

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



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIOXIDANTE DEL ACEITE ESENCIAL
DE POLEO (*Minthostachys mollis*) EN ACEITE DE SACHA INCHI
(*Plukenetia huayllabambana*)**

TESIS

Para obtener el título profesional de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Bach. Neyser Antonio Gómez Fernández

CHACHAPOYAS-PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIOXIDANTE DEL ACEITE ESENCIAL
DE POLEO (*Minthostachys mollis*) EN ACEITE DE SACHA INCHI
(*Plukenetia huayllabambana*)

TESIS

Para obtener el título profesional de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AUTOR : Bach. Neyser Antonio Gómez Fernández

ASESOR : Ms. Segundo Grimaldo Chávez Quintana

CHACHAPOYAS-PERÚ

2017

DEDICATORIA

A Dios mi Protector y Guía

A mi madre Rosa Vilma Fernández Cubas, por su amor y confianza, Asimismo, a mi estimado padre Walter Gómez Hernández, por su apoyo incondicional.

A mi querida y adorada Esposa Ingrid Jhuany Trauco Mas, por acompañarme siempre y darme ánimos para seguir adelante y a mi hijo Liam Antonio Gómez Trauco que cultivo lo mejor de mi persona, para poder hacerle feliz.

A mis abuelitos (as) y hermanos.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios, por la vida el regalo más grande que nos dio, por su compañía, fuerza, salud, esperanza y oportunidades que nos brinda cada día.

A mi Esposa por su paciencia, apoyo y confianza durante el desarrollo del presente trabajo.

A mi asesor Ms. Segundo Grimaldo Chávez Quintana, quien con su conocimiento, tiempo, paciencia e interés hizo posible la realización de esta tesis.

Mi grato agradecimiento a todo el personal docente y técnico de los diferentes laboratorios de la UNTRM por su apoyo y paciencia durante la parte experimental y análisis realizados en la presente investigación.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Ph.D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA

RECTOR

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Ing. M. Sc. ARMSTRONG BARNARD FERNÁNDEZ JERI

**DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS
AGRARIAS**

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS

El docente de la UNTRM que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada **Evaluación del efecto antioxidante del aceite esencial de poleo (*Minthostachys mollis*) en aceite de sachá inchi (*Plukenetia huayllabambana*)**, del egresado de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNTRM.

Bach. Neyser Antonio Gómez Fernández

Se da el **Visto Bueno** al informe final de la tesis mencionada, dándole pase para que sea sometido a la revisión del Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones dadas por el Jurado Evaluador, para su posterior Sustentación.

Chachapoyas, 16 de junio de 2017

Ms. Segundo Grimaldo Chávez Quintana

Asesor

JURADO EVALUADOR

Ing. Guillermo Idrogo Vásquez

PRESIDENTE

Ing. Lizette Daniana Méndez Fasabi

SECRETARIO

Ing. Aura del Rocío Tafur Jiménez

VOCAL

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo **NEYSER ANTONIO GÓMEZ FERNANDEZ** identificado con DNI....., egresado de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Declaramos bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada

Evaluación del efecto antioxidante del aceite esencial de poleo (*Minthostachys mollis*) en aceite de sacha inchi (*Plukenetia huayllabambana*).

La misma que presentó para optar:

El título de **Ingeniero Agroindustrial**.

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo por la presente nos comprometemos asumir todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente: asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas 16 de junio de 2016

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	10
ABSTRACT	11
I. INTRODUCCIÓN	12
II. OBJETIVO.....	13
III. MARCO TEÓRICO	13
3.1. Antecedentes	13
3.2. Bases teóricas.....	14
IV. MATERIAL Y METODOS	18
4.1. Diseño de investigación.....	18
4.2. Procedimiento experimental	20
4.3. Evaluación de la actividad antioxidante	20
4.4. Análisis de datos	21
V. RESULTADOS.....	22
VI. DISCUSIÓN.....	25
VII. CONCLUSIONES.....	26
VIII. RECOMENDACIONES	27
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

RESUMEN

El objetivo de investigación fue Evaluar el efecto antioxidante del aceite esencial de poleo (*M. mollis*) en aceite de sachainchi (*P. huayllabambana*). Se trabajó bajo un diseño completo aleatorizado (DCA), donde el único factor fue evaluado la concentración de aceite esencial (1, 2 , 4, 6 y 8 g/kg) en aceite de sachainchi, con tres réplicas y dos controles (sin tratamiento y con 0,02g/kg de antioxidante comercial BHT). Todos los tratamientos fueron dejados al ambiente y al quinto día se midió el efecto antioxidante mediante el índice de peróxido, encontrando que todos lograron reducir la oxidación del aceite de sachainchi al comparar con el testigo negativo (sin tratamiento). La concentración más adecuada de aceite esencial para retardar la oxidación natural del aceite de sachainchi es 2 g/kg, llegado a un punto, el incremento de la dosis favorece la oxidación del aceite, determinándose un efecto prooxidante; sin embargo el efecto de las cuatro primeros tratamientos superaron al antioxidante comercial BHT (control positivo). En conclusión el aceite de *M. mollis* puede ser usado con antioxidante natural en aceite de *P. huayllabambana*, convirtiéndose en una alternativa para el desarrollo de productos saludables.

