

Artículo Original / Original Article

Efecto del aceite esencial de *Minthostachys mollis* Kunth en la estabilidad oxidativa de aceite de sachainchi (*Plukenetia hayllabambana*)

Effect of *Minthostachys mollis* Kunth essential oil on the oxidative stability of sachainchi oil (*Plukenetia hayllabambana*)

Segundo G. Chavez^{1,3*}. <https://orcid.org/0000-0002-0946-3445>

Neyser A. Gómez². <https://orcid.org/0000-0002-2743-9182>

Marilu Mestanza³. <https://orcid.org/0000-0003-2021-8798>

1. Instituto de Investigación, Innovación y Desarrollo para el sector Agrario y Agroindustrial de la región Amazonas, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Perú.

2. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Perú.

3. Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Perú.

* Dirigir correspondencia: Segundo G. Chavez

Instituto de Investigación, Innovación y Desarrollo para el sector Agrario y Agroindustrial de la región Amazonas, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Calle Higos Urco 350, Chachapoyas, Perú.

E mail: segundo.quintana@untrm.edu.pe

Este trabajo fue recibido el 31 de mayo de 2021.

Aceptado con modificaciones: 21 de diciembre de 2021.

Aceptado para ser publicado: 17 de enero de 2022.

RESUMEN

El aceite de sachainchi, es considerado un alimento de alto valor nutritivo por su elevado contenido en ácidos grasos poliinsaturados, tocoferoles y esteroides. Sin embargo, al igual que otros aceites de su categoría, es muy susceptible a la oxidación lipídica durante el almacenamiento. El objetivo fue evaluar el efecto del aceite esencial de *Minthostachys mollis* en la estabilidad oxidativa de aceite de sachainchi (*Plukenetia huayllabambana*). Se mezcló aceite esencial (AE) de *M. mollis* con 1, 2, 4, 6 y 8 g/kg de aceite de sachainchi y dos aceites controles (sin AE y con 0,02 g/kg de antioxidante comercial BHT). Todos los tratamientos fueron almacenados a T° ambiente (17 °C promedio). Se midió el índice de peróxido de los tratamientos a los 2, 5, 10 y 15 días de almacenamiento. Se encontró que dosis de 1, 2 y 4 g/kg de AE de *M. mollis* estabilizaron la oxidación lipídica del aceite de sachainchi hasta por 10 días de almacenamiento con igual efectividad que el antioxidante comercial BHT. Aunque este trabajo revela el potencial que tiene el AE de *M. mollis* como antioxidante natural en alimentos, es necesario evaluaciones con menores dosis y mayor tiempo de almacenamiento para fortalecer esta primera aproximación.

Palabras clave: Aceite Esencial; *Minthostachys mollis*; Poleo; *Plukenetia huayllabambana*; Sachainchi.

ABSTRACT

Sacha inchi oil is considered a food of high nutritional value, due to its high content of polyunsaturated fatty acids, tocopherols

and sterols. However, like other oils in its category, it is very susceptible to lipid oxidation during storage. The objective was to evaluate the effect of *Minthostachys mollis* essential oil on the oxidative stability of sachainchi oil (*Plukenetia huayllabambana*). Essential oil (EO) of *M. mollis* was applied with 1, 2, 4, 6 and 8 g/kg of sachainchi oil and two controls (without EO and with 0.02 g/kg of commercial antioxidant BHT). All treatments were stored at room temperature (17 °C average) and the peroxide value of the treatments was measured at 2, 5, 10 and 15 days of storage. It was found that doses of 1, 2 and 4 g/kg of *M. mollis* EO could stabilize lipid oxidation of sachainchi oil for up to 10 storage days with equal effectiveness to the commercial antioxidant BHT. Although this work reveals the potential of *M. mollis* EO as a natural antioxidant in food, evaluations with lower doses and longer storage times are necessary to strengthen this first approximation.

Key words: Essential Oil; *Minthostachys mollis*; Pennyroyal; *Plukenetia huayllabambana*; Sacha Inchi.

INTRODUCCIÓN

El sachainchi es una planta cultivada en la Amazonía Peruana perteneciente al género *Plukenetia* (Figura 1). El aceite obtenido de sus semillas es considerado un producto de gran potencial nutricional por su elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados, tocoferoles y esteroides¹ comparable al aceite de linaza²; además puede resistir la degradación por efecto de elevadas temperaturas durante la fritura mejor que el aceite de soja³. *Plukenetia huayllabambana* es una especie nativa de la provincia de Rodríguez de Mendoza, región Amazonas del Perú. Tiene características superiores a *P. volubilis*, especie con mayor presencia comercial, por su elevado rendimiento en aceite (54,3% frente a 49%)⁴.

