad ni de la identidad del aceite. No es afectado con la polimerización del aceite, pero se incrementa rápidamente con la oxidación. Por esta razón, es considerado únicamente como medida de pureza, pues un alto índice de saponificación se refiere a un alto nivel de oxidación del aceite (ICONTEC NTC 335, 1999). Altos niveles de insaponificable despiden la interpretación. Tiene comparativamente poco valor para el control de productos terminados (Lawson, 1999). El índice de saponificación no es aplicable a las grasas y los aceites que contengan cantidades elevadas de materia insaponificable, ácidos grasos libres (> 0.1%) o de monoglicéridos y diglicéridos (> 0,1%) (Nielsen et al., 2009).

3.15. Estabilidad Oxidativa

Alba (2008) manifiesta, el término "oxidación" se refiere al proceso que se produce cuando un aceite o grasa reacciona con el oxígeno del aire. Este proceso, que puede ser indeseable según el tipo de alimento que se consuma, repercutirá negativamente en el sabor tanto de la grasa como del alimento en el que se utilice. Los productos que incluyen un mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados son más propensos a sufrir oxidación que los que contienen una proporción menor. Las grasas y aceites naturales derivados de vegetales incluyen trazas de sustancias químicas capaces de ralentizar en cierta medida la oxidación. El alfa-tocoferol se considera el antioxidante natural más eficaz, y su presencia puede encontrarse en casi todos los seres vivos. La oxidación de los aceites y las grasas es un proceso gradual en condiciones normales, pero puede progresar hasta el punto de ser detectable por su sabor y olor a podrido".

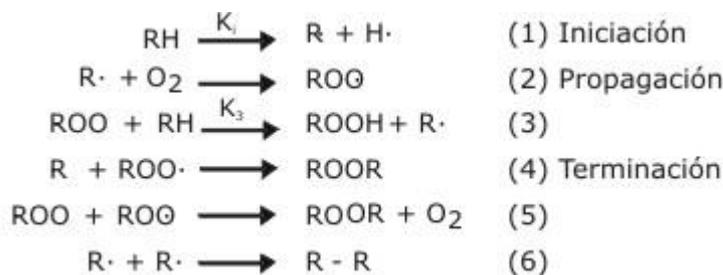
Es muy importante determinar la estabilidad oxidativa de los aceites, ya que la autooxidación es la principal fuente de enranciamiento, que conduce al desarrollo de aromas y sabores indeseables. La composición de los ácidos grasos es particularmente importante en relación con la estabilidad oxidativa de las grasas. Cuanto más insaturada y menos saturada sea una grasa, más rápida será la reacción de oxidación (Liu et al., 1992). Determinar la estabilidad oxidativa de los aceites vírgenes es de suma importancia. Es posible obtener información precisa sobre la estabilidad de un aceite evaluando su resistencia a la oxidación en condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente; sin embargo, se trata de un procedimiento que requiere mucho tiempo debido a que las reacciones de oxidación pueden tener periodos de inducción muy largos. Por este motivo, se han desarrollado ensayos de oxidación acelerada, siendo la técnica Rancimat una de las más utilizadas (Navas, 2010). El enranciamiento oxidativo es sin duda el principal factor que contribuye a la degradación de aceites y grasas, y es también el que determina el tiempo de almacenamiento de esta categoría de productos. De ahí que la estabilidad, también conocida como resistencia a la oxidación, sea uno de los elementos que más inquietud causa a los productores y también uno de los criterios primordiales para determinar la calidad de los aceites y las grasas. Hay infinidad de elementos que influyen en la estabilidad de los aceites y las grasas; sin embargo, la composición química y las circunstancias en las que se procesan son especialmente importantes. (Barrera, 1998)

El estado oxidativo del producto indica su estado oxidativo actual, que depende de las condiciones de manipulación, almacenamiento y transformación de las materias primas, así como de los productos intermedios y finales, en definitiva, de la historia del producto; sin embargo, no aporta ninguna información sobre la estabilidad potencial del producto. Cuando hablamos de estabilidad, en realidad intentamos predecir su comportamiento del aceite con el pasar del tiempo. Para ello es necesario tener en cuenta no sólo el pasado del producto, sino también su composición química. Esto incluye la presencia o ausencia de antioxidantes o prooxidantes, la cantidad de ácidos grasos insaturados, así como el tipo de ácidos grasos insaturados, etc., entre otros factores (Barrera D., 1998) La estabilidad oxidativa es la resistencia de una matriz lipídica a la oxidación causada por la acción de la temperatura, la luz, el oxígeno, la presencia de metales y otros factores. La oxidación es el proceso que hace que un aceite o grasa se vuelva rancio en un tiempo relativamente corto. (Frankel, 1998).

Se ha demostrado que los antioxidantes son capaces de neutralizar los radicales libres mediante dos métodos distintos (Prior et al., 2005). Estos procesos reciben sus nombres respectivos, que son el mecanismo de transferencia de un electrón y el mecanismo de transferencia de un hidrógeno. En presencia de un radical libre altamente reactivo, un enlace de la molécula antioxidante se romperá homolíticamente bajo el impacto de la presencia del radical. Esta ruptura suele producirse en un enlace oxígeno-hidrógeno, lo que da lugar a la transferencia de un H* al radical y a la formación de un nuevo radical libre menos reactivo. Se puede demostrar que este proceso funciona cuando en el sistema están presentes moléculas aromáticas y otras moléculas con un alto grado de conjugación. Esto se debe a que las moléculas aromáticas y otros compuestos con un alto grado de conjugación incluyen dobles enlaces alternos, que permiten la deslocalización del electrón no compartido. Otras moléculas con un alto grado de conjugación también poseen dobles enlaces alternos. El radical resultante es más estable. La noción de cinética competitiva, en la que se examina la velocidad a la que varias moléculas reaccionan con el radical libre, es la premisa sobre la que se crean las pruebas de capacidad antioxidante en este caso concreto.

Figura 6.

Proceso de autoxidación de ácidos grasos



Fuente: Prior. et al., (2005).

Por otro lado, existe algo conocido como mecanismo de transferencia de electrones (ETM) directo, que se basa en la capacidad del antioxidante para ceder un electrón y, como resultado, disminuir la cantidad de sustancias químicas como radicales libres, carbonilos e iones metálicos. Dado que en esta situación el antioxidante cede un electrón al radical libre, la determinación del potencial de ionización de la molécula es muy crítica para determinar si el proceso puede realmente tener lugar o no. Como consecuencia, el radical se destruye y se produce una especie muy inestable conocida como AOH*+. Esta especie dona un protón a la molécula de agua para crear un radical libre, que se estabiliza

por los efectos inductivos o resonantes relacionados con su estructura molecular. De ahí que el poder reductor de la sustancia química se utilice como base para determinar el nivel de eficacia de una sustancia antioxidante.

Hay varios métodos de oxidación acelerada para determinar la estabilidad oxidativa del aceite, como el método Rancimat, el método Schaal y el método RapidOxy.

Precisamente, el método de RapidOxy es una prueba de oxidación acelerada que corresponde a los métodos de absorción de oxígeno que en los últimos años ha ido cobrando mayor relevancia, sobre todo en la industria alimentaria y no alimentaria (cosmética).

El método RapiOxy se basa en el aumento de la presión del oxígeno y de la temperatura dentro de una cámara estanca, permitiendo determinar la estabilidad oxidativa de las muestras estudiadas. Se realiza en bombas de oxígeno o aparatos especiales y generalmente se mide la disminución de presión de oxígeno en función del tiempo transcurrido. Las muestras se someten a una determinada presión con oxígeno, a la vez que se eleva su temperatura, normalmente hasta 200° C. La temperatura se mantiene constante mientras la presión se mide continuamente hasta que se detecta una caída definida de la presión. La estabilidad a la oxidación caracteriza la resistencia de la muestra contra el oxígeno. Con este método de oxidación acelerada sólo se necesita una pequeña muestra para conseguir resultados exactos en cortos periodos de tiempo y sin necesidad de haber preparado las muestras con antelación. Es un procedimiento de gran utilidad para las investigaciones de vida útil, control de calidad de las materias primas y durante el desarrollo de los productos (BETSA, 2023).

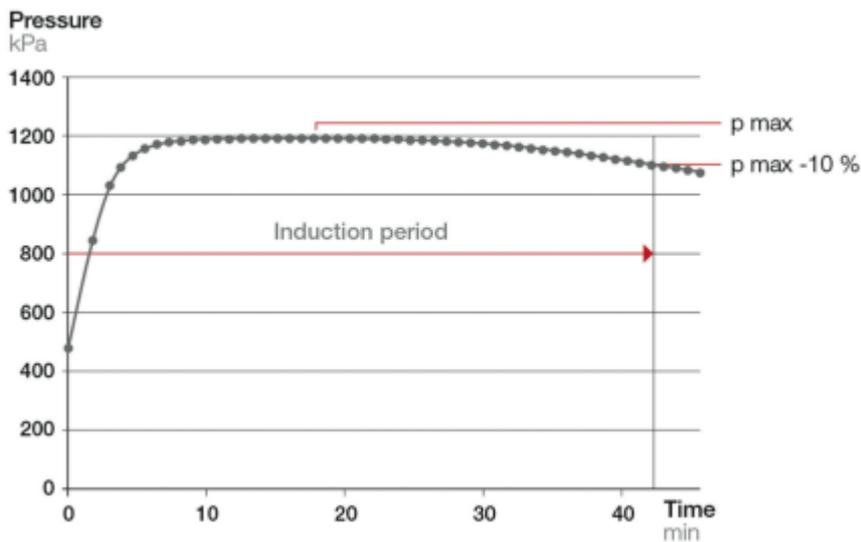
El método de oxidación acelerada RapidOxy tiene importantes ventajas frente a otros métodos alternativos:

- No es necesaria la preparación de muestras y, por tanto, no hay necesidad de reactivos caros ni peligrosos para la extracción de grasas.
- Podemos trabajar con muestras líquidas, sólidas y semisólidas. Normalmente, sólo son necesarios 5 ml de muestra, es decir, un volumen de muestra pequeño.
- Es más rápido que otros métodos de oxidación acelerada, por lo que ahorra tiempo y dinero.
- Su limpieza es rápida y fácil.

- Su seguridad ha sido aprobada por el Instituto Federal Alemán de Investigación y Pruebas de Materiales.
- Incluye un software gratuito que se suministra con el equipo que posibilita la transferencia de los resultados al ordenador, obteniéndose gráficas en tiempo real para una rápida comparación de los resultados.

Figura 7.

Período de inducción RSSOT/ASTM D7525 RapidOxy



Fuente: Edinger y Paar, (2023)

El Período de Inducción, esta constituido por tiempo transcurrido entre el inicio del procedimiento de calentamiento de la cámara de prueba y una presión caída del 10 % de la presión máxima medida en minutos. Como regla general, las muestras con una inducción más corta, el período es menos estable que las muestras con un período más largo (Edinger y Paar, 2023).

3.16. Marco conceptual

Aceite: Sustancia grasa de origen mineral, vegetal o animal, líquido, insoluble en agua. (Oomah, 2000)

Aceite de palta: El aceite de palta es rico en compuestos bioactivos, que pueden mejorar la salud humana, al actuar como un antioxidante, respecto a los nutrientes el aceite de palta es rico en vitaminas A, B, C y E, y está compuesto mayoritariamente por ácidos grasos monoinsaturados los cuales reducen de manera efectiva el nivel de colesterol en la

sangre, ayudando en la prevención de enfermedades cardiovasculares (Salgado et al., 2012).