Palabras clave: aceite esencial, *Minthostachys mollis*, Poleo, *Plukenetia huayllabambana*, sachainchi.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the antioxidant effect of essential oil of poleo (*M. mollis*) in oil of sachainchi (*P. huayllabambana*). It was worked under a randomized complete design (DCA), where the only factor evaluated the concentration of essential oil (1, 2, 4, 6 y 8 g/kg) in sachainchi oil, with three replicates and two controls (without treatment and with 0,02 g / kg of commercial antioxidant BHT). All the treatments were left to the environment and on the fifth day the antioxidant effect was measured by the peroxide index, finding that all of them were able to reduce the oxidation of the sachainchi oil when compared to the negative control (without treatment). The most suitable concentration of essential oil to retard the natural oxidation of the sachainchi oil is 2 g / kg, reached a point, the increase of the dose favors the oxidation of the oil, determining a prooxidant effect; however the effect of the first four treatments outweighed the commercial antioxidant BHT (positive control). In conclusion the *M. mollis* oil can be used with natural antioxidant in oil of *P. huayllabambana*, becoming an alternative for the development of healthy products.

Key words: Essential oil, *Minthostachys mollis*, Poleo, *Plukenetia huayllabambana*, sachainchi.

I. INTRODUCCIÓN

El sacha inchi (*Plukenetia huayllabambana*) es una especie nativa de la provincia de Rodríguez de Mendoza cuyo cultivo viene siendo promovido por entidades gubernamentales nacionales como Sierra Exportadora (Agencia Agraria de Noticias, 2016). Actualmente es cultivado por más de 40 productores, quienes han destinado más de 60 ha a su cultivo, con un rendimiento promedio de 4 mil kilos por ha. Esta especie tiene características superiores a *Plukenetia volubilis*, especie más difundida, con mayor presencia comercial; por su elevado contenido en omega 3 (ácido linolénico) y elevado rendimiento en aceite (54,3% frente a 49%) (Ruiz, Díaz, Anaya, & Rojas, 2013).

Uno de los problemas que enfrenta la agroindustria en el procesamiento de oleaginosas, es la rápida oxidación de los compuestos de alto valor nutricional; el que generalmente, es controlado a través de técnicas de extracción, envases muy sofisticados o mediante la adición de antioxidantes sintéticos. Sin embargo, además del elevado costo de los envases especiales, el uso de aditivos sintéticos en los alimentos viene generando grandes controversias, debido a posibles efectos nocivos en la salud.

Como alternativa a los antioxidantes sintéticos, está el uso de antioxidantes naturales, dentro de ellos, los aceites esenciales extraídos de un sinnúmero de especies vegetales; cuyo alto contenido en compuestos fenólicos les da la capacidad de captar radicales libres como los agentes oxidantes; por lo que, los aceites esenciales de alto contenido fenólico pueden ser empleados como potentes antioxidantes en la industria alimentaria (García, Leyva, Martínez, & Stashenko, 2007).

La pregunta de investigación planteada fue ¿De qué manera actúa el aceite esencial de *M. mollis* ante el deterioro oxidativo natural del aceite de *P. huayllabambana*?

II. OBJETIVO

El objetivo de investigación planteado fue evaluar el efecto antioxidante del aceite esencial de poleo (*M. mollis*) en aceite de sachainchi (*P. huayllabambana*).

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

Vargas-Arispuro, Sanz, Martínez-Tellez, y Primo-Yúfera (1998) evaluaron el efecto antioxidante de los componentes no volátiles del aceite esencial de naranja en aceite de oliva y concluyeron que la actividad antioxidante se debe a la acción sinérgica de todos los compuestos presentes en éste. Otro trabajo similar realizado por Moreno, Belén, Sánchez y García (2004), en el que se comparó la actividad antioxidante de extractos de flavonoides de cáscara de naranja en aceite de soja; reporta que el extracto acuoso es el más eficiente en una proporción de 0,1%. Por otro lado Guala, Elder, Pérez, y Chiesa (2009), concluyeron que las fracciones más pesadas del aceite esencial de *Schinus molle* L., son las que contiene mayor poder antiradical.