Por otra parte, uno de los aspectos nutricionales más relevantes del aceite de sachainchi es su elevado contenido de ácido alfa linolénico (49%), precursor metabólico de ácidos poliinsaturados de cadena larga^{5,6} capaz de controlar la prediabetes en mujeres con problemas de obesidad⁷ y aportar otros beneficios para la salud humana^{8,9}.

Uno de los problemas que enfrenta la agroindustria en el procesamiento de oleaginosas, es la rápida oxidación de los compuestos de alto valor nutricional. La velocidad con que se produce la oxidación determina la estabilidad de los aceites ricos en ácidos grasos poliinsaturados como el

de sachainchi, presentando mayor inestabilidad y por tanto limitando su calidad y vida útil¹⁰. Para reducir la velocidad de autooxidación, se emplean técnicas de extracción especiales² y envases protectores; algunas veces incluso se adicionan antioxidantes como el butil hidroxi tolueno (BHT) o el butil hidroxi anisol (BHA), productos procedentes de la industria del petróleo; aditivos que están generando controversias en los consumidores debido a su posible efecto nocivo contra la salud^{11,12,13}. Una posible alternativa, son los antioxidantes naturales, dentro de ellos, los aceites esenciales (AE) extraídos de plantas, cuyo alto contenido en compuestos fenólicos les da la capacidad de captar radicales libres como los agentes oxidantes, por lo que pueden ser empleados como potentes antioxidantes en la industria alimentaria^{14,15,16}.

Se ha determinado que los compuestos fenólicos presentes en los AE, son los principales responsables de su actividad antioxidante, en consecuencia, un elevado contenido fenólico garantiza una elevada capacidad antioxidante¹⁴.

Investigaciones han demostrado el efecto estabilizador de los AE en alimentos propensos a oxidarse fácilmente. Vargas-Arispuro et al.¹⁷, al evaluar el efecto antioxidante de los componentes no volátiles del AE de naranja en aceite de oliva, concluyeron que la actividad antioxidante se debe a la



Figura 1: Semillas de sachainchi (*P. huayllabambana*). A: semillas con cáscara; B: semillas descascarilladas.

acción sinérgica de todos los compuestos presentes en éste. Por otro lado Tafur et al.¹⁸, encontraron que el AE de orégano presentó actividad antioxidante superior a la del cilantro y del romero, incluso a la de la vitamina E, al aplicarlos a emulsiones degradadas por radiaciones ultravioletas. También se han estudiado su efecto en ácido linoleico¹⁹, paté de hígado²⁰ y en hamburguesas²¹. Sin embargo, en algunos aceites esenciales, se ha encontrado también un efecto adverso denominado “acción prooxidante”²², observado en trabajos *in vitro*²³. Así por ejemplo, se ha demostrado que el eugenol (4-allyl-2-methoxyphenol) puede tener efecto dual (antioxidante/prooxidante) y se encuentra presente en muchos aceites esenciales²⁴.

Poleo (conocido como muña en gran parte de la región andina), es la denominación de la planta aromática perteneciente al género *Minthostachys* (Lamiaceae), que crece en estado silvestre en Amazonas²⁵. Se han identificado hasta 17 especies y la más conocida en Perú es *M. mollis*. En Amazonas, según Gómez et al.²⁵ se han identificado dos especies del género, *M. mollis* (Grisebach) y *M. tomentosa* (Benthams); son usados en alimentación, medicina y como repelente de insectos. Su rango altitudinal ha sido determinado entre los 500 y 3.500 msnm. Se han realizado estudios que han demostrado su elevado poder antioxidante, comparable al de la vitamina C²⁶.

Se han identificado hasta 58 componentes en el AE de *Minthostachys*, de los cuales los mayoritarios son pulegona, isomentona y linalol, componentes que según especie puede representar hasta el 86% de su composición^{26,27}. Sin embargo, estos componentes no siempre son los predominantes, por ejemplo para AE obtenidos en Colombia, se identificaron como principales componentes a carvacrol, germacreno-D y acetato de α -eudesmol²⁸.

Muy pocos trabajos han estudiado la estabilidad oxidativa del aceite de sachainchi con la adición de potenciales antioxidantes naturales como el aceite esencial de *M. mollis*. Por lo que el objetivo de investigación fue estudiar el efecto del aceite esencial de *M. mollis* en la estabilidad oxidativa de aceite de *P. huayllabambana*.

MATERIAL Y METODOS

Obtención del AE de poleo

Las muestras de *M. mollis* fueron recolectadas en el distrito de Huancas a 30 min de la ciudad de Chachapoyas (6°10'04.8"S - 77°52'04.3"W), se trabajó con hojas y ramas. El AE se obtuvo por arrastre de vapor siguiendo el procedimiento descrito por Martínez²⁹. Para ello se utilizó un destilador semiindustrial de acero inoxidable de 10 kg de capacidad. Se separó del agua por decantación y posteriormente el AE fue secado con Na₂SO₄ anhidro y se conservó en viales de plástico color ámbar a -10 °C.