La destilación por arrastre con vapor: es un método que se utiliza para separar las sustancias químicas orgánicas insolubles en agua que son ligeramente volátiles de otras sustancias no volátiles contenidas en la mezcla. Estas sustancias no volátiles pueden incluir resinas, sales inorgánicas u otros compuestos orgánicos no arrastrables. Se emplea con frecuencia para separar aceites de tejidos vegetales (Domingo, 2014).

Densidad: La densidad de un líquido es la cantidad de masa por unidad de volumen. En un sentido físico, la densidad es la masa de un líquido que ocupa una unidad de volumen. Sus unidades pueden ser: kg/m^3 , g/cm^3 . La densidad depende de la temperatura y la presión. La temperatura debe especificarse junto a la densidad, la presión no es necesaria en el caso de líquidos y sólidos, porque son prácticamente incomprensibles (Matissek et al., 1998).

Extracción: Se refiere al proceso de separación de uno o más constituyentes de una mezcla entre sólidos o líquidos o de una solución aprovechando su distinta solubilidad en un disolvente adecuado. (Cruz & Melendez, 2014).

Índice de acidez: es una medida que indica el nivel al que se ha descompuesto el aceite o la grasa, ya sea como resultado de la actividad de las lipasas o de algún otro factor. La descomposición se acelera por la luz y el calor: como la rancidez se acompaña, usualmente, por la formación de ácidos grasos libres, la determinación es usada con frecuencia como una indicación general de la condición y comestibilidad de los aceites y las grasas. (Herrera C., 2003)

Índice de Ester (IE): Índice de Ester de un aceite es el número de mg de hidróxido de potasio para neutralizar los ácidos liberados por hidrólisis de los esteres contenidos en 1g de aceite (Loer, 1994).

Índice de peróxidos (IP): Es una medida del oxígeno unido a las grasas en forma de peróxido. el índice de peróxidos proporciona información acerca del grado de oxidación de la muestra y permite, con ciertas limitaciones, una estimación de hasta qué punto la grasa ha sido alterado (Matissek et al., 1998).

Índice de refracción (η): Es una medida de la refracción de la luz través de una solución. Se utiliza para comprobar la pureza del aceite, así como para medir la concentración de solidos solubles en una solución. El índice de refracción es la relación entre el seno del Angulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción de la luz monocromática al pasar en forma oblicua del aire a un medio ópticamente más denso (Nielsen el al., 2009).

Índice de saponificación: se define como la cantidad de álcali necesaria para saponificar una cantidad dada de grasa o aceite. Se expresa como miligramos KOH necesaria para saponificar 1 g de muestra, pues un alto índice de saponificación se refiere a un alto nivel de oxidación del aceite (Nielsen el al., 2009)

Estabilidad oxidativa: se define como la resistencia de una matriz lipídica a la oxidación por efecto de la temperatura, luz, oxígeno, presencia de metales etc., lo que genera el deterioro de un aceite o grasa en un periodo de tiempo razonablemente corto. (Frankel, 1998)

Presión: La presión se define como la cantidad de fuerza que se ejerce sobre una unidad de área de una sustancia, o sobre una superficie. Si se mantiene un gas a presión en un recipiente cerrado, tiende a expandirse y llenarlo por completo. Si el contenedor se abriera, el gas tendería a expandirse aún más y a escapar de él. (Mott, 2006).

Semilla: Se refiere al Grano contenido en el interior del fruto de una planta y que, puesto en las condiciones adecuadas, germina y da origen a una nueva planta de la misma especie. (Vanesa,2010).

Semilla de palta: La semilla está rodeada por el epispermo. La semilla de la palta representa entre el 12 – 28 % del peso de la fruta, dependiendo de la variedad. (Bora, Narain, & Rocha, 2001).

CAPITULO IV. MÉTODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

4.1.Lugar de ejecución

Los ensayos experimentales se realizaron en los laboratorios de química, control de Calidad y de investigación agroindustrial de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas, ubicado en la Av. 28 de Julio N° 1103 el distrito de Talavera –Andahuaylas.

4.2.Población y muestra

Población:

En la presente investigación la población está constituida por el aceite de la semilla de palta (*Persea americana* Mill) variedad fuerte.

Muestra:

Para obtener la muestra se ha efectuado un muestreo probabilístico, siendo la tipología muestreo aleatorio simple, y teniendo en cuenta la dimensión de los variables de estudio y sus respectivas replicas se optó 20 ml de aceite de semilla de palta, que fueron destinadas tanto para el análisis de las características físicas y químicas, así como para la estabilidad oxidativa.

4.3.Unidad de análisis:

La unidad de análisis fue establecida según las cantidades requeridas acorde a la metodología experimental para cada análisis en referencia. Propiedades fisicoquímicas (densidad y índice de refracción, índice de acidez, índice de éster, índice de saponificación) y la estabilidad oxidativa.

4.4. Tipo de investigación

- De acuerdo al fin que persigue: Aplicada, porque se pretende generar un nuevo conocimiento sobre aceites de la semilla de palta (*Persea americana* Mill) en cuanto a rendimiento, características físicas-químicas y estabilidad oxidativa
- Según el método complementario: Puesto que existe una relación cuya naturaleza puede representarse numérica o cuantitativamente, y puesto que esta relación permite ordenar los resultados de las observaciones, las características, los procedimientos y otras variables, y puesto que también existe un contraste entre ambos métodos, descriptivo cuantitativo es el término más apropiado.

4.5. Identificación de las variables

Las semillas de palta variedades fuerte serán tratadas de acuerdo a las siguientes variables:

A. Variables independientes

- El aceite de la semilla de palta será extraído mediante el método de destilación por arrastre de vapor de agua a las condiciones de presión de 6, 10 y 14, 18 psi. Los niveles de presión son considerados del trabajo de investigación desarrollado por (Taípe et al; 2017).

B. Variables dependientes

- Rendimiento
- Características fisicoquímicas (Densidad, Índice de refracción (IR), Índice de acidez (IA), Índice de Ester (IE) e Índice de saponificación (IS)
- Estabilidad Oxidativa

4.6. Metodología experimental

Descripción de la extracción de aceite de la semilla de palta.

Recepción de semilla de palta: la semilla de palta fue recolectada de las plantaciones de palto variedad fuerte con madurez de consumo, dichas plantaciones situadas en el distrito de Rocchacc, provincia de Chincheros, región Apurímac ubicado a una latitud :13°26'24" sur y longitud 73°35'59" Oeste a 2600 m.s.n.m.

Lavado: con el fin de eliminar los residuos innecesarios (cascara y restos de pulpa) se procedió a lavar en una bandeja con agua de flujo corriente.

Pelado: Utilizando los utensilios de cocina se tuvo que realizar el retirado de la cascara y la pulpa de la palta, y así conseguir la semilla de palta.

Picado: Para uniformizar el espesor de la materia prima y que la transferencia de calor sea distribuida homogéneamente se procedió al picado de la semilla de la palta en cubos de 1 cm aproximadamente.

Pesado: Para la uniformidad de la cantidad de los lotes de cada proceso fue necesario realizar el pesado y así controlar la medida de peso para futuros cálculos.

Extracción: Para la extracción de aceite de la semilla de palta se empleó el equipo destilación por arrastre de vapor sobresaturado a las condiciones de 6, 10, 14 y 18 psi.

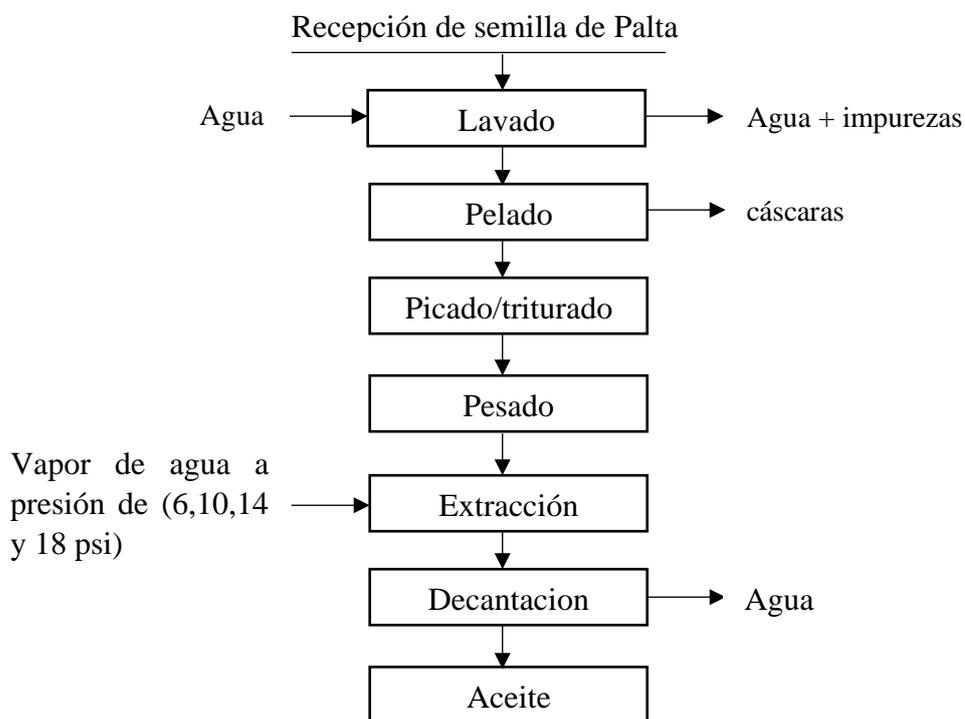
donde, el generador de vapor no forma parte del recipiente donde se almacena la materia prima, es externo y suministra un flujo constante de vapor.

Decantación: La mezcla agua-aceite obtenida se dejó en la pera de decantación por 02 horas evitando la incidencia de la luz, a fin de separar el aceite por diferencia de densidades, siendo el aceite inmisible que flota sobre el agua.

Aceite: el aceite obtenido se guardó en unos frascos de color ámbar para luego ser llevado a los respectivos análisis físicos químicos y estabilidad oxidativa.

Figura 8.

Flujograma de obtención del aceite de semilla de palta



Nota. El esquema descrito fue adecuada para la extracción del aceite de semilla de palta a partir del trabajo de investigación desarrollada para aceites esenciales por Taipe.

Fuente. Taipe et al., (2021)

4.7. Método de análisis experimental por objetivos

Determinación del rendimiento de extracción de aceite de la semilla de palta

El porcentaje de rendimiento de extracción de aceite de la semilla de palta se determinó a través del cálculo, peso total de muestra utilizada (fresca) y del peso del aceite obtenido en porcentaje de corrida experimental (Quert el al., 2001), usando la siguiente expresión:

$$\%RA = \frac{m1}{m2} * 100$$

Donde:

M1: peso del aceite (g)

M2: masa de semillas de palta fresca (g)

100: factor matemático

Determinación de propiedades físico-químicas del aceite de la semilla de palta

a) Densidad

Esta determinación se realizó de acuerdo a la Norma Técnica Peruana: NTP 319.081 (1987). En este contexto, la densidad se refiere a la relación entre el peso de un objeto y su volumen; en el caso del petróleo, esta relación se ve afectada por la temperatura.

$$\rho = \frac{P2-P}{P1-P}$$

Dónde:

ρ : Densidad

P1: Peso en g (del picnómetro conteniendo agua destilada a 20°C).

P2: Peso en g (del picnómetro conteniendo aceite a 20°C).

P: Peso en g (del picnómetro vacío a 20°C).

b) Método de índice de acidez (IA)

Para este análisis se ha utilizado el procedimiento descrito por la Norma Técnica Peruana 209.005:1968 (revisada el 2016). véase el apéndice 1.

c) Método de índice de refracción (IR)

Se empleó el método recomendado por la NTP 319.075 (1987) dicha metodología se detalla en el Anexo 2

d) Índice de éster (IE)

Tras determinar la composición en ésteres de la muestra, se calculó también la cantidad de hidróxido potásico en miligramos que sería necesaria para saponificar los ésteres encontrados en un gramo de aceite. Para ello se ha empleado método descrito por la Norma Técnica Peruana: NTP 319.088: (1974). consulte Anexo 3.

e) Método de índice de saponificación

Se expresó como el número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) requeridos para saponificar un gramo de muestra. En método que se ha empleado fue de la NTP 209.058:1980 con algunas modificaciones de Lock de Ugaz, O. (1994). Para más detalle ver Anexo 4.

