

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**EFFECTO DEL ACEITE ESENCIAL DE TRES ESPECIES
AROMÁTICAS EN LA ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL
ACEITE DE SACHA INCHI (*Plukenetia huayllabambana*)**

**AUTOR : Bach. Milagros de Jesús Ricce Villanueva
ASESOR : MsC. Segundo Grimaldo Chavez Quintana**

Registro(...)

CHACHAPOYAS-PERÚ

2021

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a mi madre, a pesar de nuestra distancia física; siento que siempre estás conmigo, y aunque nos faltó tiempo por vivir juntas; sé que estas orgullosa. A mi padre por demostrarme su cariño y amor incondicional. A mi hermano Juan Carlos que siempre ha estado junto a mí; a pesar de su enfermedad incurable, siempre me animo en este campo de estudio.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar un sincero agradecimiento, a mis padres y a mi hermano; por brindarme fortaleza y apoyo incondicional; también hago extenso este reconocimiento a mi asesor; quien me ha brindado la orientación en este estudio de investigación.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI
Rector

Dr. MIGUEL ANGEL BARRENA GURBILLÓN
Vicerrector Académico

Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN
Vicerrectora De Investigación

Dr. ERICK ALDO AUQUIÑIVIN SILVA
Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-K

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Efecto del aceite esencial de tres especies aromáticas en la estabilidad oxidativa del aceite de sacha inchi (Plukenetia lujánii); del egresado Milagros de Jesús Ricca Villanueva de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de esta Casa Superior de Estudios.



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 19 de febrero de 2021

Firma y nombre completo del Asesor
Segundo Brimaldo Chavez Quintana

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



Mg. Efraín Manuelito Castro Alayo
PRESIDENTE



Mg. Sc. Armstrong Barnard Fernández Jeri
SECRETARIO



Mg. Roberto Carlos Mori Zabarrurú
VOCAL

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL
TÍTULO PROFESIONAL**



REGLAMENTO GENI
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉ
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROF

ANEXO 3-0

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Efecto del aceite esencial de tres especies aromáticas en la estabilidad oxidativa del aceite de sachá inchi
(Plukenetia huayllabambana)

presentada por el estudiante (egresado (X) Milagros de Jesús Ricce Villanueva

de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

con correo electrónico institucional 031024a102@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 16 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 17 de marzo del 2021

SECRETARIO

VOCAL

PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL

| | |
|--|------|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTO | iii |
| AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS | iv |
| VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL | v |
| JURADO EVALUADOR DE LA TESIS | vi |
| CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL | vii |
| ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL | viii |
| ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL | ix |
| ÍNDICE DE TABLAS | xi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xii |
| RESUMEN | xiii |
| ABSTRACT..... | xiv |
| I. INTRODUCCIÓN | 15 |
| II. MATERIAL Y METODOS | 17 |
| 2.1. Material de estudio..... | 17 |
| 2.2. Diseño experimental..... | 19 |
| 2.3. Procedimiento experimental..... | 20 |
| 2.4. Estabilidad oxidativa en aceite de <i>P. huayllabambana</i> | 20 |
| 2.5. Análisis de datos | 20 |
| III. RESULTADOS..... | 21 |
| 3.1. Actividad antioxidante y contenido de fenoles totales de los aceites esenciales | 21 |
| 3.2. Características del aceite de sacha inchi | 21 |
| 3.3. Rendimiento del aceite de sachainchi..... | 21 |
| 3.4. Estabilidad oxidativa en aceite de sachainchi..... | 22 |
| 3.5. Comparación del mejor tratamiento con antioxidantes sintéticos a igual dosis..... | 24 |
| IV. DISCUSIÓN | 26 |
| V. CONCLUSIONES | 28 |

| | | |
|------|---------------------------------|----|
| VI. | RECOMENDACIONES | 29 |
| VII. | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 30 |
| | ANEXOS | 37 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Actividad antioxidante y fenoles totales de los aceites empleados como aditivos antioxidantes. | 21 |
| Tabla 2. Características fisicoquímicas del aceite de <i>P. huayllabambana</i> | 21 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Oxidación del aceite de <i>P. huayllabambana</i> con antioxidantes sintéticos y naturales (aceites esenciales) durante 10 días de almacenamiento en condiciones ambientales. | 22 |
| Figura 2. Oxidación del aceite de <i>P. huayllabambana</i> con antioxidantes sintéticos y naturales (aceites esenciales) durante 150 días de almacenamiento en condiciones ambientales. | 23 |
| Figura 3. Índice de peróxido de aceite de <i>P. huayllabambana</i> por dosis de adición de aceite esencial durante 150 días de almacenamiento. | 23 |
| Figura 4. Oxidación del aceite de <i>P. huayllabambana</i> con antioxidantes sintéticos y naturales (aceite esencial de <i>A. citrodora</i>), en igual dosis, durante 10 días de almacenamiento en condiciones ambientales. | 24 |
| Figura 5. Índice de peróxido de aceite de <i>P. huayllabambana</i> , en igual dosis, durante 10 días de almacenamiento. | 25 |
| Figura 6. Semilla de <i>P. huayllabambana</i> | 37 |
| Figura 7. Cáscara de <i>P. huayllabambana</i> | 37 |
| Figura 8. Semillas sin cáscara de <i>P. huayllabambana</i> | 37 |
| Figura 9. Aceite extravigen de <i>P. huayllabambana</i> , prensado en frío. | 37 |
| Figura 10. Hojas de <i>R. officinalis</i> | 38 |
| Figura 11. Hojas de <i>L. alba</i> | 38 |
| Figura 12. Hojas de <i>A. citrodora</i> | 38 |
| Figura 13. Aceite esencial de <i>R. officinalis</i> | 38 |
| Figura 14. Aceite esencial de <i>A. citrodora</i> | 38 |
| Figura 15. Aceite esencial de <i>L. alba</i> | 38 |
| Figura 16. Equipo de titulación para determinar índice de acidez. | 38 |
| Figura 17. Refractómetro tipo ABBE. | 38 |
| Figura 18. Actividad antioxidante por el método DPPH. | 38 |
| Figura 19. Contenido fenólico por el método Folin-Ciocalteu. | 38 |
| Figura 20. Mezcla de aceite de sacha inchi + aceites esenciales. Dos controles con antioxidantes sintéticos (BHT y BHA 0,02%) y un negativo (sin antioxidante). | 38 |
| Figuras 21. Determinación de índice de peróxido, mediante titulación. | 38 |
| Figura 22. Mezcla de aceite de sacha inchi + aceite esencial de <i>A. Citrodora</i> . Antioxidantes sintéticos (BHT y BHA), en igual dosis (0,3%). | 38 |