En otra investigación realizada en Colombia, se evaluó la actividad antioxidante in vitro del aceite esencial de *Piper auritum*, medido en la reducción del radical 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), usando como testigo vitamina E. Encontraron que el aceite esencial estudiado tiene una baja actividad antioxidante y que podría deberse a su bajo contenido de fenoles (García, Leyva, Martínez, & Stashenko, 2007).

Por otro lado Tafur, Martínez y Stashenko (2005), evaluaron la actividad antioxidante de orégano, romero y cilantro en emulsiones degradadas por radiación ultravioleta encontrando que el aceite esencial de orégano presentó actividad antioxidante superior a la del cilantro y del romero, incluso a la de la vitamina E.

El poleo cuyo nombre científico es *Minthostachys mollis* junto a *Minthostachys tomentosa*, es una especie aromática nativa de la región Amazonas según Brako y Zaruchi citado por Gómez et al. (2007). En cuanto al aceite esencial de *M. mollis*, se han realizado estudios que han demostrado su elevado poder antioxidante, comparable al de la vitamina C (Castañeda, Ramos, & Ibáñez, 2008; Granados, Yáñez, & Santafé, 2012; Solís-Quispe, y otros, 2016).

3.2. Bases teóricas

Poleo

Poleo (muña en gran parte de la región andina), es la denominación de la planta aromática perteneciente al género *Minthostachis*, que se encuentra en estado silvestre en la región Amazonas y es cultivada en otras regiones. Se han identificado hasta 17 especies (Tello, 2011) y la más conocida en Perú es *Minthostachys mollis*. En la región Amazonas, según Gómez et al. (2007) se han identificado dos especies del género, *M. mollis* (Grisebach) y *M. tomentosa* (Bentham) y son usados en alimentación, medicina y como repelente de insectos. Asimismo, su rango altitudinal ha sido determinado entre los 500 y 3 500 msnm.

El aceite esencial de plantas del género *Minthostachys*, se han descrito hasta 58 componentes, siendo los más importantes pulegona, isomentona y linalol, componentes que según especie puede representar hasta el 86% de su composición, tal como se muestra en la tabla 1 (Fournet, Rojas de Arias, Charles, & Bruneton, 1996; Solís-Quispe, y otros, 2016; Van Baren, y otros, 2014). No obstante, otros investigadores también han encontrado otros componentes como mayoritarios, por ejemplo un estudio realizado en Colombia, reporta 13 componentes identificados mediante cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas y los tres componentes mayoritarios fueron Carvacrol, Germacreno-D y Acetato de α -Eudesmol respectivamente (Torrenegra-Alarcón, y otros, 2016).

Tabla 1. Principales componentes del aceite esencial de *Minthostachys* encontrado por diferentes investigadores

Especie	Total de constituyentes identificados	Componentes mayoritarios	%	Fuente
<i>M. spicata</i>	58	pulegone	43,2	(Solis-Quispe, y otros, 2016)
		isomentone	15	
		mentone	14,2	
		linalol	4,8	
		(Z)-cariophyllene	2,2	
		Bicyclogermacrene	1,9	
		Menthol	1,9	
		Piperitone	1,8	
		1,8-cineole	1,2	
		Piperitenone	1,2	
		Piperitenone oxide	1,2	
<i>M. andina</i>	12	pulegone	25,5	(Fournet, Rojas de Arias, Charles, & Bruneton, 1996)
		mentone	24,85	
		isomentone	8,08	
		Caryophyllene oxide	1,71	
		Hexadecanol	1,07	
		Eucarvone	0,92	
		linalol	0,82	
		D-limonene	0,45	
		Sabinene	0,45	
		Eucalyptol	0,44	
		a-Thujene	0,4	
Me-3 cyclohexanone	0,4			
<i>M. mollis</i>	8	pulegone	30,8-83,3	(Van Baren, y otros, 2014)
		mentone	5,6-58,2	
		isomentone	0,2-2,2	
		linalool	0-0,5	
		limonene	0-2,9	
		piperitone	0-1,4	
		piperitenone	0,4-2	
spathulenol	0-1,9			

Sacha inchi

El género *Plukenetia*, es una planta originaria de las selvas tropicales de Sudamérica, pertenece a la familia Euphorbiaceae y ha sido cultivada en el Perú desde épocas pre inca; se han encontrado hasta cinco especies en la Amazonía Peruana (*P. brachybotrya*, *P. lorentensis*, *P. polyadenia*, *P. huayllabambana*, *P. volubilis*), e incluso se ha identificado una sexta proveniente del Cuzco (Rodríguez, y otros, 2010). Crece entre los 200 y 1 500 msnm (1300-2200 msnm para *P. huayllabambana*), tiene semillas de forma lenticular, ricas en grasas y proteínas. Recientes investigaciones han demostrado su importancia alimenticia y han propiciado su cultivo e industrialización debido a su elevado contenido de omegas 3 y 6 (Bussmann, Téllez, & Glenn, 2009; Guillén, Ruiz, Cabo, Chirinos, & Pascual, 2003).