4.8. Determinación de estabilidad oxidativa de aceite de la semilla de palta

La medida de la estabilidad oxidativa de las matrices lipídicas se ha llevado según el método de RapidOxy que consiste de los siguientes pasos.

Primero: Se deposita 5,0 g de muestra de aceite en una cámara de ensayo sellada, donde se le sometió a una presión con oxígeno puro hasta 700 kPa, a la vez que se eleva su temperatura hasta 100°C con función de agitación de 50 rpm.

Segundo: La temperatura se mantiene constante y la presión se mide continuamente hasta que se detecta una caída de presión de 10 %.

Tercero: El resultado se indicó como periodo de inducción (IP), lo cual, es el tiempo transcurrido entre el inicio del ensayo (cuando comenzó el calentamiento del recipiente donde está la muestra) y el punto de ruptura (instante donde la oxidación aumenta rápidamente, lo que provoca un consumo rápido de oxígeno y por lo tanto una caída definida de presión), el cual nos reporta la estabilidad a la oxidación del aceite de la semilla de palta.

4.9. Diseño experimental y análisis estadístico

4.9.1. Diseño experimental

El objetivo de este estudio es determinar el rendimiento, las características fisicoquímicas y la estabilidad oxidativa del aceite extraído de la semilla de palta mediante el método de destilación por arrastre de vapor de agua a distintas presiones. Por lo que es importante identificar los variables independientes y lo propio variables dependientes.

Figura 9.

Variables independientes y dependientes

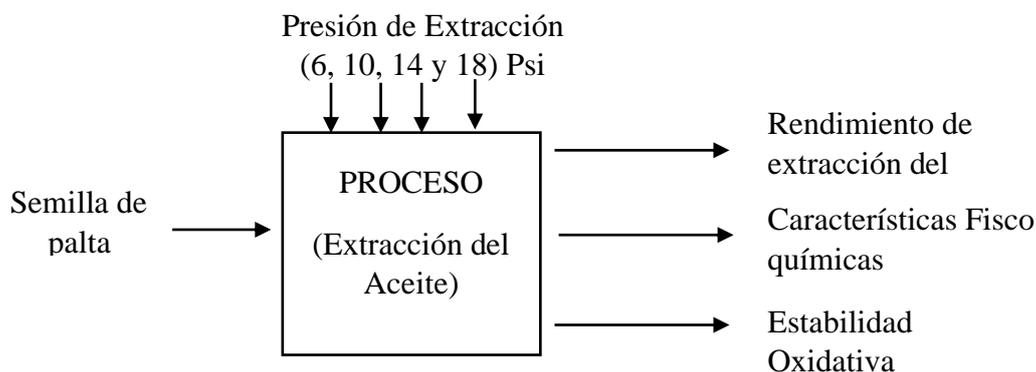


Tabla 4.

Instrumento de recolección de datos

Tratamientos (Presión de operación) psi	Rendimiento de extracción	Características fisicoquímicas					Estabilidad Oxidativa
		Densidad	Índice de Acidez	Índice de Refracción	Índice de Ester	Índice de saponificación	
T1 (6 psi)	-	-	-	-	-	-	-
T2 (10 psi)	-	-	-	-	-	-	-
T3 (14 psi)	-	-	-	-	-	-	-
T4 (18 psi)	-	-	-	-	-	-	-

Los tratamientos se analizaron por triplicado empleando el estadístico de prueba ANOVA con un factor para el análisis de los datos y para la comparación múltiple de media de los tratamientos se utilizó la prueba tukey, con un nivel de significación inferior o igual a 0,05.

4.9.2. Análisis Estadístico

El análisis estadístico de nuestra variable de estudio se ajustó al diseño totalmente aleatorizado (DCA), donde el experimento se basa en el análisis de la varianza. En este tipo de prueba, la varianza total se descompone en la varianza de los tratamientos y la varianza del error. Cuando la primera predomina "obviamente" sobre la segunda, es

cuando se decide que los tratamientos tienen un impacto; dicho de otro modo, es cuando se determina que los tratamientos estudiados son distintos o cuando los tratamientos no dominan los resultados, sus contribuciones son iguales o inferiores al error, y es posible llegar a la conclusión de que las medias son las mismas. Por lo tanto, a través de análisis de varianza se verificó la hipótesis nula si los tratamientos fueron iguales o no respecto al valor medio de las variables de estudio.

Tabla 5.

ANOVA para el DCA.

F.V	Suma de Cuadrados	Grado de libertad	Cuadrado medio	F ₀	Valor - p
Tratamientos	$SC_{TRAT} = \sum_{i=1}^K \frac{Y_{i.}^2}{n_1} - \frac{Y_{..}^2}{N}$	$k - 1$	$CM_{TRAT} = \frac{SC_{TRAT}}{K-1}$	$\frac{CM_{TRAT}}{CM_E}$	$P(F > F_0)$
Error	$SC_E = SC_T - SC_{TRAT}$	$N - k$	$CM_E = \frac{SC_E}{N-K}$		
Total	$SC_T = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_1} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$	$N - 1$			

Fuente: Gutiérrez y De la Vara (2008).

En consecuencia, las estimaciones se basan en la siguiente hipótesis sobre las dos fuentes de variabilidad (tratamientos y error aleatorio).

4.9.3. Hipótesis estadísticas

Para extraer conclusiones del experimento, se formularon los siguientes supuestos estadísticos:

- ✓ **Hipótesis nula- H₀:** No existen diferencias estadísticamente significativas entre 6, 10, 14 y 18 psi sobre el rendimiento de extracción, características físico-químicas y estabilidad oxidativa del aceite de la semilla de palta.

$$\bar{x}_i = \bar{x}_j = \bar{x}_k$$

- ✓ **Hipótesis alterna-H_a:** existen diferencias estadísticamente significativas entre las presiones de extracción (6, 10, 14 y 18 psi) sobre el rendimiento de la extracción, características físicas químicas y estabilidad oxidativa del aceite de la semilla de palta.

$\bar{x}_i \neq \bar{x}_j \neq \bar{x}_k$, para algún i, j y k (tratamientos).

Nivel de significancia (α)

- ✓ para el caso de comparaciones múltiples se empleó $\alpha = 0.05$

Prueba de criterio

- ✓ Cuando $P_{\text{value}} < 0.05$ Se rechaza la H_0 y se acepta la H_A .
- ✓ Cuando $P_{\text{value}} \geq 0.05$ se acepta la H_0 y se rechaza la H_A .

CAPITULO V. RESULTADO Y DISCUSIÓN

5.1. Rendimiento del aceite de semilla de palta (*Persea americana Mill*)

Los rendimientos calculados del aceite extraído de la semilla de palta expresan valores promedios entre 0.24 y 0.34 % como se muestra en la Tabla 6, donde el coeficiente de variabilidad fue menor a 4.5 %, el cual demuestra que los valores promedios son representativos del conjunto de datos registrados de las réplicas efectuadas en el experimento.

Tabla 6.

Rendimiento (%) del aceite de la semilla de palta.

Tratamientos	\bar{X}	\pm	S	C.V (%)	Dif. Sig.*
6 Psi (T1)	0.240	\pm 0.005		0.023	a
10 Psi (T2)	0.265	\pm 0.009		0.033	b
14 Psi (T3)	0.307	\pm 0.008		0.025	c
18 Psi (T4)	0.337	\pm 0.015		0.045	d

*Evaluados a través del test de tukey al 5 % de significancia CV: coeficiente de variabilidad, \bar{X} : promedio, s: desviación estándar, Dif. Sig.: diferencia significativa, Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

De acuerdo el análisis de varianza (ANOVA) existe una diferencia significativa entre los valores medios de rendimiento de extracción con un nivel de confianza del 95.0% (Anexo 5). Puesto que, a medida que se incrementa la presión de operación, incrementa el rendimiento de extracción del aceite de la semilla de palta, a esto podríamos atribuirle que a mayor presión se remueve mucho mejor las moléculas lipídicas que están más ligadas a las paredes celulares de la semilla.

Hennessey, (2017) utilizando el equipo de soxhlet determinó un rendimiento de 71,26 %, en cambio, cuando empleó el ultrasonido logró un rendimiento de extracción de hasta el 95,75 % de la pulpa de palta. Asimismo, Sanchez-Quezada et al., (2023). obtuvieron 28.26 % y 6,14% de rendimiento utilizando etanol y hexano como solvente orgánico por soxhlet en la extracción de aceite. Akusu y Wordu (2019), extrajeron aceite de la semilla (*Allanblackia floribunda*), con un rendimiento de 65,31%. Schwartz et al., (2007). A través de tratamientos enzimáticos el rendimiento de extracción fue 18,8% de pulpa y 8,3 % de cáscara de palta. No obstante, cuando utilizaron la técnica por extracción en frío con batidora durante 2 minutos y extracción en calor a reflujo durante 2 horas obtuvieron aceite en un 1,5% de las semillas de palta (Djonny et al., 2022). Mientras, en el presente

estudio, la extracción del aceite de semilla de palta mediante la técnica de destilación por arrastre de vapor de agua se obtuvo un rendimiento relativamente bajo en comparación de los autores antes descritos. Se precisa, el rendimiento de extracción de aceite de semilla de palta o de otras fuentes alimentarias varía según el método que se emplean para dicho fin.

Algunos autores sugieren, para una mejor extracción del aceite se debe tener en cuenta la diferencia de solubilidad del aceite con los disolventes. La selectividad del disolvente utilizado determina el nivel de pureza del aceite y no únicamente centrarse en la cantidad de obtención sino también en la calidad del producto (Sanchez-Quezada et al., 2023). Sin embargo, también es sumamente importante adoptar procesos de producción con tecnologías limpias para reducir la masa de contaminantes en el producto obtenido. Es por ello, nos urge emplear técnicas más amigables con el medio ambiente, aunque en el rendimiento de obtención del aceite sea bastante inferior como se ha comprobado en este estudio, la ventaja principal resalta en que el aceite no es contaminando con agentes externos y es mucho más natural que cuando se extrae con disolventes orgánicos, y por otra parte, los equipos que hemos empleado para este fin, posiblemente sea de menos contaminante que los métodos convencionales.

5.2.Resultados de las características físicas

Densidad del aceite de semilla de palta (*Persea americana* Mill)

La densidad del aceite de la semilla de palta se muestra en la Tabla 7, cuyos valores promedios se encuentran entre 0.92 a 0.94 g/cm³ con un coeficiente de variabilidad menor a 0.47 %.

Tabla 7.

Resultados de la Densidad (g/cm³).

Tratamientos	\bar{X}	$\pm S$	C.V (%)	Dif. Sig.*
6 Psi (T1)	0.92	± 0	0.47	a
10 Psi (T2)	0.93	± 0	0.22	ab
14 Psi (T3)	0.92	± 0	0.22	a
18 Psi (T4)	0.94	± 0	0.39	b

*Evaluados a través del test de tukey al 5 % de significancia CV: coeficiente de variabilidad, \bar{X} : promedio, s: desviación estándar, Dif. Sig.: diferencia significativa, Letras diferentes indican diferencia significativa.