RESUMEN

El aceite de *P. huayllabambana*, se caracteriza por su gran potencial nutricional, con contenido de omegas ligeramente superiores a *P. volubilis*; sin embargo, sus aceites son muy susceptibles a la rancidez y su tiempo de vida de anaquel es muy corto comparado con otros aceites. El objetivo de la investigación fue determinar el efecto del aceite esencial (AE) de tres especies aromáticas en la estabilidad oxidativa del aceite de sachá inchi. Se evaluaron cinco dosis de aceites esenciales (0,1; 0,2; 0,3; 0,4 y 0,5 % v/v) de tres especies aromáticas (*Lippia alba*, *Rosmarinus officinalis* y *Aloysia citrodora*) comparados con antioxidantes comerciales sintéticos (BHA y BHT al 0,02%) y un control (sin tratamiento). Se midió la estabilidad oxidativa en el tiempo (0, 5, 10 y 150 días de almacenamiento) mediante el índice de peróxidos. Se encontró que el AEs de *A. citrodora* fue más efectivo que AEs de *R. officinalis* y *L. alba* en la prevención de la rancidez oxidativa, pero los tres retardaron mejor la oxidación del aceite de sachá inchi en un tiempo de almacenamiento prolongado (150 días). Por otro lado a medida que se incrementa la dosis de aceite esencial, la oxidación del aceite de *P. huayllabambana* es menor, sin embargo, a dosis mayores de 0,3% se observa una actividad prooxidante. En conclusión con el aceite esencial de *A. citrodora* se obtiene mayor estabilidad oxidativa ($p < 0,01$), por lo que puede ser empleado como conservante natural en aceites extravirgenes.

Palabras clave: Antioxidante, prooxidante, conservante, oxidación.

ABSTRACT

P. huayllabambana oil is characterized by its great nutritional potential, with omega content slightly higher than *P. volubilis*; however, its oils are very susceptible to rancidity and its shelf life is very short compared to other oils. The objective of the research was to determine the effect of essential oil (EO) of three aromatic species on the oxidative stability of sachá inchi oil. Five doses of essential oils (0.1, 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5 % v/v) of three aromatic species (*Lippia alba*, *Rosmarinus officinalis* and *Aloysia citrodora*) compared with synthetic commercial antioxidants (BHA and BHT at 0.02%) and a control (no treatment) were evaluated. Oxidative stability over time (0, 5, 10 and 150 days of storage) was measured using the peroxides index. It was found that *A. citrodora* AEs were more effective than *R. officinalis* and *L. alba* AEs in preventing oxidative rancidity, but all three retarded better the oxidation of sachá inchi oil in a prolonged storage time (150 days). On the other hand, as the dose of essential oil increases, the oxidation of *P. huayllabambana* oil is lower; however, at doses higher than 0.3%, a prooxidant activity is observed. In conclusion, with the essential oil of *A. citrodora* greater oxidative stability is obtained ($p < 0.01$), so it can be used as a natural preservative in extra virgin oils.

Key words: Antioxidant, prooxidant, preservative, oxidation.

I. INTRODUCCIÓN

El sachá inchi es una planta oleaginosa, perteneciente a la familia Euphorbiaceae, género *Plukenetia*, denominada también como inchi, maní del inca, sachá maní o maní de monte; cuyas especies más representativas son *P. volubilis* y *P. huayllabambana*, *P. brachybotrya*, *P. lorentensis* y *P. polyadenia* (Ruiz et al., 2013; Rodríguez et al., 2011). Se caracteriza por sus propiedades nutricionales y concentraciones elevadas en ácidos grasos. (Hamaker et al., 1992; Merino-Zegarra et al., 2008). Además presenta contenidos importantes en tocoferoles y fitoesteroles (Chirinos et al., 2013). Se le puede encontrar en el rango altitudinal de 30 a 2 200 msnm.

El sachá inchi de Rodríguez de Mendoza, Amazonas (*P. huayllabambana*), se caracteriza por su gran potencial nutricional, con contenido de omegas ligeramente superiores a *P. volubilis*; particularmente lo más resaltante es el omega 3 (ácido linolénico) (Ruiz et al., 2013; Muñoz et al., 2013). Así mismo presenta contenidos superiores de albúmina como fracción proteica a diferencia de *P. volubilis* que sobresale en globulinas (Chirinos et al., 2015; López et al., 2016).

Tanto *P. volubilis* como *P. huayllabambana*, son muy demandados por la industria oleica, por su elevada calidad y valor nutritivo (Chasquibol et al., 2010; Chirinos et al., 2015); sin embargo, sus aceites son muy susceptibles a la rancidez y su tiempo de vida de anaquel es muy corto comparado con otros aceites.

La oxidación de aceites y grasas generalmente ocurren por la presencia de oxígeno y luz; conocida como peroxidación lipídica; lo cual ocasiona una alteración en su composición nutricional y disminución en su calidad (Rojano, 1997; Barrera Arellano, 1998). Se ha demostrado que los responsables de una mayor estabilidad oxidativa son los compuestos fenólicos, en algunos aceites se encuentran dentro de su composición; sin embargo estos también son responsables del sabor amargo y astringencia (Beltrán et al., 2000). La técnica de extracción, también influye en la estabilidad oxidativa de los aceites; algunos procesos pueden eliminar los metabolitos responsables de la estabilidad y otros pueden generar agentes oxidantes (Jachmanián et al., 2006).

Se han evaluado el uso de antioxidantes (comerciales y naturales) como inhibidores de la oxidación y promotores de la estabilidad oxidativa de aceites vegetales (comestibles e industriales) (Aguilar et al., 2015; Villanueva et al., 2017). Los antioxidantes sintéticos

son más eficaces; pero están causando controversia y rechazo por el consumidor, debido a su posible efecto nocivo en la salud; sin embargo los antioxidantes naturales tienen gran potencial tecnológico y otros beneficios, que le dan mayor valor al producto (Sánchez et al., 2015; Keramat et al., 2017).

Por lo tanto, se viene estudiando el uso de antioxidantes naturales como alternativa a los antioxidantes sintéticos; los aceites esenciales, extraídos de diferentes especies vegetales, son compuestos con un elevado poder antioxidante, atribuido principalmente a su alto contenido fenólico, por lo que puede ser empleados como aditivos antioxidantes de origen vegetal (Martínez, 2003; Stashenko et al., 2004; Al-Hijazeen et al., 2018).

Los aceites esenciales son un conjunto de compuestos aromáticos naturales muy variables. Se caracterizan generalmente por su solubilidad en alcoholes y solventes inorgánicos. En cuanto a su composición química son especialmente mezclas variables de los terpenos y de los compuestos aromáticos de fenilpropano (Martínez, 2003; López, 2004).

Los aceites esenciales de romero (*Rosmarinnus officinalis*), orégano silvestre (*Lipia alba*) y cedrón (*Aloysia citrodora*), tienen elevada actividad antioxidante y han sido evaluados en diferentes matrices alimentarias y no alimentarias, para proporcionar protección contra la degradación oxidativa (Stashenko et al., 2004; Wang et al., 2008; Elechosa et al., 2017); por lo que garantiza su disponibilidad para el desarrollo tecnológico y se puede evaluar su efecto en la estabilidad oxidativa en aceite de sachá inchi.

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del aceite esencial de tres especies aromáticas en la estabilidad oxidativa del aceite de *P. huayllabambana*.