El sachainchi de Rodríguez de Mendoza, según Ruiz, Díaz, Anaya y Rojas (2013) tiene un elevado contenido de grasa (54,3%), cuyo mayor componente es el ácido linolénico (53,9%); además un elevado contenido de proteínas en torta (46,1%), tal como se observa en la tabla 2 lo que le convierte en un excelente recurso para la agroindustria, puesto que su aceite es uno de los más cotizados en el mercado mundial por su composiciónb nutricional ya descrita.

Oxidación de los lípidos

Según Frankel (1998), los aceites tienden a autooxidarse, causando pérdidas en su valor nutricional y produciendo compuestos no deseables en la agroindustria. La velocidad con que se produce la oxidación determina la estabilidad oxidativa y los aceites ricos en ácidos grasos poliinsaturados como el de sachainchi, presentan mayor inestabilidad, limitando su calidad y vida útil (Rodríguez, Villanueva, Glorio, & Baquerizo, 2015). Para reducir la velocidad de autooxidación, se emplean técnicas de extracción especiales y envases protectores; algunas veces incluso se adiciona antioxidantes como el butil hidroxi tolueno (BHT) o el butil hidroxi anisol (BHA), productos procedentes de la industria del petróleo.

Tabla 2. Composición proximal porcentual (base seca) de semillas y torta de *P. huayllabambana*

Componente	Semillas	Torta
	(%)	(%)
Grasa	54,3 ± 1,0	9,7 ± 0,5
Proteínas	24,5 ± 1,2	46,1 ± 1,1
Cenizas	3,8 ± 0,4	6,0 ± 0,1
Fibra	7,4 ± 0,5	3,3 ± 0,4
Carbohidratos	10,0 ± 0,7	34,9 ± 0,1
Composición relativa de ácidos grasos		
Ácido palmítico	5,3	6,1
Ácido esteárico	1,9	1,2
Ácido oleico	9,6	9,7
Ácido linoleico (omega 6)	29,3	28,4
Ácido linolénico (omega 3)	53,9	54,6

Fuente: Ruiz, Díaz, Anaya y Rojas (2013)

IV. MATERIAL Y METODOS

4.1. Diseño de investigación

Se trabajó bajo un diseño unifactorial, donde la única variable de estudio fue la dosis de aceite esencial empleado (1, 2, 4, 6 y 8 g/kg) como antioxidante en aceite de sachainchi; además, se utilizó doble control: uno considerado como blanco (sin aceite esencial) y otro con antioxidante comercial sintético butil-hidroxi-tolueno BHT (0,02 g/kg, según la dosis comercial recomendada).

El arreglo experimental empleado se indica en la tabla 3.

Tabla 3. Arreglo experimental empleado

R	Tratamientos (concentración de aceite esencial de poleo)						
	BHA (0,2 g/kg)	(C) 0 g/kg	T1 1 g/kg	T2 2 g/kg	T3 4 g/kg	T4 6 g/kg	T5 8 g/kg
%	0,02	0,00	0,10	0,20	0,40	0,60	0,80
R1							
R2							
R3							

Obtención del aceite esencial de poleo

Las muestras de poleo, fueron recolectadas en el distrito de Huancas a 30 min de la ciudad de Chachapoyas, se trabajó con hojas y ramas. El aceite esencial se obtuvo por arrastre de vapor conforme el procedimiento descrito por Martínez (1996); para ello se utilizó un destilador semiindustrial de acero inoxidable de 10 kilos de capacidad, del Laboratorio de Ingeniería de la UNTRM. El aceite esencial fue secado con sulfato de sodio anhidro y se conservó a -10 °C.

Obtención de aceite de sachainchi

Las semillas de *P. Huayllabambana*, fueron adquiridos en la ciudad de San Nicolás, provincia de Rodríguez de Mendoza. Luego, en el Laboratorio de Ingeniería, se procedió a descascarar manualmente y utilizando una prensa manual de acero inoxidable se extrajo el aceite en frío. Posteriormente se filtró empleando una tela fina y papel filtro.

Análisis fisicoquímico del aceite de sachainchi

Índice de refracción

El índice de refracción fue medido en un refractómetro tipo ABE.

Acidez titulable

Para determinar la acidez titulable se pesó 5 g de aceite crudo de sachainchi; luego se agregó 50 ml de etanol absoluto 99,5% Analytical Rasayan, se añadió dos gotas de fenoltaleína. Posteriormente se tituló con NaOH 0,1 N, hasta obtener un color rosa.