Obtención de aceite de sachainchi

Las semillas de *P. Huayllabambana*, fueron adquiridas en la ciudad de San Nicolás, provincia de Rodríguez de Mendoza, Perú. Luego, en el Laboratorio de Ingeniería de

la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 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 Whatman n° 40. Inmediatamente después, se determinó el índice de refracción en un refractómetro tipo ABBE (2WAJ, Alemania).

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% y 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 fórmula:

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

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 pesó un picnómetro de 5 ml en una balanza analítica de precisión (VWR-503B2, Leuven, Alemania), se llenó el picnómetro con agua destilada y se pesó. Posteriormente 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).

Procedimiento experimental

Se trabajó bajo un diseño unifactorial, donde el único factor 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 blanco (sin aceite esencial) y otro con antioxidante comercial sintético butil-hidroxi-tolueno BHT (0,02 g/kg, según la dosis comercial recomendada). Todos los tratamientos se ejecutaron por triplicado.

En tubos de ensayo de 10 ml se agregó 5 ml de aceite filtrado de sachainchi, luego se procedió a agregar los antioxidantes según tratamiento. Posteriormente se agitó vigorosamente para garantizar una buena mezcla aceite-

AE. Se dejó a T° ambiente (temperatura media de 17°C) durante 15 días de evaluación.

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 et al.¹⁷), a las 48 horas, 5, 10 y 15 días.

La cantidad de peróxidos fue determinado utilizando el método 34048 de la AOAC sección grasa y aceites³⁰; para ello, 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 se 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 0,1 N hasta que la coloración azul desapareció, se midió el gasto y se llevó una prueba en blanco, para los cálculos. La fórmula empleada para determinar el índice de peróxido IP fue la siguiente:

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

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

Para determinar el efecto, se realizó análisis de varianzas y prueba de comparaciones múltiples de Tukey con significancia de $p < 0,05$. Se presentan gráficos de comparación y tendencia que permiten analizar y discutir el efecto de la variable independiente sobre la dependiente.

RESULTADOS

Aceite de sachainchi

El aceite de sachainchi obtenido tuvo una coloración amarilla clara y sus características físicas se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Análisis físico del aceite crudo de sachainchi extraído por prensado en frío para la investigación (n= 3).

Parámetro	Valor promedio
Índice de refracción	1,48 ± 0,000
Índice de acidez	0,898 ± 0,024
Densidad relativa	0,930 ± 0,015
Acidez titulable	0,449 ± 0,012

Efecto antioxidante de aceite esencial de *M. mollis* en aceite de sachainchi

De forma general, con dosis de hasta 4 g de AE por cada kg de aceite de sachainchi, se obtuvieron resultados comparables al antioxidante comercial BHT en dosis normalmente empleadas (0,02%). El aceite sin tratamiento, durante el tiempo de evaluación (15 días) se oxidó en el mismo grado que el aceite con 6 g de AE, siendo junto al tratamiento de mayor dosis (8 g) los que presentaron los mayores índices de peróxido (Figura 2). Se observa que a medida que se incrementa la dosis de AE, el índice de peróxido del aceite de sachainchi fue mayor, evidenciando un efecto prooxidante.

En cuanto a la oxidación del aceite de sachainchi sin AE, durante el almacenamiento (15 días), en la figura 3, se puede observar una tendencia creciente exponencial regular. Hay diferencia estadística significativa ($p < 0,01$) entre los días de almacenamiento en condiciones ambientales de Chachapoyas, Perú.

Por otro lado, la figura 4 muestra los valores de índice de peróxido de cada uno de los tratamientos y el tiempo de almacenamiento. Como era de esperar, el índice de peróxido en todos los tratamientos incluyendo los testigos (BHT y sin AE) se incrementaron con el tiempo, pero a distinta velocidad; así tenemos que a los dos días las dosis menores (1, 2, y 4 g/Kg aceite) fueron más efectivas incluso que el antioxidante comercial BHT. Hasta el quinto día de almacenamiento, todos los tratamientos evitaron la oxidación con mayor o igual efectividad que el BHT, para el que se observó resultados similares al aceite sin tratamiento.

A partir del décimo día de almacenamiento, se observa el efecto prooxidante de las dosis más altas (6 y 8 g/Kg aceite), sin embargo, cuando se incrementó el tiempo (15 días) la velocidad de oxidación se redujo por debajo de la muestra testigo sin adición de AE.

Aunque a corto tiempo de almacenamiento (<10 días) hubo tratamientos (1, 2 y 4 g/Kg aceite) con mayor efectividad que el antioxidante BHT, en mayor tiempo de almacenamiento, éste estabilizó mejor la oxidación lipídica del aceite (Figura 4).