II. MATERIAL Y METODOS

2.1. Material de estudio

Obtención de los aceites esenciales de romero, orégano silvestre y cedrón

Las muestras de *R. officinalis*, *L. alba* y *A. citrodora*, fueron tomadas en campo, en estado de floración (madurez), del centro poblado de Taquia, distrito de Chachapoyas y de la Zona denominado “El mirador” km 39 carretera Pedro Ruiz Chachapoyas. Los aceites esenciales se obtuvieron por arrastre de vapor mediante el procedimiento descrito por Martínez, (2003), utilizando un equipo de destilación a vapor de 10 kg de capacidad del Laboratorio de Ingeniería de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Obtención del aceite de *P. huayllabambana* por prensado en frío

Las semillas frescas de *P. huayllabambana* se obtuvieron de la provincia de Rodríguez de Mendoza, distrito San Nicolás, región Amazonas. Luego en el Laboratorio de la empresa Farmacia especializada, Tarapoto, región San Martín se procedió a descascar y se redujo de tamaño a través del cortado manual; seguidamente se realizó la extracción de las semillas por la técnica de prensado hidráulico en frío y posteriormente se filtró en una tela fina y papel filtro.

Actividad antioxidante de los aceites esenciales

La determinación de la actividad antioxidante se realizó de acuerdo con el procedimiento descrito por Brand-Williams et al. (1995); con algunas modificaciones. Para ello, se preparó una solución metanólica de 2,2 difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) a una concentración de mg/ L; del mismo modo, las muestras fueron diluidas en metanol (100 μ L/mL), solución A. Como blanco de calibración del espectrofotómetro se empleó una solución metanol agua (2:1). Se mezcló 0,75 mL de solución A con 1,5 mL de solución DPPH y se dejó reposar por 15 min en ambiente oscuro. Luego se midió la absorbancia a 517 nm en espectrofotómetro UV-vis (Marca UNICO, modelo S2100UV+SPECTROPHOTOMETER, procedencia Alemana). Del mismo modo se midió las absorbancias del patrón de referencia (1,5 mL de solución DPPH + 0,75 mL de agua ultrapura) y los blancos de muestras (1,5 mL de metanol + 0,75 de solución A).

Se calculó la actividad antioxidante empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Actividad antioxidante}(\%) = [(1 - (A2 - A3)/A1) * 100]$$

Donde:

A1: Absorbancia del patrón de referencia

A2: Absorbancia de la muestra

A3: Absorbancia de blanco de muestra

Compuestos fenólicos de los aceites esenciales

El contenido fenólico se determinó utilizando el método Folin –Ciocalteu, basada en el procedimiento descrito por Song et al., (2010); con algunas modificaciones. Las muestras fueron diluidas en metanol (100uL /10mL). Se agregó 0,50 mL de la muestra diluida + 2,5 mL de reactivo Folin- Ciocalteu diluido (1:10). Transcurrido el tiempo de 4 min se añadió 2 mL de solución saturada de carbonato de sodio (75 g/L). La reacción se sometió a temperatura de 50°C por un tiempo de 5 min y la absorbancia de la mezcla se midió a 765 nm en espectrofotómetro Uv-vis (Marca UNICO, modelo S2100UV + SPECTROPHOTOMETER, procedencia Alemana). Se usó ácido gálico como patrón de referencia y los resultados se expresaron en miligramos de ácido gálico equivalente (Mg GAE /L).

Índice de refracción del aceite de *P. huayllabambana*

El índice de refracción fue medido en un refractómetro ABE; según AOCS, (2002). Se colocó 2 gotas de aceite extravirgen de *P. huayllabambana* sobre la plataforma y ajustó la intensidad de la luz con el espejo. Posteriormente se visualizó la medida a través del ocular del equipo.

Índice de acidez del aceite de *P. huayllabambana*

Para determinar el índice de acidez se realizó de acuerdo con lo descrito por ISO 660, (1996). En matraz de 250 mL, se pesó 5 g de aceite crudo de sacha inchi y agregó 50 mL de etanol absoluto 99,5% Analytical Rasayan + dos gotas de fenolftaleína y seguidamente se tituló con NaOH 0,1 N hasta obtener un ligero color rosa.

Para el cálculo el índice de acidez se empleó la siguiente fórmula:

$$IA = \frac{G \times N \times 56,1}{W}$$

Donde:

IA: Índice de acidez (miligramos de NaOH pretendidos para neutralizar los ácidos grasos libres (oleico)).

G: Gasto de hidróxido de sodio en mL.

N: Normalidad de la solución de NaOH (0,1).

W: Peso de la muestra en g.

Rendimiento del aceite de *P. huayllabambana*

El aceite obtenido fue medido en probeta y se calculó el rendimiento mediante la siguiente formula:

$$R = \frac{V1}{M1} \times 100$$

Donde:

R: Rendimiento del aceite de sachainchi

V1: Volumen final del aceite

M1: Masa inicial de las semillas

100: Factor matemático

2.2.Diseño experimental

Se empleó un diseño factorial completo 5A x 3B, donde A: concentración de aceite esencial (0,1; 0,2; 0,3; 0,4 y 0,5 %) y B: especie vegetal fuente del aceite esencial (*L. alba*, *R. officinalis* y *A. citrodora*). Se empleó dos controles positivos (BHT y BHA al 0,02%) y un control negativo (sin antioxidante). Por lo tanto, se evaluaron 15 tratamientos y tres testigos con cuatro repeticiones (72 unidades experimentales) y se hicieron medidas repetidas a los 0, 5, 10 y 150 días. Posteriormente se ejecutó un segundo experimento en donde al mejor tratamiento (aceite esencial de *A. citrodora*), se comparó con los antioxidantes comerciales BHT y BHA en igual dosis y se midió la oxidación de los aceites en medidas repetidas a los 0, 5 y 10 días.

2.3.Procedimiento experimental

En matraz de 250 mL, se agregó 200 mL de aceite filtrado de *P. huayllabambana*; luego se agregó los antioxidantes según las concentraciones especificadas. Seguidamente se agitó vigorosamente para garantizar la mezcla. Luego se colocó en tubos de ensayo de 50 mL; con sus respectivas réplicas para cada tratamiento. Se realizó la primera medición.

2.4. Estabilidad oxidativa en aceite de *P. huayllabambana*

Determinación del índice de peróxido de los tratamientos

Para determinar la cantidad de peróxidos se midió utilizando el método AOAC, (1980). En matraz de 250 mL, se pesó 1 g de muestra. Luego se agregó 10 mL de cloroformo y agitó vigorosamente. Se añadió 25 mL de ácido acético glacial + 1 mL de solución saturada de KI y dejó reposar por un tiempo de 5 min en cámara oscura a temperatura ambiente. Trascurrido el tiempo se agregó 75 mL de agua ultrapura y agitó vigorosamente. Posteriormente se agregó almidón a concentración de 1% hasta observar un color azul oscuro y tituló con tiosulfato de sodio 0,1 N hasta que la coloración azul desaparezca y se cuantificó el gasto.

Del mismo modo se realizó las pruebas en blanco, y para los cálculos se utilizó la siguiente fórmula:

$$IP = \frac{(M - B) \times N \times 100}{W}$$

Donde:

IP: Índice de peróxido; M: Gasto de la solución de tiosulfato 0,1N en la muestra; B: Gasto de la solución de tiosulfato 0,1N en el blanco; N: Normalidad de la solución tiosulfato (0,1); W: Peso de la muestra analizada.