Para el cálculo de la acidez se empleó la siguiente formula:

$$\% AGL = \frac{G \times N \times 28,2}{W}$$

Donde:

G: Gasto de hidróxido de sodio en ml

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

W: Peso de la muestra en g.

AGL: Ácidos grasos libres.

Masa molecular del ácido oleico 282 g/mol; meq 0,282 g.

Densidad relativa

Para determinar la densidad relativa se procedió a realizar lo siguiente:

- Se pesó el picnómetro de 5 ml en una balanza analítica de precisión.
- Se llenó el picnómetro con agua destilada y pesó.
- Luego se procedió a pesar el aceite en el picnómetro siguiendo el mismo procedimiento del agua.
- Para calcular la densidad relativa del aceite de sachainchi se utilizó la siguiente fórmula:

$$GE = \frac{W3 - W1}{W2 - W1}$$

Donde:

GE: Gravedad específica del aceite crudo de sachainchi.

W1: Peso del picnómetro vacío en g.

W2: Peso del picnómetro en g conteniendo agua (23°C).

W3: peso del picnómetro en g conteniendo el aceite (23°C).

4.2.Procedimiento experimental

En tubos de ensayo de 10 ml se agregó 5 ml de aceite filtrado de sachainchi; luego se procedió a agregar los antioxidantes conforme las concentraciones especificadas en la tabla 3. Posteriormente se agitó vigorosamente para garantizar una buena mezcla aceite-aceite esencial. Se dejó al ambiente durante 48 horas, para realizar la primera medición.

4.3.Evaluación de la actividad antioxidante

El efecto antioxidante del aceite esencial de poleo en aceite de sachainchi, se midió utilizando el método de deterioro oxidativo descrito por Akiyoshi y Hajime

(modificado por Vargas-Arispuro, Sanz, Martínez-Tellez, & Primo-Yúfera, 1998), a las 48 horas, 5, 9 y 15 días.

La cantidad de peróxidos fue determinado utilizando el método 34048 de la AOAC sección grasa y aceites 28.022 de 1980; cuyo procedimiento es el siguiente:

- Se pesó un gramo de muestra en una balanza analítica y se colocó en un matraz de 250 ml.
- Se agregó 10 ml de cloroformo y agitó.
- Luego se añadió 25 ml de ácido acético glacial y 1 ml de solución saturada de KI y se dejó reposar en una cámara oscura por 5 min.
- Se agregó 75 ml de agua destilada y agitó vigorosamente.
- Se agregó almidón al 1% hasta observar un color azul oscuro.
- Se tituló con tiosulfato de sodio 0,1N hasta que la coloración azul desaparezca y se midió el gasto.
- Se llevó una prueba en blanco, para los cálculos.

La fórmula empleada para determinar el índice de peróxido IP es la siguiente:

$$IP = \frac{(M - B) \times N \times 1000}{W}$$

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.

4.4. Análisis de datos

Se realizó tablas de distribución de frecuencias, analisis de varinzas y se presentan gráficos de comparación y tendencia que permiten analizar y discutir el efecto de la variable independiente sobre la dependiente.

V. RESULTADOS

Aceite esencial de poleo y aceite de sachainchi

El aceite obtenido por arrastre de vapor, presentó un olor mentolado característico y una coloración blanca transparente, tal como se muestra en la figura 3 del anexo 1.

El aceite de sachainchi obtenido tuvo una coloración amarilla clara (figura 2 del anexo 1) y sus características físicas se detallan en la tabla 4.

Tabla 4. Análisis físico del aceite crudo de sachainchi extraído por prensado en frío para la investigación

Aceite de Sachainchi	
Índice de refracción	1,480
Índice de acidez	0,8976
Densidad relativa	0,929592242
Acidez titulable	0,4488

Efecto antioxidante de aceite esencial de poleo en aceite de sachainchi

Tal como se indica en la metodología, se evaluaron los 21 tratamientos a los dos días, encontrando los datos que se muestran en la tabla 5 y figura 1.

Todos los tratamientos lograron reducir la velocidad de oxidación del aceite de sachainchi; y comparados con el efecto de BHT (0,02%), el tratamiento control negativo C, sin aceite esencial, obtuvo el más alto índice de peróxido (21,10) y el más bajo incluso por debajo del control positivo fue el tratamiento T2 (3,24).

La figura 2, muestra el resultado de las cuatro mediciones en el tiempo; observamos que en general todos los valores se incrementan con el tiempo en general; son embargo en algunos casos, los índices calculados disminuyen, materia de discusión en esta investigación.

El efecto del control positivo (BHT), fue más estable en el tiempo, tal como se ve en la figura 2.