DISCUSIÓN

El aceite de sachainchi utilizado para esta investigación fue un aceite de calidad conforme los estándares referenciados, puesto que el índice de refracción (1,480), índice de acidez (0,890 %) y densidad relativa (0,929) se encuentran dentro de los rangos estipulados por la NTP 151.400, para aceite extra vírgenes con índice de refracción: <1,475 – 1,481>; densidad relativa <0,926 – 0,931> y un máximo de 1% de acidez medido como % de ácido oleico respectivamente³¹.

Hasta los cinco días de almacenamiento, se observa un incremento del índice de peróxido a medida que se incrementa la dosis de AE, incluso con valores superiores a la muestra sin antioxidante. Este fenómeno ha sido observado por otros investigadores y son denominados efectos prooxidantes¹⁸; de ahí la importancia de estudiar

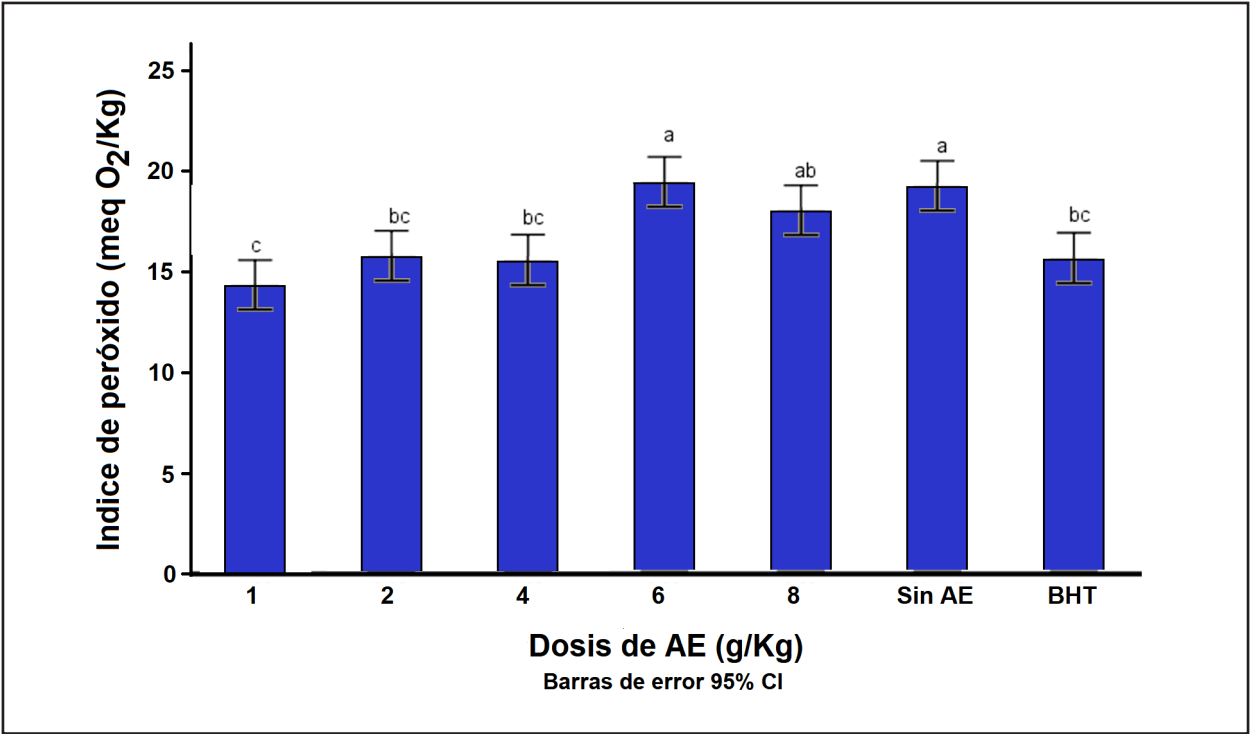


Figura 2: Efecto del aceite esencial de *M. mollis* en la estabilidad oxidativa de aceite de *P. huayllabambana* durante 15 días de almacenamiento. Letras diferentes indican grupos estadísticamente diferentes ($p<0,05$), $n= 3$.