A su vez en la tabla 7, se demuestra una diferencia significativa entre los valores promedio de la densidad con un nivel de confianza del 95.0% (Anexo 6), y luego al efectuar la prueba de tukey, se identificó que los valores de densidad es diferente cuando se extrae el aceite a una presión de operación a 6 psi y 18 psi. E inclusive cuando se extrae a 18 psi la densidad se aleja del valor establecido para los aceites de fuentes vegetales. La Norma Técnica Peruana (NTP) ha fijado en el intervalo de 0,926 – 0,931 (g/cm³); nuestros resultados coinciden cuando se opera a una presión de 6, 10 y 14 psi, pero excepto a 18 psi.

Moreno (2003) al emplear diferentes métodos y solventes en la extracción de aceite de semillas obtuvo valores de densidades siguiente: microondas y compresión (0.9102 g/cm³), microondas y hexano (0.9103 g/cm³), hexano (0.9100 g/cm³), acetona (0.9010 g/cm³), también Guillen (2016) obtuvo una densidad de 0,947 g/cm³. En tanto, Hennessey, (2017) empleando etanol consiguió una densidad 0,875 g/cm³. Los reportes descritos son relativamente similares al presente estudio, que se obtuvo una densidad de 0.92 g/cm³ (6 Psi), 0.93 g/cm³ (10 Psi), 0.92 g/cm³ (14 Psi) y 0.94 g/cm³ (18 Psi) respectivamente. No obstante, las diferentes condiciones de presión influyen significativamente la densidad del aceite. Se debe tener en cuenta que, a mayor presión de operación, mayor es la densidad del aceite. Aunque puede cambiar con la polimerización o la oxidación, la densidad por sí sola no se correlaciona directamente con la calidad del aceite. También es esencial para los cálculos en el diseño de equipos y es muy útil para las conversiones masa-volumen en la formulación de productos alimentarios.

5.3. índice de refracción del aceite de semilla de palta (*Persea americana* Mill)

El índice de refracción del aceite de la semilla de palta se muestra en la Tabla 8, donde los valores promedios fueron iguales a 1.47 para todos los tratamientos, con un coeficiente de variabilidad menor a 0.01 %.

Tabla 8.*Resultados del Índice de Refracción*

Tratamientos	\bar{X}	$\pm S$	C.V (%)	Dif. Sig.*
6 Psi (T1)	1.47	± 0	0.01	a
10 Psi (T2)	1.47	± 0	0.01	a
14 Psi (T3)	1.47	± 0	0.01	a
18 Psi (T4)	1.47	± 0	0.01	a

*Evaluados a través del test de tukey al 5 % de significancia CV: coeficiente de variabilidad, \bar{X} : promedio, s: desviación estándar, Dif. Sig.: diferencia significativa, Letras diferentes indican diferencia significativa.

Una vez efectuada la prueba de ANOVA nos demuestra que no existe una diferencia significativa entre los valores promedio para el índice de refracción ($p > 0.05$) (Anexo 7). Por lo tanto, es indiferente (no afecta) la presión de operación respecto al índice de refracción del aceite extraído de la semilla de palta. Guillén (2016) reportó el índice de refracción de 1,44 a una temperatura de 25 °C; Rengifo (2014), utilizó hexano y etanol como disolventes en el proceso soxhlet y obtuvo un valor promedio de 1,465 a una temperatura de 25°. En tanto, Hennessey, (2017) encontró un valor de 1,4585 a 24,8 °C; Asimismo, Moreno (2003) en sus diferentes tratamientos como microondas, hexano y acetona obtuvo índices de refracción de 1.467, 1.466 y 1.465 respectivamente.

los hallazgos antes mencionados son similares a nuestros reportes, que a su vez denota una buena calidad para su uso en la industria. Si bien, el índice de refracción y la calidad del aceite están directamente correlacionados; cuanto mayor es el valor de índice de refracción, más puro es el aceite y, por tanto, la calidad mejora. Naranjo (2002) afirma que la proporción del constituyente primario del aceite y el grado de pureza están directamente correlacionados. El contenido de ácidos grasos libres (AGL), la oxidación y el calentamiento de la grasa o del aceite son factores que afectan al índice de refracción. la NTP 151.400 (2009) establece un IR a 20 °C entre (1,475 – 1,481), a este dato también se ajusta nuestros resultados para Índice de refracción.

5.4. Índice de acidez del aceite de semilla de palta (*Persea americana* Mill)

En la Tabla 9 se observa los valores promedio del índice de acidez del aceite de la semilla de palta. Los valores se reportan entre 1.47 a 1.78 mg de NaOH/g con un coeficiente de variabilidad menor a 5.63 %.

Tabla 9.*Resultados del Índice de Acidez (mg de NaOH/g).*

Tratamientos	\bar{X}	\pm	S	C.V (%)	Dif. Sig.*
6 Psi (T1)	1.78	\pm	0.03	1.7	b
10 Psi (T2)	1.47	\pm	0.08	5.63	a
14 Psi (T3)	1.63	\pm	0.06	3.67	ab
18 Psi (T4)	1.48	\pm	0.07	4.97	a

*Evaluados a través del test de tukey al 5 % de significancia CV: coeficiente de variabilidad, \bar{X} : promedio, s: desviación estándar, Dif. Sig.: diferencia significativa, Letras diferentes indican diferencia significativa.

Además, en la tabla 9 se observa que existe diferencia significativa entre los valores medios del índice de acidez ($p < 0.05$), puede ver (Anexo 8). Y según la comparación múltiple de los tratamientos de la prueba de tukey, el aceite extraída a 6 psi es diferente y superior en acidez cuando se obtiene a 10 y 18 psi.

Hennessey, (2017) determinó 0,1046 % de acidez del aceite de la pulpa de palta. Santana (2013) obtuvo 0,87% y 0,93% de acidez para el mismo producto. En cambio, Djonny et al., (2022) determinó índice de acidez de 3,30 mg KOH/g para aceite de semilla de palta. Rengifo (2014), determino un valor de de 2.120 mg de NaOH/g. Moreno (2003) obtuvo un índice de acidez de 0.144 mg de NaOH/g por microondas, 0.227 mg de NaOH/g por microondas con hexano, 0.65 mg de NaOH/g con hexano y 2.84 mg de NaOH/g por acetona los cuales son diferentes a los valores que obtuvimos en este estudio. Es importante resaltar, el índice de acidez expresa la concentración de ácidos grasos libres. Debido a la exposición a altas temperaturas durante los procedimientos de extracción, el índice de acidez es elevado.

Comparando nuestro estudio con los autores antes mencionadas, podemos notar que el tratamiento T2 tiene un índice de acidez más bajo cuando la extracción del aceite es por arrastre de vapor de agua. La cantidad de ácidos grasos libres en los aceites viene determinada por el índice de acidez. Como permite inferencias sobre el estado de la materia prima y los posibles procesos de degradación durante el tratamiento y el almacenamiento del aceite, este resultado es crucial como prueba de pureza (ICONTEC NTC 218, 1999). En aceite de semilla de palta variedad fuerte no sobrepasa lo establecido por la NTP 151.400 – 2009, quien señala un máximo de 1% para el aceite extra virgen y

2% para aceite virgen; por tanto, nuestra muestra al tener un bajo contenido de ácidos grasos libres, es un signo clave de la calidad de un aceite

5.5. Índice de Ester del aceite de semilla de palta (*Persea americana* Mill).

En la Tabla 10 se observa los valores promedio del índice de ester del aceite extraído de la semilla de palta que comprende de 155.13 a 157.56 mg de NaOH/g. El coeficiente de variabilidad en este análisis fue menor a 1.06 %. Asimismo, la prueba de ANOVA demostró ninguna diferencia significativa entre los tratamientos con un nivel de confianza del 95.0%.ver (Anexo 9).

Tabla 10.

Resultados del Índice de Ester (mg de KOH/g).

Tratamientos	\bar{X}	\pm	S	C.V (%)	Dif. Sig.*
6 Psi (T1)	156.15	\pm	1.02	0.65	a
10 Psi (T2)	156.08	\pm	1.66	1.06	a
14 Psi (T3)	157.56	\pm	1.35	0.86	a
18 Psi (T4)	155.13	\pm	0.31	0.2	a

*Evaluados a través del test de tukey al 5 % de significancia CV: coeficiente de variabilidad, \bar{X} : promedio, s: desviación estándar, Dif. Sig.: diferencia significativa, Letras diferentes indican diferencia significativa.

De acuerdo con los resultados obtenidos, no existe una diferencia significativa entre los tratamientos. El Índice de ester permite una mejor aproximación al peso molecular medio de los triglicéridos de una grasa, y que a su vez a mayor nivel de saturación mejor será la vida útil del producto (Santana, 2013). En lípidos de cacao obtuvo 193,80 mgKOH/g; en lípido de cerdo obtuvo 194,60 mgKOH/g y en sebo de vaca obtuvo 197.00 mgKOH/g; y como se puede evidenciar con nuestro resultado, los valores que encontramos son inferiores, lo que indica que el aceite extraído de la semilla de palta tiene menor saturación de ácidos grasos lo que implica una tendencia mayor a la oxidación. Cabe indicar, para este tipo de análisis los reportes son escasos en aceites procedentes de origen vegetal y, por tanto, a efectos comparativos hemos de considerar el índice de ester del aceite esencial de hinojo extraído por el método de arrastre vapor de agua que obtuvieron de 2.80 a 6.00 mgKOH/g y al extraer por el método de soxhlet obtuvieron de 4.15 a 6.09 de mgKOH/g (Aguilar, 2019). por otra parte, Ricalde (2015), determino el índice de ester de 8.027 mgKOH/g del aceite esencial de molle, García (2017) reportó 7.80 mgKOH/g del aceite esencial de cedrón. Por lo tanto, los aceites esenciales poseen peso molecular de

triglicéridos bastante bajo en comparación con el aceite extraído de la semilla de palta y son más sensibles a la oxidación.

5.6. Índice de saponificación del aceite de semilla de palta (*Persea americana* Mill).

El índice de saponificación del aceite de la semilla de palta se muestra en la Tabla 11, los valores medios se encuentran en un rango de 156.62 a 159.19 mg de mg KOH/g con un coeficiente de variabilidad menor a 1.74 %.

Tabla 11.

Resultados del Índice de Saponificación (mg de KOH/g).

Tratamientos	\bar{X}	\pm	S	C.V (%)	Dif. Sig.*
6 Psi (T1)	157.92	\pm 1.05	0.67	0.67	a
10 Psi (T2)	157.55	\pm 1.74	1.1	1.1	a
14 Psi (T3)	159.19	\pm 1.41	0.88	0.88	a
18 Psi (T4)	156.62	\pm 0.28	0.18	0.18	a

*Evaluados a través del test de tukey al 5 % de significancia CV: coeficiente de variabilidad, \bar{X} : promedio, s: desviación estándar, Dif. Sig.: diferencia significativa, Letras diferentes indican diferencia significativa.

los resultados de la prueba ANOVA demuestran que no existe diferencia significativa entre los tratamientos ($p > 0.05$). ver (Anexo 10). Dicho de otro modo, las presiones de operación establecidas en esta investigación no afectan al resultado del índice de saponificación del aceite de semilla de palta.