Tabla 5. Tabla de resultados de índice de peróxido para 21 unidades experimentales

	BHT			C			T1			T2			T3			T4			T5		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Peso de Muestra (g)	1,013	1,125	1,08	1	1,08	1,04	1,01	1	1,02	1,04	2,03	2,04	1,01	2,02	1,02	1,05	1,06	1,012	1,07	1,1	1,15
Gasto de Tiosulfato de sodio (ml)	0,19	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5
Normalidad	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Gasto en blanco	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Índice de peróxido	14,81	17,78	13,89	35,00	13,89	14,42	4,95	5,00	4,90	4,81	2,46	2,45	7,43	3,71	12,25	16,67	11,79	12,35	11,68	15,91	19,57
Índice medio de peróxido	15,49			21,10			4,95			3,24			7,80			13,60			15,72		

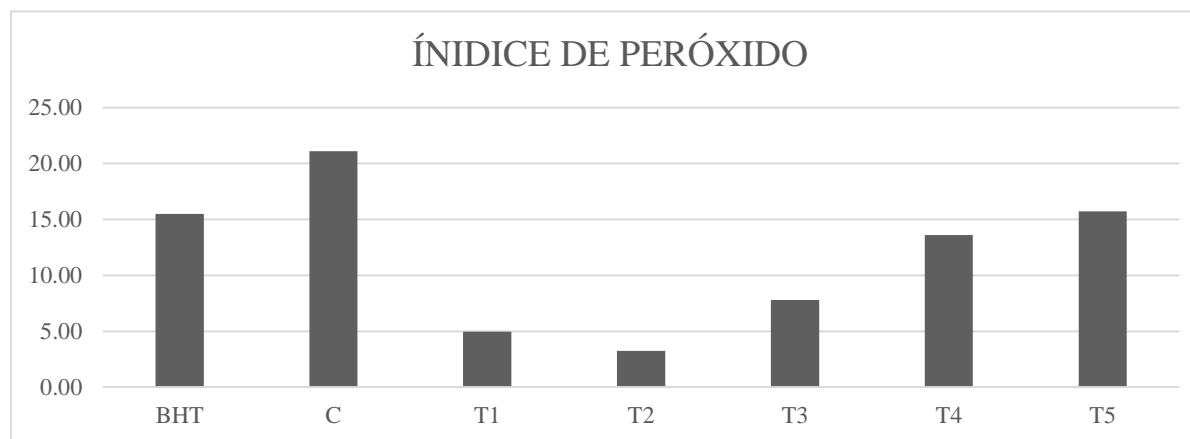


Figura 1. Distribución de medias del índice de peróxido evaluado a 48 horas para los tratamientos y control

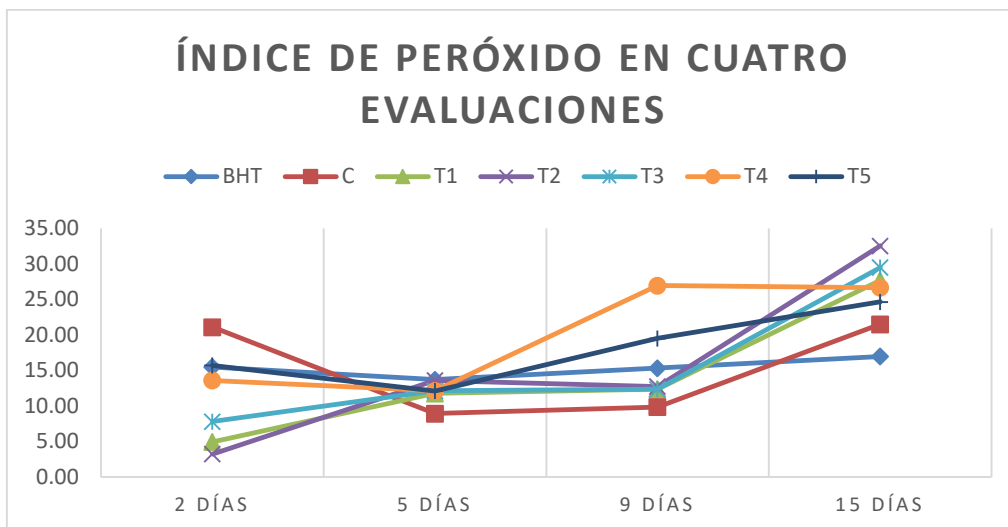


Figura 2. Evolución de la oxidación hasta los 15 días de todos los tratamientos

Tabla 6. Análisis de varianza de los tratamientos

Tabla de ANOVA			Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
IP * Tratamiento	Entre grupos	(Combinado)	764,896	6	127,483	4,649	0,008
	Dentro de grupos		383,896	14	27,421		
	Total		1148,792	20			

Las diferencias entre los tratamientos son altamente significativas ($p=0,01$), tal como se muestra en la tabla 6, resultado del análisis de varianzas.