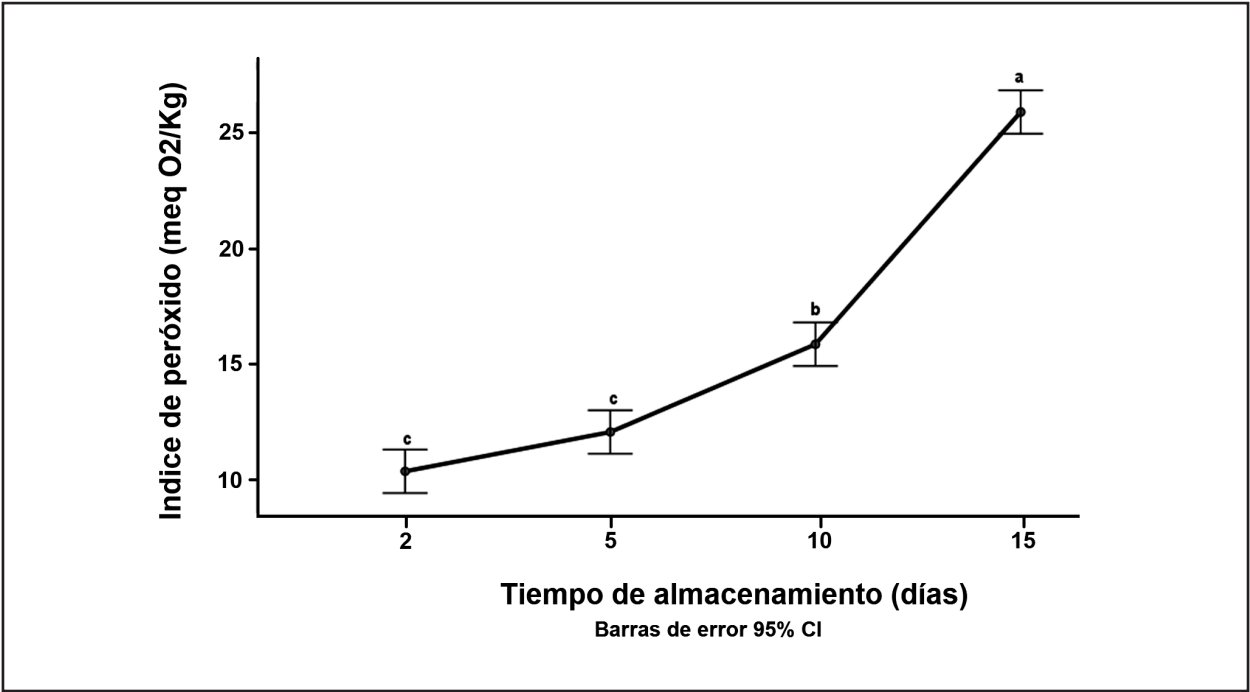


Figura 3: Evolución de la oxidación lipídica promedio del aceite de *P. huayllabambana* (sin AE) durante 15 días de almacenamiento. Letras diferentes indican grupos estadísticamente diferentes ($p<0,05$), $n= 3$.