2.5.Análisis de datos

Los datos fueron tabulados y se elaboraron graficas de dispersión, distribución y medidas de tendencia central. Previa evaluación del cumplimiento de supuestos, se realizó el análisis de varianza con medidas repetidas; y como se encontró variabilidad, se realizó pruebas de comparaciones múltiples.

III. RESULTADOS

3.1. Actividad antioxidante y contenido de fenoles totales de los aceites esenciales

Los valores de actividad antioxidante y contenido de fenoles totales de los aceites esenciales de *R. officinalis*, *L. alba*, *A. citrodora*, se presentan en la tabla 1. Aunque se espera que los aceites esenciales con mayor contenido fenólico tenga mayor actividad antioxidante; en los aceites esenciales de *L. alba* y *A. citrodora* encontramos una relación inversa.

Tabla 1. Actividad antioxidante y fenoles totales de los aceites empleados como aditivos antioxidantes.

| Fuente AE | Actividad antioxidante (% captura de radical DPPH) | | Fenoles totales (mg AGE/mL de AE) | |
|-----------------------|---|------|--------------------------------------|------|
| | Media | SD | Media | SD |
| <i>R. officinalis</i> | 57,71 | 0,47 | 432,40 | 4,21 |
| <i>L. alba</i> | 88,35 | 0,36 | 659,87 | 3,94 |
| <i>A. citrodora</i> | 94,09 | 0,62 | 579,46 | 1,25 |

3.2. Características del aceite de sachainchi

Los valores de índice de acidez, acidez titulable e índice de refracción presentados en la tabla 2, evidencian que el aceite estudiado fue “aceite Extra virgen”.

Tabla 2. Características fisicoquímicas del aceite de *P. huayllabambana*

| Características | Valor |
|--|-------|
| Índice de acidez (mg NaOH/g de aceite) | 1,010 |
| Acidez libre expresado en ácido oleico (%) | 0,507 |
| Índice de refracción | 1,481 |

3.3. Rendimiento del aceite de sachainchi

Se obtuvo un rendimiento de aceite de *P. huayllabambana* mediante prensado en frío de 22,22 % v/p.

3.4. Estabilidad oxidativa en aceite de sachainchi

Hasta los 10 días de almacenamiento todos los tratamientos incluido el testigo (sin antioxidante), se oxidaron (Figura 1). Hasta los cinco días de almacenamiento los tratamientos con aceites esenciales se oxidan más que los tratados con antioxidantes BHT y BHA, incluso más que el tratamiento testigo, evidenciándose un efecto prooxidante. Sin embargo, a mayor tiempo de almacenamiento (10 días), se observa que la oxidación del testigo sin antioxidantes, supera a los tratamientos y los antioxidantes sintéticos aún previenen mejor la oxidación del aceite de sacha inchi con mayor efectividad que los aceites esenciales en estudio.

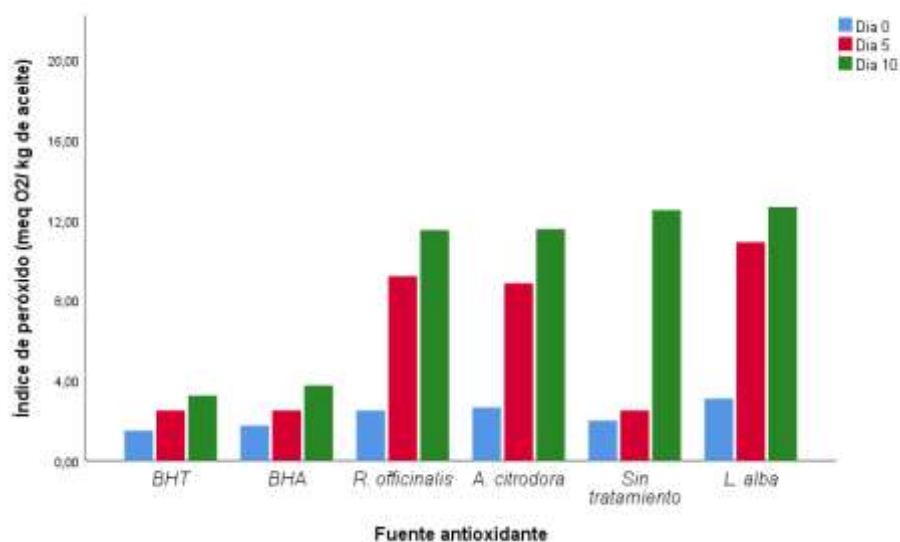


Figura 1. Oxidación del aceite de *P. huayllabambana* con antioxidantes sintéticos y naturales (aceites esenciales) durante 10 días de almacenamiento en condiciones ambientales.

Por otro lado, tal como observamos en la figura 2, el aceite esencial de *A. citrodora* es más efectivo que los aceites de *R. officinalis* y *L. alba* en la prevención de la rancidez oxidativa y los tres retardaron mejor la oxidación del aceite de sacha inchi en un tiempo de almacenamiento prolongado (150 días).

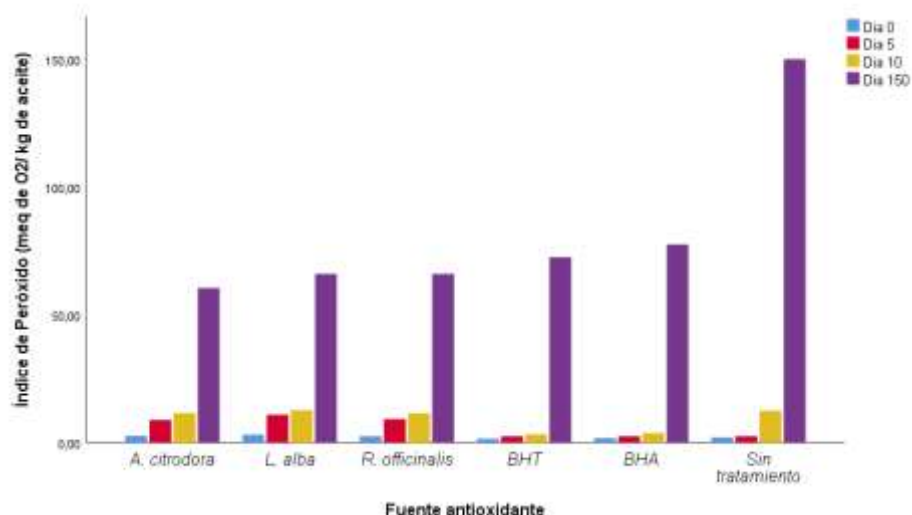


Figura 2. Oxidación del aceite de *P. huayllabambana* con antioxidantes sintéticos y naturales (aceites esenciales) durante 150 días de almacenamiento en condiciones ambientales.

A medida que se incrementa la dosis de aceite esencial (Figura 3), la oxidación del aceite de *P. huayllabambana* es menor, sin embargo, a dosis mayores de 0,3% se observa una actividad prooxidante.