VI. DISCUSIÓN

El aceite de sachainchi utilizado para esta investigación fue un aceite de calidad conforme los estándares de calidad referenciados; puesto que, el índice de refracción (1,480), índice de acidez (0,8976) y densidad relativa (0,929) se encuentra conforme lo estipulado por NTP 151.400, quien señala que los rangos permitidos para aceite extra vírgenes son <1,475 – 1,481>; <0,926 – 0,931> y un máximo de 1% para el aceite extra virgen medido cómo % de ácido oleico respectivamente (Paucar-menacho, Salvador-Reyes, Guillén-Sánchez, Capa-Robles, & Moreno-Rojo, 2015).

En la tabla 5 y figura 1, observamos que los mejores tratamientos fueron T1 y T2 con 1 y 2 g/kg de aceite esencial respectivamente, obteniendo índices de peróxido muy inferiores incluso al control positivo con antioxidante comercial BHT (0,02%); sin embargo, a medida que incrementamos la dosis, a partir T3 con 4 g/kg la oxidación producida es mayor y con el tiempo los valores superan incluso al control negativo (sin tratamiento). Este efecto de la concentración ha sido observado por otros investigadores y son denominados efecto prooxidante (Tafurt, Martínez, & Stashenko, 2005); por lo que será muy importante determinar la dosis adecuada al momento de desarrollar una tecnología para su aplicación en la agroindustria.

Por otro lado, dosis menores de aceite esencial a los evaluados, también podrían ser utilizadas; puesto que los resultados se encuentran por debajo del control positivo (antioxidante comercial).

VII. CONCLUSIONES

- El aceite esencial de poleo *M. mollis*, tiene la capacidad de retardar el proceso de oxidación del aceite de *P. huayllabambana*; reportando mejores resultados que el antioxidante sintético comercial BHT en algunas dosis de aplicación.
- A medida que se incrementa la dosis de aceite esencial de poleo, su efecto antioxidante se reduce; evidenciando un efecto prooxidante conforme reportan investigaciones recientes.
- Finalmente de las dosis evaluadas de aceite esencial, la más adecuada para ser empleado como antioxidante en aceite de sachainchi es 2 g/kg de aceite.

VIII. RECOMENDACIONES

En función a los resultados encontrados, se recomienda:

- Comparar el efecto antioxidante del aceite esencial de poleo con el de otros aceites esenciales y de otros antioxidantes comerciales.
- Se podría evaluar su efecto antioxidante en otros aceites y grasas de importancia comercial.
- Puesto que no se han hecho evaluaciones en el tiempo para evaluar su estabilidad antioxidante, se recomienda realizar evaluaciones temporales.
- El efecto prooxidante es poco conocido, podría deberse a la inestabilidad de algunos componentes o la reacción tardía de otros; estudiar más a profundidad este tema sería de gran relevancia para el mundo científico.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Agraria de Noticias. (29 de marzo de 2016). *AGRARIA*. Recuperado el 26 de julio de 2016, de <http://agraria.pe/noticias/sacha-inchi-de-rodriguez-de-mendoza-llega-a-japon-10668>
- Bussmann, R. W., Téllez, C., & Glenn, A. (2009). *Plukenetia huayllabambana* sp. nov. (Euphorbiaceae) from the upper Amazon of Peru. *Nordic Journal of Botany*, 27, 313-315. doi:doi: 10.1111/j.1756-1051.2009.00460.x,
- Castañeda, C. B., Ramos, L. E., & Ibáñez, V. L. (2008). Evaluación de la capacidad antioxidante de siete plantas medicinales peruanas. *Revista Horizonte Médico*, 8(1), 56-72.
- Fournet, A., Rojas de Arias, A., Charles, B., & Bruneton, J. (1996). Chemical constituents of essential oils of Mufia, Bolivian plants traditionally used as pesticides, and their insecticidal properties against Chagas' disease vectors. *Journal of Ethnopharmacology*, 52(1996), 145-149.
- Frankel, E. (1998). *Lipid oxidation* (Segunda ed.). Bridg water, UK: The Oily Press Ltd.
- García, A., Leyva, M. A., Martínez, J. R., & Stashenko, E. E. (2007). Determinación de la composición química y actividad antioxidante in vitro del aceite esencial de *Piper auritum* Kunth (piperaceae) difundida en la Costa Colombiana. *Scientia et Technica*, 1(33), 439-442. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4812535>
- Gómez, D., Martínez , B., Condado , J., Ramón, G., Quinteros, J., & Alban, J. (2007). Caracterización de Patrones de Variación Morfológica. *PESQUIMAT*, 10(2), 45-51. Obtenido de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/matema/article/view/9440/8265>
- Granados, C., Yáñez, X., & Santafé, G. G. (2012). Evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial foliar de *Calycolpus moritzianus* y *Minthostachys mollis* de Norte de Santander. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 10(1), 12-23. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90326398005>
- Guala, M. S., Elder , E. V., Perez, G., & Chiesa, A. (2009). Evaluación del poder antioxidante de fracciones de aceite esencial crudo de *Schinus molle* L. obtenidas por destilación al vacío. *Información Tecnológica*, 20(2), 83-88. doi:doi:10.1612/inf.tecnol.4024it.08