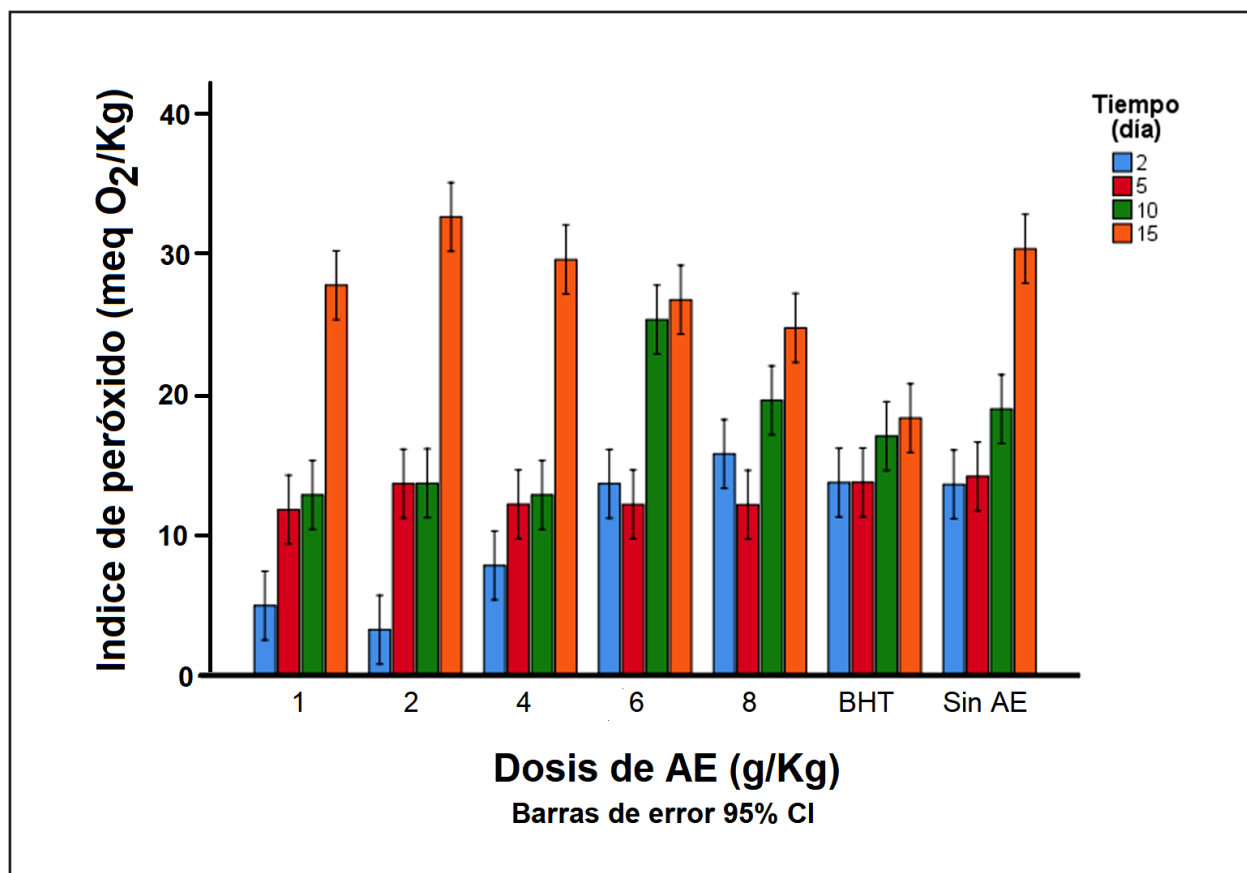


Figura 4: Estabilidad oxidativa de aceite de *P. huayllabambana* por tratamientos, evaluados hasta los 15 días (n= 3).

las dosis adecuadas y la aplicación combinada con otros antioxidantes, tal como se ha demostrado entre el BHT y ácido sórbico³². Otros estudios evaluaron menores dosis de aceite esencial, teniendo en cuenta el efecto prooxidante encontrado, además de verificar la actividad antimicrobiana en otros alimentos, tal como se ha evidenciado para otros AE³³. Es de suma importancia determinar dosis adecuadas de uso de extractos como los AE, puesto que en concentraciones elevadas pueden producir toxicidad en el organismo, conforme se ha demostrado para el AE de *M. mollis* en ratas³⁴, sin embargo, su toxicidad depende en gran medida de su composición y ésta del lugar donde crece la planta^{35,36}.

El hecho de que el AE de *M. mollis* tenga efecto positivo en la estabilidad oxidativa de aceite, sugiere que puede ser considerado como aditivo en la preparación de alimentos que requieran tratamientos térmicos (frituras por ejemplo), tal como se ha demostrado para el aceite esencial de menta sobre aceite de girasol³⁷ y para timol en emulsiones de aceite de linaza³⁸. Por otro lado, podría ser empleado en la conservación de alimentos susceptibles al

deterioro por oxidación en el tiempo como los productos que contienen huevo³⁹. Por lo tanto, queda demostrado el uso potencial del AE de *M. mollis* como aditivo alimentario que puede prevenir la oxidación lipídica y dada su naturaleza aromática, también podría potenciar la aceptación sensorial de alimentos ricos en grasas, tal como se ha demostrado para AEs de otras fuentes^{39,40}.

Este trabajo amplía el conocimiento sobre la aplicación de AE de *M. mollis* en la prevención de oxidación lipídica de aceites. Dosis menores (0,02%) han sido necesarias para estabilizar aceite de girasol en condiciones aceleradas⁴¹. En esta investigación se trabajó con aceite de sachainchi, con elevada propensión a la oxidación¹⁰ y en condiciones de almacenamiento natural (temperatura y humedad ambientales).

CONCLUSIONES

El aceite esencial de poleo *M. mollis*, tiene la capacidad de retardar el proceso de oxidación del aceite de *P. huayllabambana* durante cinco días de almacenamiento a temperatura ambiente con mejores resultados que el BHT (0,02%).

Se evidencia un efecto prooxidante del aceite de *M. mollis* a partir de una dosis de 6 g/Kg de aceite de sachainchi.

Dosis de 1, 2 y 4 g/Kg de aceite esencial de *M. mollis* pueden estabilizar la oxidación lipídica del aceite de sachainchi hasta por 10 días con igual efectividad que el antioxidante comercial BHT.

Es necesario realizar evaluaciones con menores dosis y mayor tiempo de almacenamiento para fortalecer esta primera aproximación sobre el efecto estabilizante del aceite esencial de *M. mollis* en la oxidación lipídica de *P. huayllabambana*.

Financiamiento. Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de agencias de financiamiento de los sectores público, comercial o sin fines de lucro.