Rengifo (2014) obtuvo un índice de saponificación de 242.3 mg KOH/g en aceite de palta; Moreno et al (2003) reportó un valor de 241 mg KOH/g empleando microondas para la extracción de aceite, 235 mg KOH/g por microondas más hexano, 273 mg KOH/g con hexano y 168 mg KOH/g con acetona, de la misma forma, Akusu et al (2021) obtuvo 218.66 mg KOH/g y 198.31 mg KOH/g del aceite extraída de la pulpa y semilla de palta. Hennessey, (2017) determino el valor de 190,74 mg KOH/g de la pulpa de palta y Djonny et al., (2022) observo el índice de saponificación de aceite de semilla de palta 119,493 mg KOH/g. Asimismo, Restrepo et al. (2012) mostraron los valores del índice de saponificación para el aceite de pulpa de palta extraída por los métodos de Soxhlet, expresión en frío y fluido supercrítico que fueron 175,072 mg KOH/g, 223,696 mg KOH/g y 226,181 mg KOH/g, respectivamente. En cambio, en el presente estudio empleando técnicas más ecológicas se obtuvieron entre 156,62 - 159,19 mg de KOH/g. las cuales son bajas en comparación de los reportes antes descritos. El índice de

saponificación aumenta al disminuir el contenido de ácidos grasos (es decir, al aumentar el contenido de ácidos grasos de cadena corta) (Matissek et al., 1998), aunque no es un indicador de la identidad o la calidad del aceite, nuestro resultado al poseer menor valor de saponificación denota mayor posibilidad de mantenerse estable frente al resto de los aceites antes mencionados.

5.7. Estabilidad Oxidativa del aceite obtenido de semilla de palta (*Persea americana* Mill)

La estabilidad oxidativa (EO) del aceite de semilla de palta se analizó a 100 °C. los valores medios se muestra en la Tabla 12, la EO se encuentra en un rango de 11.18 a 12.33 horas con un coeficiente de variabilidad menor a 14.39 %.

Tabla 12.

Estabilidad Oxidativa del aceite de la semilla de palta a 100 °C

Tratamientos	\bar{X}	\pm S	C.V (%)	Dif. Sig.*
6 Psi (T1)	11.62	\pm 0.21	1.79	a
10 Psi (T2)	12.33	\pm 0.16	1.33	a
14 Psi (T3)	11.18	\pm 1.61	14.39	a
18 Psi (T4)	11.50	\pm 0.88	7.62	a

*Evaluados a través del test de tukey al 5 % de significancia CV: coeficiente de variabilidad, \bar{X} : promedio, s: desviación estándar, Dif. Sig.: diferencia significativa, letras diferentes indican diferencia significativa. OSI: horas.

Asimismo, la tabla 12 se observa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos ($p > 0.05$), puede ver (Anexo 11). De modo que, el aceite extraído a diferentes escalas de presión posee similar estabilidad oxidativa.

La presencia de los elevados niveles de ácidos grasos insaturados en el aceite de semilla de palta juega un papel fundamental y determinante en su estabilidad oxidativa, altos grados de insaturaciones están directamente asociados con un menor EO. Sin embargo, el más bajo EO no siempre corresponde con el más alto PUFA (contenido de ácidos grasos Poliinsaturados), lo que sugiere que otros factores, por ejemplo, el contenido de polifenoles y otros antioxidantes de origen natural en el aceite también contribuyen a la estabilidad oxidativa (Lutterodt et al., 2010). Los reportes expresan según el período de inducción (PI). El aceite de coco prensado en frío mostró a 140°C (16,44 h), 160°C (3,16 h) y 180°C (0,68 h) (Frankel, 2012) y en el caso de sachá inchi 110 °C (0,493 h); 100 °C (1,590 h); 90 °C (4,645 h) y 80 °C (20,512) (Rodríguez, 2015). Ahora bien, utilizando la

PI en condiciones experimentales (120°C, flujo de aire 20 L/h) los resultados se documentan de la siguiente manera: mantequilla clarificada tuvo 10,57 h (Pawar et al., 2014); aceite de colza refinado fue de 4,10 h y aceite de girasol refinado 1,89 h a 5.9 h (Anwar et al., 2003; Kowalski et al., 2004); mantequilla de 5.00 a 6.03 h (Anwar, Bhangar y Kazi, 2003); aceite de oliva de 6,42 h (Läubli y Bruttel, 1986); los aceites de colza (5,08 h) se oxidaron más fácilmente en comparación con el mismo aceite sometido a un proceso de refinado completo (5,37 h). Como una regla general, los aceites que poseen una PI más larga es debido a la presencia de menores compuestos de antioxidantes (Chaiyasit et al., 2007). Estos valores evidentemente son inferiores al resultado obtenido en este estudio, lo que supone que el aceite de semilla de palta podría contener antioxidante lo que permite una mejor estabilidad frente a los reportes de estudios previos.

CONCLUSIÓN

Las presiones de operación por arrastre vapor de agua a 6, 10,14 y 18 Psi para la extracción de aceite de la semilla de palta, expresaron una diferencia significativa entre las escalas establecidas ($p < 0.05$). Donde, a medida que incrementa la presión de operación se obtuvo mayor rendimiento.

Se determinó las características físicas y químicas del aceite obtenida de semilla de palta, donde la densidad fue comprendida entre los valores de 0.92 a 0.94 g/cm^3 , el índice de refracción de 1.47, el índice de acidez de 1.47 a 1.78 mg KOH/g, el índice de ester de 155.13 a 157.56 mg KOH/g y el índice de saponificación fluctúa entre 156.62 a 157.92 mg KOH/. Las presiones de operación establecidas en esta investigación, no afectaron significativamente ($p > 0,05$) respecto al índice de refracción, ester y saponificación. Sin embargo, la acidez y la densidad del aceite tuvo una diferencia significativa a 6 psi y 18 psi ($p < 0,05$) por lo que las presiones de operación afectan únicamente a estas dos características.

La estabilidad oxidativa del aceite extraída de la semilla de palta fue determinada a 11.18 a 12.33 horas. Y luego de efectuar el análisis de varianza de las diferentes escalas de presión establecida, se evidenció en que las presiones de 6 a 18 psi no afectan significativamente ($p > 0.05$) a las matrices lipídicas empleadas en este estudio.

RECOMENDACIONES

Realizar procesos de optimización incorporando otras escalas de presión y la relación de materia prima/agua a fin de maximizar la extracción de aceite de la semilla de palta. Toda vez, que el método es mucho más amigable con el medioambiente ya que no requieren uso de solventes ni procesos de refinación y requieren menos energía.

Efectuar procesos de extracción del aceite de semilla de palta con otros métodos a fin de comparar nuestros resultados en términos de rendimiento y las características fisicoquímicas estudiadas en el presente estudio.

Realizar estudios de identificación de ácidos grasos empleando técnicas instrumentales más avanzadas a fin de proponer su uso específico y proponer su escalamiento industrial en el marco de la economía circular

Realizar el análisis de estabilidad oxidativa a temperaturas superiores a nuestro estudio (100 °C), a fin de conocer las reacciones químicas del aceite y estimar su vida útil.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Aguilar, J.J. (2019). Extracción y caracterización físicas y química del aceite esencial de hinojo (*foeniculum vulgare miller*) por los métodos de arrastre de vapor y soxhlet. Tesis para optar título profesional. Universidad Nacional Jose Maria Arguedas.
- Akusu OM, Wordu GO (2019). Physicochemical properties and fatty acid profile of Allanblackia seed oil and African pear pulp oils. *Int. J. Biotechnol. Food Sci.* 7(2): 14-22. https://doi.org/10.33495/ijbfs_v7i2.19.102
- Alba, N. (2008). *Ciencia, tecnología e industria de los alimentos*. Bogotá: Grupo latino editores.
- Alberca, S. K., & Huanca, M. A. (2015). *Evaluación del índice de estabilidad oxidativa del aceite de moringa (moringa oleifera lam) por el método rancimat*. Tesis de grado, Universidad Señor de Sipan , Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, Escuela Académico Profesional de Ingeniería, PIMENTEL – PERÚ.
- Alissa, K. (2020). Developing new health material: The utilization of spray drying technology on avocado (*Persea americana mill.*) seed powder. *Food*, 9(2), 139. doi:10.3390/alimentos9020139
- Alvarado, J., & Aguilera, J. (2001). *Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos*. Zaragoza: Acribia.
- Alzamora, L., Morales, L., Armas, L., & Fernández, G. (2001). Medicina Tradicional en el Perú: Actividad Antimicrobiana in vitro de los Aceites Esenciales Extraídos. *Anales de la Facultad de Medicina*, 62(2), 156 - 161.
- Ambrosio, S., Han, C., Pan, L., Kinghorn, A., & Ding, H. (2011). Aliphatic acetogenin constituents of avocado fruits inhibit human oral cancer cell proliferation by targeting the EGFR/RAS/RAF/MEK/ERK1/2 pathway. *Biochem Biophys Res Commun*(409), 465-469.
- AOAC. (1998). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 16th ed. 4ta revisión*. . USA. : Kenneth Herlich. Virginia.
- Anwar, F., Bhangar, M. I. and Kazi, T. G. (2003) ‘Relationship between rancimat and active oxygen method values at varying temperatures for several oils and fats’, *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, 80(2), pp. 151–155. doi: 10.1007/s11746-003-0668-2.
- Arias, F., & C, M. (2020). *Dinámica Cdel mercado mundial de aguacate*.
- Bailey, A. (1984). *Aceites y grasas industriales*. Barcelona: Reverte.
- Bandoni, A. (2000). Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica. Su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores. 13 – 42.
- Barrientos, A. G. (2006). Anatomía del fruto de aguacate ¿drupa o baya ? *Revista Chapingo serie horticultura N°2*.

- Bartoli, J. (2008). Manual Técnico del cultivo de aguacate (Persea americana). Fundación. 43.
- Bernal, E. y. (2005). Tecnología para el cultivo del aguacate.
- BETSA, (2023). *Ensayos de oxidación acelerada: el método RapidOxy*. <https://www.btsa.com/ensayos-de-oxidacion-acelerada-el-metodo-rapidoxy/>
- Blas, D. (2008). *Plantas Medicinales*. Barcelona: Maxtor.
- Bora, P., Narain, R., & Rocha, M. Q. (2001). Characterization of the oils from the pulp and seeds of avocado (cultivar fuerte) fruits. *Grasas y Aceites*. (52), 171-174.
- Braverman, J. (1980). *Bioquímica de los Alimentos. Nueva. Edición Z. Berk Editorial* ., el manual moderno. 2. BOGNER, II. Y Matzke, P.
- Bressani, R., & Rodas, I. y. (2009). La Composición Química, Capacidad Antioxidativa y Valor Nutritivo de la Semilla de Variedades de Aguacate. *Centro de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala*, 61.
- Brooke, D., Shelley, E., Roberts, C., Denny, W., Sutherland, R., & Butt, A. (2011). Synthesis and in vitro evaluation of analogues of avocado-produced toxin (+)-(R)-persin in human breast cancer cells. *Bioorg Med Chem*(19), 7033-7043.
- Bwade, K. E., Aliyu, B., & Kwaji, A. M. (2013). Physicochemical properties of pumpkin seed oil relevant to bio-diesel production and other industrial applications. . *International Journal of Engineering, Business and Enterprise Applications (IJEBA)*, 4(1), 72-78.
- Cabrera, L. (1996). Tratado de Plantas Curativas de México. (E. Mexicanos. *E. Mexicanos*, 16-17.
- Calvachea, E., & Roman, J. T. (2018). Determinación de propiedades térmicas de aceites esenciales. *Researchgate*, 4.
- Caps, A. (2014). Tecnología de los alimentos de origen vegetal. España: editorial síntesis. 372.
- Charley, H. (2012). *Tecnología de alimentos: procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos*. Ciudad de México: Limusa.
- Chaiyasit, W. et al. (2007) ‘Role of physical structures in bulk oils on lipid oxidation’, *Critical. Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(3), pp. 299–317. doi: 10.1080/10408390600754248.
- CODEX. (1999). *Norma para aceites vegetales especificados* . Editado por la ONU y OMS. *Codex alimentarius*.
- Condori C (2016)., “Análisis de extracción de aceite de palta (Persea americana) de la variedad Fuerte por evaporación rápida de agua”. Tesis Para optar el Grado de Ingeniería de Alimentos Universidad Peruana Unión, Juliaca – Perú.