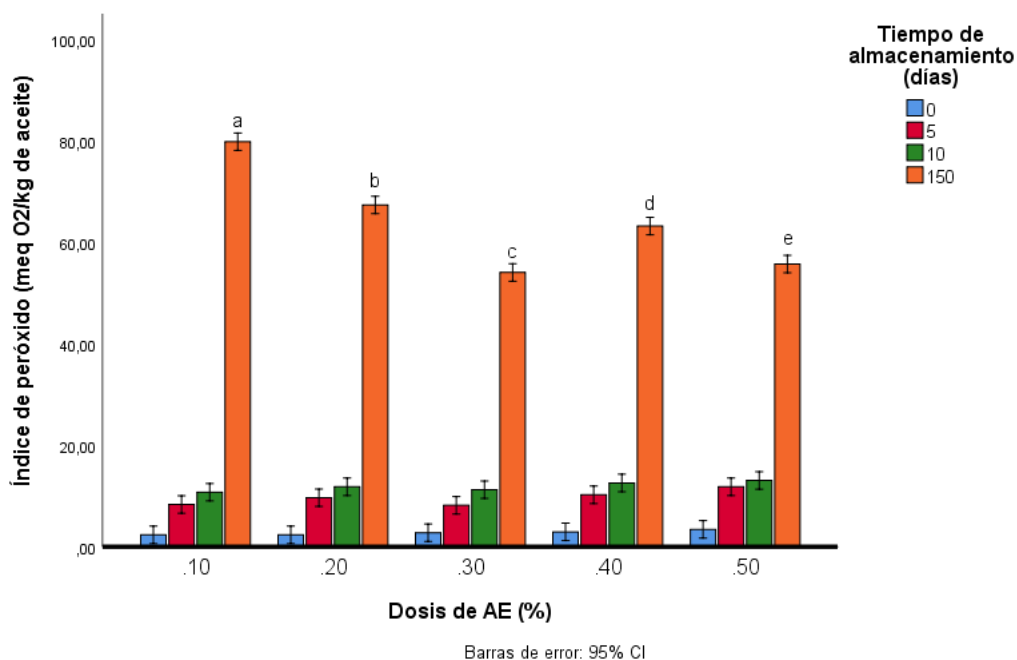


Figura 3. Índice de peróxido de aceite de *P. huayllabambana* por dosis de adición de aceite esencial durante 150 días de almacenamiento.

3.5. Comparación del mejor tratamiento con antioxidantes sintéticos a igual dosis

Puesto que el aceite esencial de *A. citrodora* estabilizó mejor la oxidación lipídica del aceite de sacha inchi, se realizó un segundo experimento, en el que se le comparó a igual dosis con los antioxidantes BHA y BHT. Como se puede observar en la Figura 4, no se encontró diferencias significativas ($p > 0,05$) en los tratamientos a los 10 días de almacenamiento.

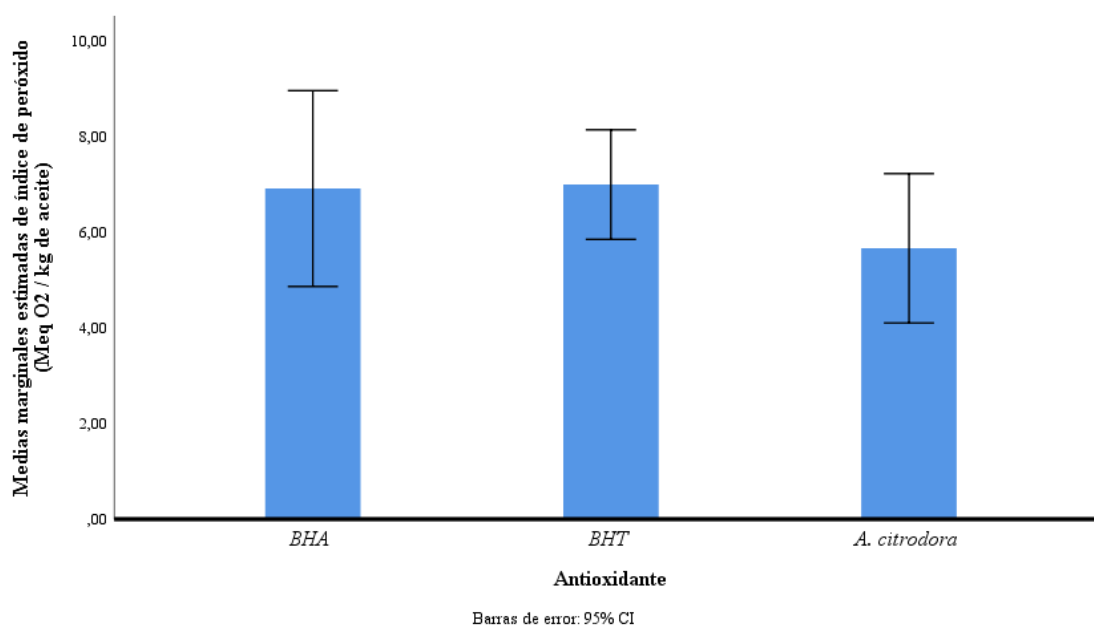


Figura 4. Oxidación del aceite de *P. huayllabambana* con antioxidantes sintéticos y naturales (aceite esencial de *A. citrodora*), en igual dosis, durante 10 días de almacenamiento en condiciones ambientales.

De manera análoga a los resultados del primer experimento, los valores de índice de peróxido, indicador de la oxidación lipídica del aceite de sacha inchi, se incrementó ($p < 0,05$) con el tiempo para todos los tratamientos tal como se observa en la Figura 5.

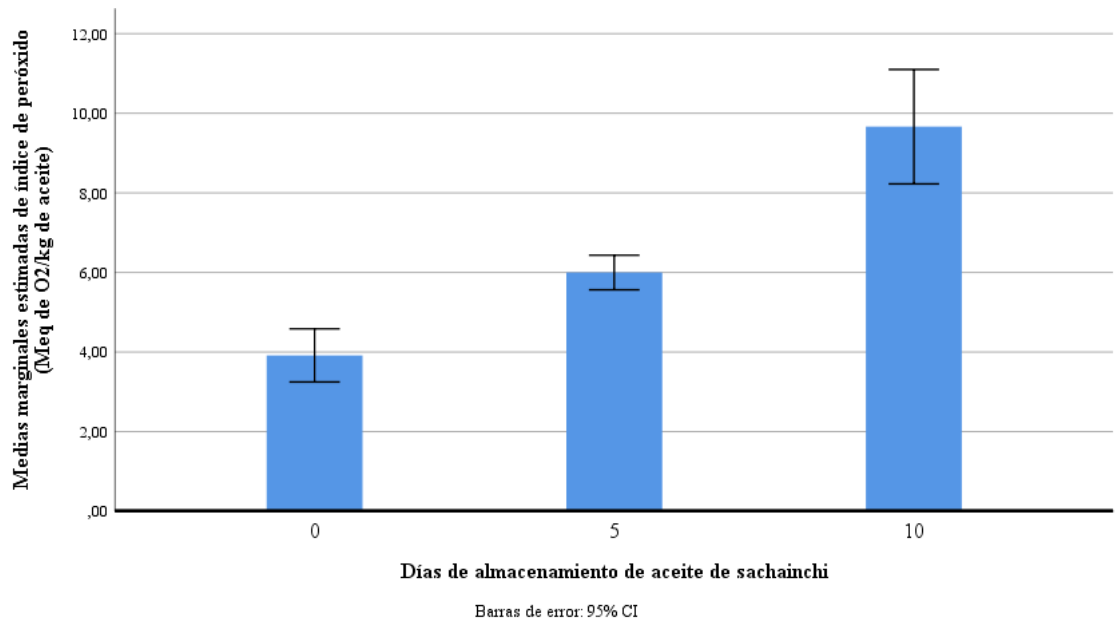


Figura 5. Índice de peróxido de aceite de *P. huayllabambana*, en igual dosis, durante 10 días de almacenamiento.