REFERENCIAS

- Ramos-Escudero F, Morales MT, Ramos M, Muñoz AM, Cancino K, Asuero AG. Assessment of phenolic and volatile compounds of commercial Sacha inchi oils and sensory evaluation. *Food Res Int.* 2021; 140: 110022.
- Minh N, Trang H, Trang T, Bach L. Effect of different drying methods on antioxidant of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) nut. *Res Crop.* 2019; 20: 180-186.
- Rodríguez G, Squeo G, Estivi L, Quezada S, Buleje D, Caponio F, et al. Changes in stability, tocopherols, fatty acids and antioxidant capacity of sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) oil during french fries deep-frying. *Food Chem.* 2021; 340: 127942.
- Ruiz C, Díaz C, Anaya J, Rojas R. Approximate analysis, antinutrients, fatty acids and amino acids profiles of seeds and cakes from 2 species of sacha inchi: *Plukenetia volubilis* and *Plukenetia huayllabambana*. *Rev Soc Quim Perú.* 2013; 79: 29-36.
- Rincón-Cervera MÁ, Valenzuela R, Hernandez-Rodas MC, Barrera C, Espinosa A, Marambio M, et al. Vegetable oils rich in alpha linolenic acid increment hepatic n-3 LCPUFA, modulating the fatty acid metabolism and antioxidant response in rats. *Prostaglandins Leukot Essent Fat Acids.* 2016; 111: 25-35.
- Morales JP, Valenzuela RB, González DM, González ME, Tapia GO, Sanhueza C, et al. New dietary sources of alpha-linolenic acid: A critical view. *Rev Chil Nutr.* 2012; 39: 79-87.
- Weta IW, Sutirayasa IWP, Subawa AANSN, Malik SG. Supplementation 2000mg and 1000mg of linoleic acid and alfa linolenic acid delayed pre diabetic state in Balinese young obese women: A Randomised Clinical Trial. *Bali Med J.* 2017; 6: 55.
- Manda D, Giurcaneanu M, Ionescu L, Criste R, Panaite T, Popa O, et al. Lipid profile after alpha-linolenic acid (ALA) enriched eggs diet: A study on healthy volunteers. *Arch Zootech.* 2008; 11: 35-41.
- Alayón AN, Echeverri J. I. Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* linneo): A wasted ancestral experience? Clinical evidence related to its consumption. *Rev Chil Nutr.* 2016; 43: 167-171.
- Rodríguez G, Villanueva E, Glorio P, Baquerizo M. Oxidative stability and estimate of the shelf life of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. *Sci Agropecu.* 2015; 6: 155-163.
- Felter SP, Zhang X, Thompson C. Butylated hydroxyanisole: Carcinogenic food additive to be avoided or harmless antioxidant important to protect food supply? *Regul Toxicol Pharmacol.* 2021; 121: 104887.
- Alebic I, Richter RC. Evaluation of chewing gum and cereal products as a potential source of butylated hydroxytoluene (BHT) toxicity in Children. *J Undergrad Chem Res.* 2021; 20: 27-29.
- Liu R, Mabury SA. Synthetic phenolic antioxidants: A review of environmental occurrence, fate, human exposure, and toxicity. *Environ Sci Technol.* 2020; 54: 11706-11719.
- García A, Leyva M, Martínez J, Stashenko E. Determination of the chemical composition and antioxidant activity in vitro of the essential oil of *Piper auritum* Kunth (Piperaceae) widespread in the Colombian coast. *Sci Tech.* 2007; 1: 439-442.
- Wrona M, Silva F, Salafraña J, Nerín C, Alfonso MJ, Caballero MÁ. Design of new natural antioxidant active packaging: Screening flowsheet from pure essential oils and vegetable oils to ex vivo testing in meat samples. *Food Control.* 2021; 120: 107536.
- Khodaei N, Nguyen MM, Mdimagh A, Bayen S, Karboune S. Compositional diversity and antioxidant properties of essential oils: Predictive models. *LWT.* 2021; 138: 110684.
- Vargas-Arispuro I, Sanz BI, Martínez-Téllez MA, Primo-Yúfera E. Actividad antioxidante de compuestos aislados del residuo no-volátil del aceite esencial de naranja. *Grasas Aceites.* 1998; 49: 159-164.
- Tafurt G, Martínez J, Stashenko E. Evaluation of antioxidant activity of essential oils in emulsions degraded by ultraviolet radiation. *Rev Colomb Quim.* 2005; 34: 43-55.
- Farag RS, Badei AZMA, Hewedi FM, El-Baroty GSA. Antioxidant activity of some spice essential oils on linoleic acid oxidation in aqueous media. *J Am Oil Chem Soc.* 1989; 66: 792-799.
- Estévez M, Ramírez R, Ventanas S, Cava R. Sage and rosemary essential oils versus BHT for the inhibition of lipid oxidative reactions in liver pâté. *LWT - Food Sci Technol.* 2007; 40: 58-65.
- Estévez M, Cava R. Effectiveness of rosemary essential oil as an inhibitor of lipid and protein oxidation: Contradictory effects in different types of frankfurters. *Meat Sci.* 2006; 72: 348-355.
- Lesovskaya MI, Shaporova ZE. Adaptogenic effects of essential oils: Prognosis in vitro and results in vivo. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci.* 2019; 315: 042001.
- Lesovskaya MI, Shaporova ZE. Regulatory effect of essential oils on the production of primary and secondary biogenic free radicals in vitro. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci.* 2019; 315: 022001.
- Bezerra DP, Militão GC, De Moraes MC, De Sousa DP. The dual antioxidant/prooxidant effect of eugenol and its action in cancer development and treatment. *Nutrients.* 2017; 9: 1-15.
- Gómez D, Martínez B, Condado JÍ, Ramón GN, Quinteros JM, Albán JA. Characterization of patterns of morphological variation in *Mythostachys* using multivariate statistical methods. *Pesquimat.* 2014; 10: 45-51.
- Solis-Quispe L, Tomaylla-Cruz C, Callo-Choquelvica Y, Solís-Quispe A, Rodeiro I, Hernández I, et al. Chemical composition, antioxidant and antiproliferative activities of essential oil from *Schinus areira* L. and *Minthostachys spicata* (Benth.) Epl. grown in Cuzco, Peru. *J Essent Oil Res.* 2016; 28: 234-240.
- Van Baren CM, Di Leo P, Elechosa MA, Molina AM, Juárez MA, Martínez A, et al. New insights into the chemical biodiversity of *Minthostachys mollis* in Argentina. *Biochem Syst Ecol.* 2014; 57: 374-383.