- Cruz, R. L., & Melendez, L. (2010). *Obtención, refinación y caracterización del aceite de la semilla de passiflora edulis flavicarpa (maracuyá)*.
- Cummings, K., & Schroeder, C. A. (1942). Anatomy of the avocado fruit. *California Avocado Society Yearbook*, 1(26), 56-64.
- De Souza, R., Alves, V., Soares, C., Teles, G., & Alves, M. (2015). The action of avocado oil on the lipidogram of wistar rats submitted to prolonged androgenic stimulus. *Nutr Hosp*(32), 696-701.
- Devia, J. (2004). *Proceso para obtener colorante a partir de la semilla de aguacate*.
- Diaz, Q. (2007). Agroind.unitru.edu.pe. Obtenido de Agroind.unitru.edu.pe.: Retrieved mayo 12, 2019, from [http://agroind.unitru.edu.pe/investigaciones/tesises/rendimiento_y_caracteristicas_fisicoquimicas_de_aceite_esencial_de_cedron_\(aloesia_triphylla\).pdf](http://agroind.unitru.edu.pe/investigaciones/tesises/rendimiento_y_caracteristicas_fisicoquimicas_de_aceite_esencial_de_cedron_(aloesia_triphylla).pdf).
- Domingo, A. (2014). *Apuntes de mecanica de fluidos*. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid.
- Dominguez, A. (1989.). *Métodos de Investigación Fitoquímica*. Editorial Limusa.
- Djonny, M; Sira-Sarungallo, Melawaty, L. (2022). *Extraction of oil and characteristics from avocado seeds and flesh*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. doi:10.1088/1755-1315/1097/1/012026
- Duque, A., Londoño, J., Álvarez, G., Paz, B., & Salazar, B. (2012). Comparación del aceite de aguacate variedad Hass cultivado en Colombia, obtenido por fluidos supercríticos y métodos convencionales: una perspectiva desde la calidad. 9(2), 151-161.
- Edinger, C; y Paar, A. (2023) *New test method for measuring the oxidation stability of lubricating greases – rapid, simple, precise*. Blankenfelde-Mahlow, Germany
- Eres, N., & Bellmunt, J. (1998). Regulatory proteins of the cell cycle: alterations in the cyclin C1 route as a paradigm. Findings in breast cancer. *Med Clin*(111), 592-596.
- Esquivel, P. (2015). “Evaluación del índice de estabilidad oxidativa del aceite de moringa (moringa oleífera lam) por el método rancimat”. Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial y Comercio Exterio, Universidad Señor Del Sipán, Pimentel – Per.
- FAO (2018). Major Tropical Fruits Market Review 2018. <http://www.fao.org/3/ca5692en/ca5692en.pdf> (Accessed 10 May 2022).
- Farhoosh R. (2007). The effect of operational parameters of the Rancimat method on the determination of the oxidative stability measures and shelf-life prediction of soybean oil. *Journal of the American Oil Chemists Society* 84: 205-209.

- Field, J., Kanakkanthara, A., Brooke, D., Sinha, S., Pillai, S., & Denny, W. (2016). Microtubule-stabilizing properties of the avocado-derived toxins (+)-(R)-persin and (+)-(R)-tetrahydropersin in cancer cells and activity of related synthetic analogs. *Invest New Drugs*(34), 277-289.
- Fitriani, A., Setiati, S., & Herawati, I. (2017). riterpenoid of avocado (*Persea americana*) seed and its cytotoxic activity toward breast MCF-7 and liver HepG2 cancer cells. *Asian Pac J Trop Biomed*(7), 397-400.
- Font, P. (1995). *Plantas medicinales*. Editorial Labor. Barcelona.
- Frankel, E. (2012) *Lipid oxidation*. 2nd editio, Progress in Lipid Research. 2nd editio. Edited by Sawston. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Ltd. doi: 10.1016/0163- 7827(80)90006-5.
- García N. L. 2002. Características del aceite esencial de "Palo santo" (*Bursera graveolens* (H.B.K.) Triana & Planchon) obtenido por dos métodos de destilación. Tesis de Ingeniería Forestal. Lima, Perú. UNALM
- García, F. R. (1999). Estructura de la semilla de aguacate y cuantificación de la grasa extraída por diferentes técnicas. *Revista Chapingo serie horticultura* , 123 - 128.
- García, J. (2017). *Extracción de aceite esencial por fluidos supercríticos y arrastre con vapor de cedrón (aloesia triphylla) en la región Arequipa*. tesis de grado, Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, Facultad De Ingeniería De Procesos, Arequipa - Perú .
- Gómez, V. M. (2002). Characterization of avocado (*Persea americana* Mill.) varieties of low oil content. *Journal of agricultural and food chemistry*, 47(7), 2707-2710.
- Gómez, v., & Lopez. (1998). *Characterization of avocado (Persea americana Mill.) varieties of very low oil content*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. pag 46(9), 3643-3647.
- Graciela, E., Armando, L. B., & Jelena, L. N. (2015). *Fitocosmética Fitoingredientes Y Otros Productos Naturales. 1ª ed. Buenos Aires;* . Universitaria De Buenos Aires.
- Grunfeld, Y. (1960). The Determinants of Corporate Investment. *The Review of Economics and Statistics*, 42(1), 1-3.
- Guillén S (2016), “Obtención y Caracterización Físicoquímica Del Aceite de Palta Hass (*Persea Americana*) extraído por método en frío (Prensado) y caliente (Soxhlet)”. Tesis Para Optar El Título Profesional De Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote – Perú
- Guzmán, J., López, R., Salgado, R., Ochoa, A., & López, J. (2016). The defensin from avocado (*Persea americana* var. *drymifolia*) PaDef induces apoptosis in the human breast cancer cell line. *Biomed Pharmacother*(82), 620-627.
- Harrison, T. (1981). *Farmacognosia 1*. Lima, Perú: UNMSM.

- Hennessey, L. (2017). Aprovechamiento de la semilla de aguacate variedad lorena como un colorante natural y del aceite de mesocarpios residuales de la variedad Hass como componentes funcionales en un jabon líquido. Manizales, Colombia: Universidad de Manizales.CC
- Herrera, C. (2003). *Química de los alimentos manual de laboratorio* (1 ed.). Costa Rica: universidad de Costa Rica.
- Herrera, M., & Narrea, M. (2011). Guía técnica manejo integrado de palto” jornada de capacitación. Moquegua - Perú: UNALM.
- Hoyos, J. E., & Sánchez, S. H. (2019). *Caracterizaron del aceite de semilla de maracuyá (passiflora edulis s.) extraído con solvente orgánico y prensado en frío*. Tesis de Grado, Universidad Señor de Sipan, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior, Pimentel – Perú.
- Huaman Pérez, M. D. (2014). Evaluación del efecto de tratamientos con solventes orgánicos, agua y el tiempo de extracción en el rendimiento de polifenoles totales de la harina de semilla de palta (persea americana). Huancayo – Peru.
- Jebe T.A., Matlock M.G. y Sleeter Rt., (1993). Collaborative study of the oil stability index analysis. Journal of American Oil Chemists´Society.
- Jesus, D., Oliveira, J., Oliveira, F., Higa, K., Junqueira, J., & Jorge, A. (2015). Persea americana Glycolic extract: in vitro study of antimicrobial activity against candida albicans biofilm and cytotoxicity evaluation. *Sci. World J.*
- Jiménez, A., Luna, J., Ruiz, R., Cornejo, J., Tapia, A., & L., Y. (2013). Antiprotozoal and antimycobacterial activities of Persea americana seeds. *BMC Complement Altern Med*(13), 119.
- Kahaliw, W., Aseffa, A., Abebe, M., Teferi, M., & Engidawork, E. (2017). Evaluation of the antimycobacterial activity of crude extracts and solvent fractions of selected Ethiopian medicinal plants. *BMC Complement Altern Med*, 17, 143.
- Kirt, R., Sawyer, R., & Egan, H. (2004). *Composición y análisis de los alimentos de Pearson*. Ciudad de México: Continental.
- Kowalski, B. et al. (2004). Determination of the oxidative stability of vegetable oils by differential scanning calorimetry and Rancimat measurements. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106(3), pp. 165–169. doi: 10.1002/ejlt.200300915.
- Lara-Marquez, M., Baez-Magana, M., Raymundo-Ramos, C., Spagnuolo, P., Macias-Rodriguez, L., & Salgado-Garciglia, R. (2020). Lipid-rich extract from Mexican avocado (Persea americana var. drymifolia) induces apoptosis and modulates the inflammatory response in Caco-2 human colon cancer cells. *Journal of Functional Foods*, 64. doi:10.1016/j.jff.2019.103658

- Lafont, J. J., Páez, M., & Portacio, A. (2010). *Extracción y Caracterización Fisicoquímica del Aceite de la Semilla (Almendra) del Marañón (Anacardium occidentale L)*. Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería.
- Läubli, M. W. and Bruttel, P. A. (1986). Determination of the oxidative stability of fats and oils: Comparison between the active oxygen method (AOCS Cd 12-57) and the rancimat method, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 63(6), pp. 792–795. doi: 10.1007/BF02541966.
- Lawson, H. (1999). *Aceites y grasas alimentarios: tecnología, utilización y nutrición*. Acribia.
- Lees, R. (2002). *Manual de análisis de alimentos*. España: Zaragoza.
- Leon, J. C. (2014, 12 03). Consumo per cápita de palta en Perú es el doble que en Estados Unidos. *V Simposio Internacional de la Palta. Agraria.pe*, pp. 2-4. Retrieved from <http://agraria.pe/noticias/consumo-per-capita-de-palta-en-peru-es-el-doble-que-en-estad-7581>
- Liu, H.R; White, P.J. (1992). Estabilidad oxidativa de aceites de soja con ácidos grasos alterados. *Mermelada. Química del petróleo. Soc.* 69, 528–532.
- Lock De Ugaz, O. (1994). *Investigación Fitoquímica-Métodos en el Estudio de Productos Naturales*. Perú: Pontifica Universidad Católica del Perú-Fondo.
- Locr. (1994). *Investigación fitoquímica*. 2 da edición editorial pontificia universidad católica del Perú. .
- Londoño, R., & A., M. D. (2012). Comparación del aceite de aguacate variedad Hass cultivado en Colombia, obtenido por fluidos supercríticos y métodos convencionales: una perspectiva desde la calidad. *Revista Lasallista de Investigación*, 151-161.
- Lozano, Y. F., Dhuique, C. M., & Bannon, C. y. (1993). Unsaponifiable Matter, Total Sterol and Tocopherol Contents of Avocado Oil Varieties. *Journal of Analysis Oil Chemist's Society*(70), 561-565.
- Lucas, C. L. (2013). *Estudio técnico - económico para la instalación de una planta productora de aceite a base de semillas de maracuyá*. Universidad De Guayaquil Facultad De Ingenieria Industrial. Guayaquil: Departamento Academico De Graduación.
- Martínez, M. (2015). *Aceites Vegetales no tradicionales: Guía para la producción y evaluación de la calidad*. Córdoba: Editorial Encuentra Grupo editor.
- Matissek, R., Steiner, G., & Schnepel, F. M. (1998). *Análisis de los alimentos: fundamentos, métodos, aplicaciones*. Acribia.
- Matissek, Schnepel, Steiner. (1998). *Análisis de los alimentos: fundamentos, métodos, aplicaciones*. Acribia.