- Guillén , M. D., Ruiz, A., Cabo, N., Chirinos, R., & Pascual, G. (2003). Characterization of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil by FTIR spectroscopy and H NMR. comparison with linseed oil. *JAOCS*, 80(8), 755-762.
- Martínez, A. (1996). *Aceites esenciales*. Recuperado el 8 de agosto de 2016, de Universidad de Antioquia: <http://farmacia.udea.edu.co/~ff/esencias2001b.pdf>
- Moreno, M. J., Belén, D. R., Sánchez, M. P., & García , D. (2004). Evaluación de la actividad antioxidante de extractos de cáscara de naranja en el aceite de soja desodorizado. *Interciencia*, 29(9), 532-538. Obtenido de <http://search.proquest.com/openview/283bb36704bf354abac2b79340627aa0/1?pq-origsite=gscholar&cbl=21011>
- Paucar-menacho, L. M., Salvador-Reyes, r., Guillén-Sánchez, J., Capa-Robles, J., & Moreno-Rojo, C. (2015). Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. *Scientia Agropecuaria*, 6(4), 279-290. doi:DOI: 10.17268/sci.agropecu.2015.04.05
- Rodríguez, A., Corazón-Guivin, M., Cachique, D., Mejía, K., Del Castillo, D., Renno, J.-F., & García-Dávila, C. (2010). 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. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-99332010000300007&script=sci_arttext
- 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.) oil. *Scientia Agropecuaria*, 6(3), 155-163. doi:DOI: 10.17268/sci.agropecu.2015.03.02
- 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 sacha inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 79(1), 29-36. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v79n1/a05v79n1.pdf>
- Solis-Quispe, L., Tomaylla-Cruz, C., Callo-Choquevilca, Y., Solís-Quispe, A., Rodeiro, I., Hernández, I., . . . Pino, J. A. (2016). Chemical composition, antioxidant and antiproliferative activities of essential oil from *Schinus areira* L. and *Mintostachys spicata* (Benth.) Epl. grown in Cuzco, Peru. *Journal of Essential Oil Research*, 28(3), 234-240. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2015.1120691>
- Tafurt, G., Martínez, J. R., & Stashenko, E. E. (2005). Evaluación de la actividad antioxidante de aceites en emulsiones degradadas por radiación ultravioleta. *Revista Colombiana*

de *Química*, 34(1), 43-55. Obtenido de
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-28042005000100004

Tello, N. N. (2011). *Distribución y diversidad de las "muñas" género Minthostachys (Lamiaceae) en Huanuco, Perú*. Tesis doctoral, Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Colegio de Postgraduado. Obtenido de <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/395>

Torrenegra-Alarcón, M., Granados-Conde, C., Durán-Lengua, M., León-Méndez, G., Yáñez-Rueda, X., Martínez, C., & Pájaro-Castro, N. (2016). Composición Química y Actividad Antibacteriana del Aceite Esencial de *Minthostachys mollis*. *Orinoquia*, 20(1), 69-74. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092016000100008&lng=en&tlng=es

Van Baren, C. M., Di Leo, P., Elechosa, M., Molina, A., Juárez, M. A., Martínez, A., . . . Bandoni, A. L. (2014). New insights into the chemical biodiversity of *Minthostachys mollis* in Argentina. *Biochemical Systematics and Ecology*, 57(2014), 374-383. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.bse.2014.09.004>

Vargas-Arispuro, L., Sanz, B. I., Martínez-Tellez, M. A., & Primo-Yúfera, E. (1998). Actividad antioxidante de compuestos aislados del residuo no-volátil del aceite esencial de naranja. *Grasas y Aceites*, 49(2), 159-164. doi:[10.3989/gya.1998.v49.i2.715](http://dx.doi.org/10.3989/gya.1998.v49.i2.715)

Anexo1. Fotografías del desarrollo experimental



Figura 3. Aceite de poleo obtenido mediante destilación por arrastre de vapor



Figura 4. Aceite crudo de sachainchi obtenido por prensado en frío



Figura 5. Prensado en frío para la obtención de aceite de sachainchi



Figura 6. Evaluación de los tratamientos



Figura 7. Determinación de índice de refracción en refractómetro tipo ABE