28. Torrenegra-Alarcón M, Granados-Conde C, Durán-Lengua M, León-Méndez G, Yáñez-Rueda X, Martínez C, et al. The chemical composition and antibacterial activity of essential oil from *Minthostachys mollis*. *Orinoquia*. 2016; 20: 69-74.
29. Martínez A. Essential oils. División de Publicaciones UIS, Medellín, 2003.
30. AOAC. Official methods of analysis: oils and fat. Washington, D.C., The Association, 1980.
31. Paucar-Menacho LM, Salvador-Reyes R, Guillén-Sánchez J, Capa-Robles J, Moreno-Rojo C. Comparative study of physical-chemical features of sachu inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.), olive oil (*Olea europaea*) and fish oil. *Sci Agropecu*. 2015; 6: 279-290.
32. Fasihnia SH, Peighambardoust SH, Peighambardoust SJ, Oromiehie A, Soltanzadeh M, Pateiro M, et al. Properties and application of multifunctional composite polypropylene-based Films incorporating a combination of BHT, BHA and sorbic acid in extending donut shelf-life. *Molecules*. 2020; 25: 1-17.
33. Cordova C, Guillén J, Tuesta T. Solvent free microwave extraction of orange essential oil (*Citrus sinensis*), and the effect of the process conditions in its yield, composition and antimicrobial activity. *Rev Chil Nutr*. 2020; 47: 765-771.
34. Rojas-Armas JP, Arroyo-Acevedo JL, Ortiz-Sánchez JM, Palomino-Pacheco M, Justil-Guerrero HJ, Herrera-Calderón O, et al. Corrigendum to Potential toxicity of the essential oil from *Minthostachys mollis*: A medicinal plant commonly used in the traditional andean medicine in Peru. *J Toxicol*. 2020; 2020: 2103456
35. Benites J, Guerrero-Castilla A, Salas F, Martinez JL, Jara-Aguilar R, Venegas-Casanova EA, et al. Chemical composition, in vitro cytotoxic and antioxidant activities of the essential oil of peruvian *Minthostachys mollis* Griseb. *Bol Latinoam Caribe Plantas Med Aromat*. 2018; 17: 566-574.
36. Castro-Alayo EM, Chávez-Quintana SG, Auquiñivín-Silva EA, Fernández-Jeri AB, Acha-De la Cruz O, Rodríguez-Hamamura N, et al. Essential oils of native plants from Peru: Effect of the place of cultivation on the physicochemical characteristics and antioxidant activity. *Sci Agropecu*. 2019; 10: 479-487.
37. Wang D, Chen X, Wang Q, Meng Y, Wang D, Wang X. Influence of the essential oil of *Mentha spicata* cv. Henanshixiang on sunflower oil during the deep-frying of Chinese Maye. *LWT*. 2020; 122: 109020.
38. Nasrabadi M, Sedaghat Doost A, Goli SA, Van der Meeren P. Effect of thymol and pickering stabilization on in vitro digestion fate and oxidation stability of plant-derived flaxseed oil emulsions. *Food Chem*. 2020; 311: 125872.
39. Aboudaou M, Ferhat MA, Hazzit M, Ariño A, Djenane D. Solvent free-microwave green extraction of essential oil from orange peel (*Citrus sinensis* L.): Effects on shelf life of flavored liquid whole eggs during storage under commercial retail conditions. *J Food Meas Charact*. 2019; 13: 3162-3172.
40. Khajavi H, Ahmadi A. The effect of essential oil of thyme (*Zataria multiflora* boiss) on the sensory properties and oxidative stability of mayonnaise. *J Food Technol Nutr*. 2021; 18: 49-60.
41. Olmedo R, Ribotta P, Grosso NR. Antioxidant activity of essential oils extracted from *Aloysia triphylla* and *Minthostachys mollis* that improve the oxidative stability of sunflower oil under accelerated storage conditions. *Eur J Lipid Sci Technol*. 2018; 120: 1700374.