- Maszewska M, Florowska A, Dłużewska E, Wroniak M, Marciniak-Lukasiak K, Żbikowska A. Oxidative Stability of Selected Edible Oils. *Molecules*. 2018; 23(7):1746. <https://doi.org/10.3390/molecules23071746>
- Maza, S. (2008). *Estudio de palta en el Perú y el Mundo*. Dirección General de información Agraria.
- McCubrey, J., Steelman, L., Chappell, W., Abrams, S., Wong, E., & Chang, F. (2007). Roles of the Raf/MEK/ERK pathway in cell growth, malignant transformation and drug resistance. *Biochim Biophys Acta*(1773), 1263-1284.
- Méndez A, Falqué E. Effect of storage time and container type on the quality of extra virgin olive oil. *Food Control* 2007; 18: 521–529.
- MINAG. (2019). *La Situación del Mercado internacional de la palta* . Lima-Peru: Ministro de Agricultura y Riego.
- Moina, C. (2019, abril 10). La mancomunidad productiva de los andes, PROCOMPITE. Lima, Apurimac.
- Montoya., G. (2010). *Aceites esenciales una alternativa de diversificación para el eje cafetero*. facultad ciencias exacta y naturales. colombia: Universidad Nacional De Colombia sede Manizales.
- Moreau, R. A., & Kamal, A. (2009). *Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils*. 587 p.
- Moreiras, O., Carbajal, A., & Cabrera, L. y. (2013). *Tabla de composición de Alimentos*. Pirámide.
- Moreno, O.A., L. Dorantes, J. Galíndez, I.R. Guzmán (2003). Effect of different extraction methods on fatty acids, volatile compounds, and physical and chemical properties of avocado (*Persea americana* Mill.) Oil. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 2216-2221.
- Mott, R. (2006). *Mecánica de fluidos*. Mexico: Pearson.
- Munguia., F. C. (2001). Estudio comparativo del aceite esencial de *Mintostachys mollis* (Kunth) de tres regiones Peruanas por cromatografía de gases y espectrometría de masas. (UNMSM, Ed.) *Revista Ciencia e Investigación*, 4.
- Navas. (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.
- Naziri, E., Nenadis, N., Mantzouridou, F., & y Tsimidou, M. Z. (2014). Valorization of the major agrifood industrial by-products and waste from Central Macedonia (Greece) for the recovery of compounds for food applications. *Food Research International*, 65, 350-358.
- Nielsen, S. S., & Finkenzeller, M. U. (2009). *Análisis de los alimentos*. Zaragoza: Acribia.

- Nielsen, S. S., & Finkenzeller, M. U. (2009). *Análisis de los alimentos*. Zaragoza: Acribia. 657 p.
- Norma Técnica Colombiana 218. (1999). Grasas y aceites animales y vegetales. Determinación de índice de acidez y de la acidez. Editado por el instituto Colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Norma Técnica Colombiana 335. (1999). Grasas y aceites animales y vegetales. Método de determinación del índice de saponificación. Editado por el instituto Colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Norma Técnica Colombiana 336. (2002). Grasas y aceites animales y vegetales. Método de la determinación de la densidad- Masa por volumen convencional. Editado por el instituto Colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Norma Técnica Peruana. NTP 151.400: 2009. Norma Técnica Peruana para Aceite de Sacha Inchi del género *Plukenetia*. Requisitos. (Norma Peruana)
- Norma Técnica Peruana. NTP 312.010:1985. Norma Técnica Peruana para Aceite de Crudo de Pescado. Requisitos. (Norma Peruana).
- Norma Técnica Peruana. NTP 209.005. (1968) (revisada el 2011). Aceites y grasas comestibles. Método para la determinación de la acidez libre. Primera edición. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la protección de la propiedad intelectual. Peru.
- Norma Técnica Peruana. NTP 209.058. (1980). Aceites y grasas comestibles. Método de determinación del índice de saponificación. (Norma Peruana).
- Norma Técnica Peruana. NTP 319.088. (1974). Aceites y grasas comestibles. Método de determinación del índice de ester. (Norma Peruana).
- Ochoa, K., Paredes, L., & Bejarano, D. (2012). Extracción, caracterización y evaluación de la actividad antibacteriana del aceite esencial de *Senecio graveolens* Wedd (Wiskataya). *Scientia Agropecuaria*. Retrieved from www.sci-agropecu.unitru.edu.pe.
- Olaeta, J. A., Schwartz, M. P., Undurraga, P., & Contreras, S. (2012). Utilización de la semilla de palta (*Persea americana* mill.) cv. hass como producto agroindustrial. *INTEC-CHILE*.
- Olaeta, J., Schwartz, M., & Undurraga, P. y. (2007). Utilización de la semilla de palta (*Persea americana*), CV hass como producto agroindustrial Actas VI. *Actas VI Congreso Mundial del Aguacate*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. La Palma Quillota. Chile.
- Olaeta, Undurraga, Costa, & Schwartz. (2007). *Palta mejoramiento de extracción de aceite de palta*. Chile: Actas VI congreso mundial de aguacate.
- Ortuño A. V. (2006). Biosfera V: las grasas como materia prima. Introducción a la química industrial pp 561-563.

- Padilla, E., Martínez, M. F., & Villanueva, S. (2013). Acute Toxicity and Genotoxic Activity of Avocado Seed Extract (Persea americana Mill., c.v. Hass). *Sci World*, 34.
- Pahua, E. (2006). *Estudio de las propiedades de la semilla de palta*.
- Páramos, P; Granjo, J; Corazza, M; Matos, H (2020). Extraction of high value products from avocado waste biomass. *The Journal of Supercritical Fluids* 165 (1). <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2020.104988>
- Parra, J. (2005). Rendimiento y calidad de pulpa y aceite en nueve selecciones de Palto (Persea americana Mill.) en Chile.
- Pauli, A. (2001). *Propiedades antimicrobianas de los componentes del aceite esencial Aromaterapia*. Tesis de Maestría. Universidad de las Américas, Puebla - México.
- Potter, N., & Hotch, J. (2007). *Ciencia de los alimentos*. Zaragoza: Acribi.
- Punia Bangar, S., Dunno, K., Bala Dhull, S., Kumar Siroha, A., Changan, S., & Maqsood, S. (2022). Avocado seed discoveries: Chemical composition, biological properties, and industrial food applications. *Food Chemistry*, 16. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100507>
- Pawar, N. (2014) 'Effect of operational parameters on determination of oxidative stability measured by Rancimat method', *International Journal of Food Properties*, 17(9), pp. 2082–2088. doi: 10.1080/10942912.2012.680220.
- Rengifo G (2014). “Caracterización del aceite de la semilla de palta Persea Americana Mill. Var. Hass fuerte y medición de su actividad antioxidante”, Tesis Para optar el Grado Académico de Doctor en Farmacia y Bioquímica., Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Lima – Perú.
- Restrepo AM, Londoño J, Gonzales D, Benavides Y, Cardona B. Comparación del aceite de aguacate variedad Hass, cultivado en Colombia obtenido mediante fluidos supercríticos y métodos convencionales: una perspectiva desde la calidad. *Revista Lasallista de Investigación* 2012; 9(2): 151-161.
- Ricalde. M.P (2015), “establecer parámetros de control de calidad físico químico del aceite esencial del schinus molle obtenido por arrastre de vapor.” UMRPSFX, ITA. Qara punku.
- Rodríguez, G; Villanueva, E; Glorio, P; Baquerizo, M. (2015). Estabilidad oxidativa y estimación de la vida útil del aceite de sacha inchi (Plukenetia volubilis L.). *Scientia Agropecuaria*, 6 (3), p. 155 – 163.
- Sánchez-Quezada, V., Gaytán-Martínez, M., Recio, I., & Loarca-Piña, G. (2023). Avocado seed by-product uses in emulsion-type ingredients with nutraceutical value: Stability, cytotoxicity, nutraceutical properties, and assessment of in vitro oral-gastric digestion. *Food Chemistry*, 421. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136118>

- Santana, L. (2013). Obtención de aceite de aguacate (*Persea americana* Mill) con tres variedades: (P. a. Mill Hass) (P. a. Mill Santana) y (P. a. Mill Choquete), utilizando tres métodos de extracción. 96 p.
- Sefidkon, F. A. (2006). Influence of drying and extraction methods on ngibre (*Zingiber officinale*), *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria. Universidad Nacional Amazónica del Peru*, 1(1), 38-42.
- Soledad, C., Paola, H., Enrique, C., Israel, R., & Guadalupe, N. (2021). Avocado seeds (*Persea americana* cv. Criollo sp.): Lipophilic compounds profile and biological activities. *Saudi Journal of Biological*, 28(6), 3384-3390. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.087>
- Taipe, F., Barrial, A., Garcia, N, Laqui, J., & Choque, D. (2021). La presión de extracción afecta el rendimiento, las características físico-químicas y los compuestos químicos del aceite esencial de punamuña (satureja boliviana). *International Journal of Current Research*, 13(3), 16607-16612.
- Tomer, E., & Gottreich, S. (1976). Defective ovules in avocado cultivars. *Journal of the American Society for*, 5(101), 620-623.
- Tremocoldi, M., Rosalen, P., Franchin, M., Daiuto, R., Augusto, J., & Massarioli, P. (2018). Exploration of avocado by-products as natural sources of bioactive compounds. *PLoS ONE*, 1-12.
- Vivero el al. (2019). Palta: compuestos bioactivos y sus potenciales beneficios en salud. *Revista chilena de nutrición*, 4 -11.
- Werman el al. (1986). Effectiveness of antioxidants in refined, bleached avocado oil. *Journal of Analysis Oil Chemist´s Society*, 63, 352-355.
- Yepes, D., Sanchez, L., & Marquez, C. (2017). Extracción termomecánica y caracterización fisicoquímica del aceite de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass). *Informador Técnico*, 81(1), 75-85.

ANEXO

ANEXO 1. Método de índice acidez

El índice de acidez se determinó, Pesando en una fiola entre 2-5 g. de dos muestras de aceite vegetal. Luego se agregó 10 ml de mezcla solvente (1ml etanol) y se tituló con NaO 0,1 N utilizando fenolftaleína al 1% como indicador. La aparición de un color rosado pálido indica el fin de la titulación (Punto Final). Por último, se calculó el índice de Acidez de acuerdo a la siguiente formula:

$$I. A. = \frac{G \times N \times 56.1}{W}$$

G: Gasto de Hidróxido de Sodio

N: Normalidad

W: Peso de la Muestra

ANEXO 2. Método de Índice de refracción

Según Método recomendado por la NTP 319.075 (1987). El índice de refracción de una sustancia es la relación entre la velocidad de la luz en el aire y la velocidad en la sustancia en ensayo. Para la luz determinada longitud de onda (generalmente se emplea la línea D del sodio, que tiene un doblete a 589,0 nm y 589,6 nm) el índice de refracción de un producto viene dado por el seno del ángulo de incidencia dividido por el seno del ángulo de refracción n_2 , siendo el refractómetro de ABBE el instrumento más adecuado. El índice de refracción varia con la temperatura, realizando las determinaciones de la farmacopea a 20 °C (Font, 1995)

ANEXO 3. Índice de éster

Se determina el contenido de esteres de la muestra, y se expresa el número de miligramos de hidróxido potásico necesarios para saponificar los esteres que contiene 1 gramo de aceite. Para ello se ha empleado la Norma Técnica Peruana: NTP 319.088: (1974).

Se calcula mediante el siguiente procedimiento manifestado en la ecuación 8: en un matraz de saponificación se vierte, por medio de una bureta graduada al 1/10 de mL: 20 mL de KOH alcohólico N/2; algunos gramos de piedra pómez, y se pone durante 1 hora a reflujo en ebullición suave (tubo refrigerante de aire, de 1 m de longitud).

Se deja enfriar diez minutos y se añaden 50 mL de agua destilada, dos gotas de fenolftaleína al 2% y se titula por retroceso por H₂SO₄ N/2, contenido en una bureta graduada a 1/10 mL.

$$I. E. = \frac{28 \times (n - n_1)}{g}$$

Sea n el número de mililitros de H₂SO₄ utilizado, con la muestra testigo en las mismas condiciones sin esencia y n₁, el número de mililitros de H₂SO₄ necesario en la muestra con esencia. El número de mililitros de KOH N/2 consumidos por 2 g de esencia es n-n₁.