IV. DISCUSIÓN

Aunque se espera que los aceites esenciales con mayor contenido fenólico tenga mayor actividad antioxidante (Ahmed et al., 2019), en los aceites esenciales de *L. alba* y *A. citrodora* encontramos una relación inversa (Tabla 2), lo que puede deberse a la presencia de compuestos antioxidantes no fenólicos (Baschieri et al., 2017). Se evidencian un elevado contenido fenólico de los tres aceites esenciales y una elevada actividad antioxidante, tal como ha sido demostrada en otros estudios (Zhang et al., 2021), por lo que se espera que eviten la oxidación de los ácidos grasos, componentes de *P. huayllabambana*.

Los valores de las características fisicoquímicas obtenidos, se encuentran dentro del rango de la norma de referencia para Perú (NTP 151. 400, 2009); lo que evidencian que fue un aceite con bajas concentraciones de ácidos grasos libres, oxidación y enranciamiento (Chasquibol et al., 2010; Chirinos et al., 2015) calificado como extra virgen.

Las semillas de *P. huayllabambana* empleados, permitieron obtener un elevado rendimiento (22,22% v/p), lo que podría deberse a la técnica de extracción empleada, prensado en frío (Silva et al., 2016) o a la especie de sachá inchi empleada (Chirinos et al., 2015; López et al., 2016).

Hasta los 10 días de almacenamiento todos los tratamientos incluido el testigo (sin antioxidante), se oxidan (Figura 1). Hasta los cinco días de almacenamiento los tratamientos con aceites esenciales se oxidan más que los tratados con antioxidantes BHT y BHA, incluso más que el tratamiento testigo, evidenciándose un efecto prooxidante (Baschieri et al., 2017). La mayor estabilidad oxidativa del aceite sin antioxidantes se debe a que los aceites extravirgenes son ricos en compuestos antioxidantes como los tocoferoles (El Bernoussi et al., 2020), los que a corto plazo protegen a la matriz lipídica de la rancidez.

Trabajos anteriores con extractos de *R. officinalis* reportan resultados promisorios en la estabilización de aceite de pescado y de soya durante el fritado (Li et al., 2021; Moczkowska et al., 2020; Yeşilsu & Özyurt, 2019), en este trabajo demostramos que dosis de hasta 0.5% de aceite esencial, evita la oxidación de aceite de *P. huayllabambana* durante 150 días de almacenamiento con similar efectividad que el antioxidante BHT (0.02%) y el aceite esencial de *L. alba*.

Tal como observamos en la figura 2, el aceite esencial de *A. citrodora* es más efectivo que los aceites de *R. officinalis* y *L. alba* en la prevención de la rancidez oxidativa de aceites y tiene mayor actividad antioxidante.

A medida que se incrementa la dosis de aceite esencial (Figura 3), la oxidación del aceite de *P. huayllabambana* es menor, sin embargo, a dosis mayores se observa una actividad prooxidante. El fenómeno prooxidante se debe a compuestos no fenólicos en los aceites esenciales en concentraciones determinadas, por ejemplo (Baschieri et al., 2017) encontraron que el limoneno, linalol y citral se comportan como antioxidantes hasta una determinada concentración (Wang et al., 2020), luego su efecto se invierte, estos compuestos se encuentran en los aceites esenciales estudiados (Ali et al., 2020; Pereira-de-Morais et al., 2019), además de los otros compuestos presentes en los aceites esenciales como los aldehídos (Jo & Lee, 2021) que aumentan las tasas de oxidación de aceites a granel.

La adición de aceites esenciales a aceites extravirgen como el de *P. huayllabambana*, no solo mejora la estabilidad oxidativa, sino que también actúan como potenciadores de sabor y aroma (Wang et al., 2019), lo que podría mejorar su aceptación sensorial (Sousa et al., 2015). Además, puede ser empleados en el desarrollo de alimentos funcionales suplementos y bebidas nutracéuticas (Rehman et al., 2020), así como también el desarrollo de envases inteligentes con capacidad antioxidante y conservante (Asdagh & Pirsá, 2020); sin embargo es necesario realizar estudios más específicos, como el efecto antioxidante de los compuestos individuales de los aceites esenciales, que permiten dilucidar mejor el fenómeno antioxidante y prooxidante (Gursul et al., 2019), por otro lado es necesario realizar pruebas sensoriales, puesto que algunos aceites esenciales pueden producir aromas fuertes que no son bien valoradas en consumo humano (Alizadeh et al., 2019).

V. CONCLUSIONES

En conclusión los aceites esenciales de *A. citrodora*, *R.officinalis* y *L. Alba* mejoran la estabilidad oxidativa del aceite extravirgen de *P. huayllabambana* en dosis de adición de 0.3% v/v, permitiendo en tiempos prolongados de almacenamiento (150 días en condiciones ambientales) desacelerar la oxidación lipídica en mayor grado que los antioxidantes sintéticos BHT y BHA.

Con el aceite esencial de *A. citrodora* se obtiene mayor estabilidad oxidativa ($p<0,01$), por lo que puede ser empleado como conservante natural en aceites extravirgenes, debido a su elevada actividad antioxidante.

En dosis iguales, el aceite esencial de *A. citrodora* previene la oxidación del aceite de *P. huayllabambana* extravirgen en igual medida que los antioxidantes sintéticos BHT y BHA, durante 10 días de almacenamiento.