ANEXO 4. Índice de Saponificación

Para este análisis se siguió el siguiente procedimiento:

pesar 5,00 ± 0,05 g de la grasa o aceite en un Erlenmeyer de 250 ml de tapa de vidrio.

- Añadir 30 ml de la solución HOAC-CHCl₃ y agitar para disolver.
- Añadir 0,5 ml de la solución saturada de KI, agitar vigorosamente y dejar
- reposar en la oscuridad durante 2 minutos añadir unos 30 ml de agua.
- Titular inmediatamente el yodo liberado con tiosulfato 0,1 N; agitando vigorosamente hasta que el color amarillo casi desaparezca.
- Añadir alrededor 0,5 ml de solución de almidón al 1% y continuar titulando (al final de la titulación agitar vigorosamente para extraer todo el yodo de la capa de cloroformo) hasta que el color azul desaparezca. Si se gasta una cantidad menor de 0,5 ml de tiosulfato, repetir la determinación con tiosulfato 0,01 N.
- Correr un blanco conjuntamente con la muestra (debe ser igual o menor a 0,5 ml de tiosulfato 0,01 N). Restar al resultado obtenido al de la muestra.

Cálculos: Restar al volumen de Na₂S₂O₃ gastado en la muestra el obtenido para el blanco. Expresar el índice de peróxido como meq de peróxido/ Kg de grasa como se muestra en la formula siguiente:

$$I. S = \frac{28.05 \times (V1 - V2)}{g}$$

Donde:

V1 HCl: Volumen de HCl consumido en la valoración del ensayo blanco

V2 HCl: Volumen de HCl consumido en la valoración de la muestra

g: masa en gramos de la muestra

ANEXO 5. Rendimiento del aceite de la semilla de palta.

Tratamientos	Repeticiones	Peso Muestra (g)	De Volumen Aceite De Pepa De Palta (ml)	Del Aceite De Pepa De Palta(g)	Del Rendimiento (%)
T1 (6 psi)	R1	2000	4.9	4.58	0.229
	R2	2000	5.1	4.77	0.2385
	R3	2000	5.1	4.77	0.2385
T2(10psi)	R1	2000	6.1	5.3	0.265
	R2	2000	5.9	5.12	0.256
	R3	2000	6.3	5.47	0.2735
T3(14psi)	R1	2000	6.19	5.98	0.299
	R2	2000	6.5	6.29	0.3145
	R3	2000	6.35	6.14	0.307
T4(18psi)	R1	2000	7.8	6.74	0.337
	R2	2000	8.5	7.34	0.367
	R3	2000	8.1	7	0.35

Tabla ANOVA para Rendimiento por Tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	998.877	3	332.959	93.21	0.0000
Intra grupos	28.5779	8	3.57223		
Total (Corr.)	1027.45	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para Rendimiento por Tratamientos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T4	3	10.3833	X
T3	3	12.3333	X
T2	3	24.3367	X
T1	3	32.7633	X

ANEXO 6. Densidad del aceite de la semilla de palta.

Tratamientos	Repeticiones	p2	p1-p	p2-p	Densidad
T1 (6 psi)	R1	20.96	9.99	9.29	0.93031638
	R2	20.88	9.99	9.21	0.92230677
	R3	20.89	9.99	9.22	0.92330797
T2(10psi)	R1	20.93	9.99	9.26	0.92731278
	R2	20.91	9.99	9.24	0.92531037
	R3	20.89	9.99	9.22	0.92330797
T3(14psi)	R1	20.9	9.99	9.23	0.92430917
	R2	20.88	9.99	9.21	0.92230677
	R3	20.86	9.99	9.19	0.92030437
T4(18psi)	R1	21.06	9.99	9.39	0.94032839
	R2	21.01	9.99	9.34	0.93532239
	R3	20.99	9.99	9.32	0.93331998

Tabla ANOVA para Densidad por Tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.000466667	3	0.000155556	6.22	0.0174
Intra grupos	0.0002	8	0.000025		
Total (Corr.)	0.000666667	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para Densidad por Tratamientos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T3	3	0.92	X
T1	3	0.923333	X
T2	3	0.926667	XX
T4	3	0.936667	X

ANEXO 7. Índice de refracción a una temperatura de 20°C del aceite de la semilla de palta.

Tratamientos	Repeticiones	Brix	nd
T1 (6 psi)	R1	71.15	1.46826
	R2	71.13	1.46824
	R3	71.14	1.46811
T2(10psi)	R1	71.18	1.46834
	R2	71.17	1.46814
	R3	71.19	1.46838
T3(14psi)	R1	71.15	1.46827
	R2	71.18	1.46835
	R3	71.16	1.46794
T4(18psi)	R1	71.2	1.46848
	R2	71.17	1.46832
	R3	71.22	1.46846

Tabla ANOVA para Índice de refracción por Tratamientos

<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	1.09167E-7	3	3.63889E-8	1.25	0.3551
Intra grupos	2.33333E-7	8	2.91667E-8		
Total (Corr.)	3.425E-7	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para Índice de refraccion por Tratamientos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T1	3	1.4682	X
T3	3	1.4682	X
T2	3	1.46827	X
T4	3	1.46843	X

ANEXO 8. Índice de acidez del aceite de la semilla de palta.

Tratamientos	Repeticiones	W	G	N	Meq.	G*N*56.1	IA.
T1 (6 psi)	R1	2.51	0.22	0.1	56.1	1.2342	0.4917
	R2	2.5	0.2	0.1	56.1	1.122	0.4488
	R3	2.499	0.2	0.1	56.1	1.122	0.4490
T2(10psi)	R1	2.51	0.3	0.1	56.1	1.683	0.6705
	R2	2.51	0.35	0.1	56.1	1.9635	0.7823
	R3	2.52	0.37	0.1	56.1	2.0757	0.8237
T3(14psi)	R1	2.5	0.25	0.1	56.1	1.4025	0.5610
	R2	2.51	0.3	0.1	56.1	1.683	0.6705
	R3	2.5	0.27	0.1	56.1	1.5147	0.6059
T4(18psi)	R1	2.51	0.31	0.1	56.1	1.7391	0.6929
	R2	2.52	0.37	0.1	56.1	2.0757	0.8237
	R3	2.52	0.32	0.1	56.1	1.7952	0.7124

Fórmula empleada para el índice de acidez del aceite de la semilla de palta

$$ID = \frac{G * N * 56.1}{W}$$

Tabla ANOVA para Índice de acidez por Tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.189667	3	0.0632222	14.82	0.0012
Intra grupos	0.0341333	8	0.00426667		
Total (Corr.)	0.2238	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para Índice de acidez por Tratamientos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T2	3	1.47	X
T4	3	1.48	X
T3	3	1.63	XX
T1	3	1.78	X

ANEXO 9. Índice de Ester del aceite de la semilla de palta.

Tratamientos	Repeticiones	IS	IA	IE
T1 (6 psi)	R1	1.118	0.492	0.626
	R2	1.683	0.449	1.234
	R3	2.020	0.449	1.571
T2(10psi)	R1	2.794	0.671	2.123
	R2	1.676	0.782	0.894
	R3	0.891	0.824	0.067
T3(14psi)	R1	3.029	0.561	2.468
	R2	1.676	0.671	1.005
	R3	2.693	0.606	2.087
T4(18psi)	R1	1.118	0.693	0.425
	R2	1.558	0.824	0.734
	R3	1.224	0.712	0.512

Tabla ANOVA para Índice de ester por Tratamientos

<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	9.0267	3	3.0089	2.11	0.1773
Intra grupos	11.4107	8	1.42633		
Total (Corr.)	20.4374	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para Índice de ester por Tratamientos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T4	3	155.133	X
T2	3	156.083	X
T1	3	156.147	X
T3	3	157.563	X

ANEXO 10. Índice de saponificación del aceite de la semilla de palta.

Tratamientos	Repeticiones	g	v	v'	constante	(V' - V)	2.8.05*(V' - V)	IS
T1 (6 psi)	R1	2.51	0.65	0.75	28.05	0.1	2.805	1.1175
	R2	2.5	0.6	0.75	28.05	0.15	4.2075	1.6830
	R3	2.499	0.57	0.75	28.05	0.18	5.049	2.0204
T2(10psi)	R1	2.51	0.5	0.75	28.05	0.25	7.0125	2.7938
	R2	2.51	0.6	0.75	28.05	0.15	4.2075	1.6763
	R3	2.52	0.67	0.75	28.05	0.08	2.244	0.8905
T3(14psi)	R1	2.5	0.48	0.75	28.05	0.27	7.5735	3.0294
	R2	2.51	0.6	0.75	28.05	0.15	4.2075	1.6763
	R3	2.5	0.51	0.75	28.05	0.24	6.732	2.6928
T4(18psi)	R1	2.51	0.65	0.75	28.05	0.1	2.805	1.1175
	R2	2.52	0.61	0.75	28.05	0.14	3.927	1.5583
	R3	2.52	0.64	0.75	28.05	0.11	3.0855	1.2244

Fórmula empleada para el índice de saponificación del aceite de la semilla de palta

$$IS = \frac{28.05 * (V' - V)}{g}$$

Tabla de ANOVA del índice de saponificación del aceite de semilla de palta

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.19224	3	0.730747	1.75	0.2345
Intra grupos	3.34412	8	0.418015		
Total (Corr.)	5.53636	11			

Tabla de Medias para el índice de saponificación por ACEITE con intervalos de confianza del 95.0%

ACEITE	Casos	Media	Error Est. (s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
T1	3	1.60697	0.373281	0.998297	2.21564
T2	3	1.78687	0.373281	1.1782	2.39554
T3	3	2.46617	0.373281	1.8575	3.07484
T4	3	1.30007	0.373281	0.691397	1.90874
Total	12	1.79002			

ANEXO 11. Estabilidad oxidativa

Tabla ANOVA para OSI por Tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.12517	3	0.708389	0.83	0.5149
Intra grupos	6.8482	8	0.856025		
Total (Corr.)	8.97337	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para OSI por Tratamientos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T3	3	11.1767	X
T4	3	11.5033	X
T1	3	11.6233	X
T2	3	12.33	X

ANEXO 12. Panel fotográfico.

- ✓ **Determinación del rendimiento del aceite de semilla de palta.**



Selección del fruto de palta



Semilla de palta



Hidrodestilacion



Decantación de aceite obtenido

✓ Características físicas y químicas



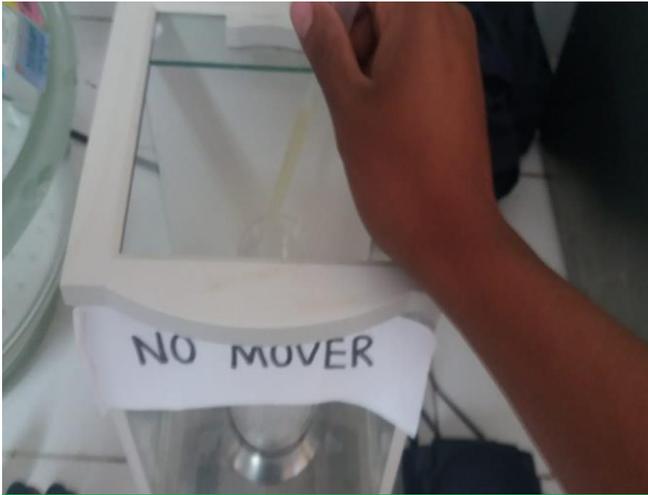
Índice de acidez



Índice de saponificación



Índice de refracción



Pesado de muestra



Índice de ester



Hidrosol