VI. RECOMENDACIONES

Con la finalidad de incrementar el conocimiento en el tema y a la luz de los resultados encontrados en este trabajo de investigación, se recomienda:

- Realizar más investigaciones en otras condiciones de almacenamiento.
- Determinar los compuestos de los aceites esenciales responsables de la actividad antioxidante.
- Evaluar los cambios químicos que eventualmente podrían ocurrir en el aceite de sachá inchi cuando actúan los antioxidantes naturales.
- Realizar estudios a profundidad de posible toxicidad de los aceites esenciales.
- Incrementar las investigaciones en la aceptación de aceites aromatizados con alto valor nutricional.
- Profundizar los estudios en el efecto de cada compuesto presente en los aceites esenciales para determinar las moléculas responsables del efecto prooxidante.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar, C. A., Rodríguez, K., González, S. C., & Rios, L. A. (2015). Evaluación de la Estabilidad Oxidativa del Biodiesel de Jatropha (*Jatropha curcas* L.) mediante el uso de Antioxidantes Sintéticos y Biodiesel de Palma. *Información tecnológica*, 26(2), 51-60. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000200007>
- Ahmed, A. F., Attia, F. A. K., Liu, Z., Li, C., Wei, J., & Kang, W. (2019). Antioxidant activity and total phenolic content of essential oils and extracts of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) plants. *Food Science and Human Wellness*, 8(3), 299-305. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.07.004>
- Al-Hijazeen, M., Ahn, D. U. U., & Mendonca, A. F. (2018). *Effect of Oregano Essential Oil on the Storage Stability and Quality Parameters of Ground Chicken Breast Meat* (0 ed.). Iowa State University. https://doi.org/10.31274/ans_air-180814-288
- Ali, A., Oon, C. C., Chua, B. L., Figiel, A., Chong, C. H., Wojdylo, A., Turkiewicz, I. P., Szumny, A., & Łyczko, J. (2020). Volatile and polyphenol composition, antioxidant, anti-diabetic and anti-aging properties, and drying kinetics as affected by convective and hybrid vacuum microwave drying of *Rosmarinus officinalis* L. *Industrial Crops and Products*, 151, 112463. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112463>
- Alizadeh, L., Abdolmaleki, K., Nayebzadeh, K., & Shahin, R. (2019). Effects of tocopherol, rosemary essential oil and *Ferulago angulata* extract on oxidative stability of mayonnaise during its shelf life: A comparative study. *Food Chemistry*, 285, 46-52. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.028>
- AOAC. (1980). Official methods of analysis. *Oils and fats menth 28.022,440*.
- AOCS. (2002). *Official methodos and recommended practices of the american oil chemists society*. ed. Firestone.

- Asdagh, A., & Pirsá, S. (2020). Bacterial and oxidative control of local butter with smart/active film based on pectin/nanoclay/Carum copticum essential oils/ β -carotene. *International Journal of Biological Macromolecules*, 165, 156-168. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.192>
- Barrera Arellano, D. (1998). Estabilidad y utilización de nitrógeno en aceites y grasas. *Grasas y Aceites*, 49(1), 55-63. <https://doi.org/10.3989/gya.1998.v49.i1.709>
- Baschieri, A., Ajvazi, M. D., Tonfack, J. L. F., Valgimigli, L., & Amorati, R. (2017). Explaining the antioxidant activity of some common non-phenolic components of essential oils. *Food Chemistry*, 232, 656-663. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.036>
- Beltrán, G., Jiménez, A., Aguilera, M. P., & Uceda, M. (2000). Análisis mediante HPLC de la fracción fenólica del aceite de oliva virgen de la variedad Arbequina. Relación con la medida del amargor k225 y la estabilidad. 51(5), 320-324.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Chasquibol, N., Guinda, A., del Aguila, C., Yácono, J. C., & Pérez, M. C. (2010). Estudios preliminares sobre la caracterización de aceites de semillas de sacha inchi (*Plukenetia huayllabambana*), cultivadas en la provincia de Rodríguez de Mendoza, departamento de Amazonas-Perú. 28.
- Chirinos, R., Pedreschi, R., Domínguez, G., & Campos, D. (2015). Comparison of the physico-chemical and phytochemical characteristics of the oil of two *Plukenetia* species. *Food Chemistry*, 173, 1203-1206. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.120>

- Chirinos, R., Zuloeta, G., Pedreschi, R., Mignolet, E., Larondelle, Y., & Campos, D. (2013). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*): A seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity. *Food Chemistry*, *141*(3), 1732-1739. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.078>
- El Bernoussi, S., Boujemaa, I., Harhar, H., Belmaghraoui, W., Matthäus, B., & Tabyaoui, M. (2020). Evaluation of oxidative stability of sweet and bitter almond oils under accelerated storage conditions. *Journal of Stored Products Research*, *88*, 101662. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101662>
- Elechosa, M. A., Di Leo Lira, P., Juárez, M. A., Viturro, C. I., Heit, C. I., Molina, A. C., Martínez, A. J., López, S., Molina, A. M., van Baren, C. M., & Bandoni, A. L. (2017). Essential oil chemotypes of *Aloysia citrodora* (Verbenaceae) in Northwestern Argentina. *Biochemical Systematics and Ecology*, *74*, 19-29. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2017.07.003>
- Gursul, S., Karabulut, I., & Durmaz, G. (2019). Antioxidant efficacy of thymol and carvacrol in microencapsulated walnut oil triacylglycerols. *Food Chemistry*, *278*, 805-810. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.134>
- Hamaker, B. R., Valles, C., Gilman, R., Hardmeier, R. M., Clark, D., Garcia, H. H., Gonzales, A. E., Kohlstad, I., Castro, M., Valdivia, R., Rodriguez, T., & Lescano, M. (1992). *Amino acid and fatty acid profiles of the inca peanut (plukenetia volubilis)*. *69*(4), 461-463.
- ISO 660. (1996). *Animal and vegetable fats and oils: Determination of acid value and acidity*.
- Jachmanián, I., Margenat, L., Torres, A. I., & Grompone, M. A. (2006). Oxidative stability and tocopherol concentration of canola oil extracted using supercritical

- CO2. *Grasas y Aceites*, 57(2), 155-159.
<https://doi.org/10.3989/gya.2006.v57.i2.31>
- Jo, S., & Lee, J. (2021). Evaluation of the effects of aldehydes on association colloid properties and oxidative stability in bulk oils. *Food Chemistry*, 338, 127778.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127778>
- Keramat, M., Golmakani, M.-T., Aminlari, M., & Shekarforoush, S. (2017). Oxidative Stability of Virgin Olive Oil Supplemented with *Zataria multiflora* Boiss. And *Rosmarinus officinalis* L. Essential Oils During Accelerated Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(3), e12951.
<https://doi.org/10.1111/jfpp.12951>
- Li, P., Yang, X., Lee, W. J., Huang, F., Wang, Y., & Li, Y. (2021). Comparison between synthetic and rosemary-based antioxidants for the deep frying of French fries in refined soybean oils evaluated by chemical and non-destructive rapid methods. *Food Chemistry*, 335, 127638. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127638>
- López, K., Santa Cruz, C., & Gutiérrez, A. (2016). Perfil de proteínas de las semillas de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L y *Plukenetia huayllabambana* Bussman, Téllez & Glenn). *The Biologist*, 1(2). <https://doi.org/10.24039/rtb201614181>
- López, M. T. (2004). *Los aceites esenciales: Aplicaciones farmacológicas, cosméticas y alimentarias*. 23(7).
- Martínez, A. (2003). *Aceites esenciales*.
- Merino-Zegarra, C., Vásquez-Ocmín, P., Maco, M., Del Castillo-Torres, D., Vásquez, G., Cachique, D., Pasquel, A., & Sotero-Solís, V. E. (2008). Caracterización química de nueve accesiones de *Plukenetia volubilis* L. de los departamentos de Loreto y San Martín. *Folia Amazónica*, 4(2), 39. <https://doi.org/10.24841/fa.v17i1-2.265>

- Moczowska, M., Karp, S., Horbanczuk, O. K., Hanula, M., Wyrwisz, J., & Kurek, M. A. (2020). Effect of rosemary extract addition on oxidative stability and quality of hemp seed oil. *Food and Bioproducts Processing*, 124, 33-47. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.08.002>
- Muñoz, A. M., Ortiz, C. A., Castañeda, B., Lizaraso, F., Barnett, E., Cárdenas, L., & Manco, E. (2013). Estudio nutricional de *Plukenetia huayllabambana* sp. Nov. *Rev Soc Quím Perú.*, 10.
- NTP 151. 400. (2009). *Norma técnica peruana*.
- Pereira-de-Morais, L., Silva, A. de A., da Silva, R. E. R., Costa, R. H. S. da, Monteiro, Á. B., Barbosa, C. R. dos S., Amorim, T. de S., de Menezes, I. R. A., Kerntopf, M. R., & Barbosa, R. (2019). Tocolytic activity of the *Lippia alba* essential oil and its major constituents, citral and limonene, on the isolated uterus of rats. *Chemico-Biological Interactions*, 297, 155-159. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2018.11.006>
- Rehman, A., Jafari, S. M., Tong, Q., Karim, A., Mahdi, A. A., Iqbal, M. W., Aadil, R. M., Ali, A., & Manzoor, M. F. (2020). Role of peppermint oil in improving the oxidative stability and antioxidant capacity of borage seed oil-loaded nanoemulsions fabricated by modified starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 153, 697-707. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.292>
- Rodríguez, Á., Corazon-Guivin, M., Cachique, D., Mejía, K., Del Castillo, D., Renno, J.-F., & García-Dávila, C. (2011). Diferenciación morfológica y por ISSR (Inter simple sequence repeats) de especies del género *Plukenetia* (Euphorbiaceae) de la Amazonía peruana: Propuesta de una nueva especie. *Revista Peruana de Biología*, 17(3), 325-330. <https://doi.org/10.15381/rpb.v17i3.7>
- Rojano, B. A. (1997). *Oxidación de lípidos y antioxidantes*. 59.

- Ruiz, C., Díaz, C., Anaya, J., & Rojas, R. (2013). Análisis proximal, antinutrientes, perfil de ácidos grasos y de aminoácidos de semillas y tortas de 2 especies de sachainchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*). *Rev Soc Quím Perú.*, 8.
- Sánchez, L., Chávez, J., Ríos, L. A., & Cardona, S. M. (2015). Evaluación de un Antioxidante Natural extraído del Marañón (*Anacardium occidentale* L.) para mejorar la Estabilidad Oxidativa del Biodiesel de *Jatropha*. *Información tecnológica*, 26(6), 19-30. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000600004>
- Silva, M., De la Rosa, E., Linares, T., Tomás, G., & Garrido, A. (2016). Obtención y caracterización del aceite de semilla de huayllabambana. *Rev. Per. Quím. Ing. Quím.*, 19(1), 85-88.
- Song, F.-L., Gan, R.-Y., Zhang, Y., Xiao, Q., Kuang, L., & Li, H.-B. (2010). Total Phenolic Contents and Antioxidant Capacities of Selected Chinese Medicinal Plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(6), 2362-2372. <https://doi.org/10.3390/ijms11062362>
- Sousa, A., Casal, S., Malheiro, R., Lamas, H., Bento, A., & Pereira, J. A. (2015). Aromatized olive oils: Influence of flavouring in quality, composition, stability, antioxidants, and antiradical potential. *LWT - Food Science and Technology*, 60(1), 22-28. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.026>
- Stashenko, E. E., Jaramillo, B. E., & Martínez, J. R. (2004). Comparison of different extraction methods for the analysis of volatile secondary metabolites of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown, grown in Colombia, and evaluation of its in vitro antioxidant activity. *Journal of Chromatography A*, 1025(1), 93-103. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2003.10.058>

- Villanueva, E., Rodríguez, G., Aguirre, E., & Castro, V. (2017). Influence of antioxidants on oxidative stability of the oil Chia (*Salvia hispanica* L.) by rancimat. *Scientia Agropecuaria*, 8, 19-27. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.01.02>
- Wang, D., Chen, X., Wang, Q., Meng, Y., Wang, D., & Wang, X. (2020). Influence of the essential oil of *Mentha spicata* cv. Henanshixiang on sunflower oil during the deep-frying of Chinese Maye. *LWT*, 122, 109020. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109020>
- Wang, D., Meng, Y., Zhao, X., Fan, W., Yi, T., & Wang, X. (2019). Sunflower oil flavored by essential oil from *Punica granatum* cv. Heyinshiliu peels improved its oxidative stability and sensory properties. *LWT*, 111, 55-61. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.005>
- Wang, W., Wu, N., Zu, Y. G., & Fu, Y. J. (2008). Antioxidative activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil compared to its main components. *Food Chemistry*, 108(3), 1019-1022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.046>
- Yeşilsu, A. F., & Özyurt, G. (2019). Oxidative stability of microencapsulated fish oil with rosemary, thyme and laurel extracts: A kinetic assessment. *Journal of Food Engineering*, 240, 171-182. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.021>
- Zhang, S., Willett, S. A., Hyatt, J. R., Martini, S., & Akoh, C. C. (2021). Phenolic compounds as antioxidants to improve oxidative stability of menhaden oil-based structured lipid as butterfat analog. *Food Chemistry*, 334, 127584. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127584>

ANEXOS

7.1. Semillas y aceite de sachá inchi



Figura 6. Semilla de *P. huayllabambana*.



Figura 7. Cáscara de *P. huayllabambana*.



Figura 8. Semillas sin cáscara de *P. huayllabambana*.



Figura 9. Aceite extravigen de *P. huayllabambana*, prensado en frío.

7.2. Plantas aromáticas y aceites esenciales



Figura 10. Hojas de *R. officinalis*.



Figura 11. Hojas de *L. alba*.



Figura 12. Hojas de *A. citrodora*.



Figura 13. Aceite esencial de *R.*



Figura 14. Aceite esencial de *A.citrodora*



Figura 15. Aceite esencial de *L.alba*

7.3.Características fisicoquímicas del aceite de sachainchi



Figura 16. Equipo de titulación para determinar índice de acidez.



Figura 17. Refractómetro tipo ABBE.

7.4. Actividad antioxidante y contenido fenólico de los aceites esenciales



Figura 18. Actividad antioxidante por el método DPPH.



Figura 19. Contenido fenólico por el método Folin-Ciocalteu.

7.5. Diseño experimental



Figura 20. Mezcla de aceite de sachá inchi + aceites esenciales. Dos controles con antioxidantes sintéticos (BHT y BHA 0,02%) y un negativo (sin antioxidante)



Figuras 21. Determinación de índice de peróxido, mediante titulación

7.6. Segundo experimento



Figura 22. Mezcla de aceite de sacha inchi + aceite esencial de *A. Citrodora*. Antioxidantes sintéticos (BHT y BHA), en igual dosis (0,3%).