



Estabilidad del aceite de *Plukenetia volubilis* L (sacha inchi) en base al perfil de ácidos grasos y características físico químicas

Stability of *Plukenetia volubilis* L (sacha inchi) oil based on fatty acid profile and physicochemical characteristics

José Aranda-Ventura¹, Jorge Villacrés-Vallejo¹

¹ Instituto de Medicina Tradicional, Seguro Social de Salud. Iquitos, Perú

RESUMEN

Introducción. La estabilidad oxidativa del aceite de *Plukenetia volubilis* L, con aplicaciones médicas y nutricionales, es crucial de estudiar. **Objetivo.** Determinar la estabilidad oxidativa del aceite de *Plukenetia volubilis* L durante doce meses de almacenamiento. **Materiales y métodos.** Diecisiete botellas con aceite de *Plukenetia volubilis* L del mismo Lote se almacenaron durante 12 meses en un Laboratorio, a temperatura ambiente de 27°C y 56% de humedad constante. Se evaluaron las características organolépticas, perfil de ácidos grasos y características físico químicas; a un inicio y a los 6 y 12 meses de almacenamiento. Los ácidos grasos se cuantificaron por análisis por cromatografía de gas de metil ester de ácidos grasos (Método ISO 5508), el índice de acidez por el Método NTP 209.005, y el índice de peróxido por el Método NTP 209.006. **Resultados.** Los valores iniciales, a los 6 y 12 meses para cada parámetro fueron: ácido oleico (9,9%, 9,9%, 10,4%), ácido linoleico (34,4%, 34,3%, 34,9%), ácido α -linolénico (47,6%, 47,8%, 46,3%), total de ácidos saturados (7,6%, 7,5%, 7,9%), total de ácidos monoinsaturados (10,3% para todos), total de ácidos poliinsaturados (82,0%, 82,1%, 81,2%), índice de acidez (0,67, 0,68, 0,80 g/100 g) y índice de peróxido (0,46, 5,25, 4,52 meq/kg). No hubo diferencias significativas de la comparación de los indicadores. Tampoco hubo diferencias en las características organolépticas, como color amarillo claro, limpio brillante, exento de olores y sabores extraños o rancios. **Conclusiones.** El aceite de *Plukenetia volubilis* L, mantiene su estabilidad oxidativa a los 6 meses y 12 meses de almacenamiento, es decir no ha mostrado indicios cualitativos ni cuantitativos de oxidación.

Palabras clave: Ácidos Grasos; *Plukenetia volubilis*; Grasas Insaturadas (Fuente: DeCS BIREME)

ABSTRACT

Introduction. The oxidative stability of *Plukenetia volubilis* L oil, with potential medical and nutritional applications, is crucial to study. **Objective.** To determine the oxidative stability of *Plukenetia volubilis* L L. oil over twelve months of storage. **Materials and Methods.** Seventeen bottles of *Plukenetia volubilis* L oil from the same batch were stored for 12 months in a laboratory, at an ambient temperature of 27°C and constant 56% humidity. The organoleptic characteristics, fatty acid profile, and physicochemical characteristics were evaluated; at the beginning and after 6 and 12 months of storage. Fatty acids were quantified by gas chromatography analysis of fatty acid methyl esters (ISO 5508 method), acidity index by NTP 209.005 method, and peroxide index by NTP 209.006 method. **Results.** Initial values, at 6 and 12 months for each parameter were: oleic acid (9.9%, 9.9%, 10.4%), linoleic acid (34.4%, 34.3%, 34.9%), α -linolenic acid (47.6%, 47.8%, 46.3%), total saturated acids (7.6%, 7.5%, 7.9%), total monounsaturated acids (10.3% for all), total polyunsaturated acids (82.0%, 82.1%, 81.2%), acidity index (0.67, 0.68, 0.80 g/100 g) and peroxide index (0.46, 5.25, 4.52 meq/kg). There were no significant differences in the comparison of the indicators. There were also no differences in organoleptic characteristics, such as light-yellow color, clean bright, free of strange or rancid odors and flavors. **Conclusions.** *Plukenetia volubilis* L oil maintains its oxidative stability at 6 months and 12 months of storage, that is, it has not shown qualitative or quantitative signs of oxidation.

Keywords: Fatty Acids; *Plukenetia volubilis*; Fats, Unsaturated (Source: MeSH NLM)

Información del artículo

Fecha de recibido
10 de febrero del 2023

Fecha de aprobado
17 de marzo del 2023

Correspondencia
José Aranda-Ventura
jarandaventura@gmail.com

Conflictos de interés
Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Contribuciones de autoría
JAV y JVV participaron en la conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, recursos, software y redacción

Financiamiento
Autofinanciado

Citar como: José Aranda-Ventura, Jorge Villacrés-Vallejo. Estabilidad del aceite de *Plukenetia volubilis* (sacha inchi) en base al perfil de ácidos grasos y características físico químicas. Rev Peru Med Integrativa. 2023; 8(1):3-10.

INTRODUCCIÓN

En la última década, la investigación en torno a las grasas y aceites comestibles ha experimentado un notable auge, motivado por su potencial en la promoción de la salud. Entre los componentes de estos aceites, se encuentran los ácidos grasos monoinsaturados (MUFAs), los ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs), compuestos fenólicos y vitaminas, que pueden prevenir enfermedades crónicas gracias a sus propiedades antiinflamatorias, antioxidantes, neuroprotectoras e inmunomoduladoras⁽¹⁾.

Los aceites vegetales ricos en PUFAs, y particularmente aquellos con una alta proporción de ácido graso α -linolénico (omega 3) como los aceites de chía, linaza y de sacha inchi, han demostrado tener múltiples beneficios para la salud.⁽²⁾ La especie *Plukenetia volubilis* L (sacha inchi), un cultivo autóctono de la Amazonía Peruana, posee un gran potencial para la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica debido a su balance óptimo de omega 6/omega 3 de aproximadamente 1:1.⁽³⁻⁶⁾ Esta proporción es relevante ya que se considera ideal para la nutrición y salud humana.⁽⁷⁾ Sin embargo, su alto contenido de PUFAs puede comprometer su estabilidad oxidativa.

La oxidación de los PUFAs en los aceites comestibles constituye la principal reacción que conduce a la degradación de los lípidos, generando compuestos indeseables que alteran el sabor y el olor, disminuyen su valor nutricional y afectan las concentraciones de sus compuestos bioactivos, lo cual puede provocar problemas de seguridad alimentaria.⁽⁸⁾ Por ello, es fundamental evaluar la estabilidad oxidativa de los aceites comestibles, especialmente aquellos con alto contenido de PUFAs, mediante métodos como el índice de acidez, índice de peróxidos, p-anisidina e índice de estabilidad oxidativa (OSI) por Rancimat.⁽⁹⁾

El objetivo del presente estudio es evaluar la estabilidad oxidativa del aceite de *Plukenetia volubilis* L, cuantificando los principales principios activos de este aceite (Omega 3, 6 y 9) y a través de los índices de acidez y de peróxidos, durante un periodo de almacenamiento de 12 meses a temperatura ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y área de estudio

El diseño de este estudio es observacional longitudinal, donde se evalúa la estabilidad oxidativa del aceite de *Plukenetia volubilis* L. a lo largo de 12 meses. El estudio fue realizado en la ciudad de Iquitos, departamento de Loreto, ubicada en la Amazonía Peruana.

Población y muestra

Materia vegetal

El objeto de estudio, la especie *Plukenetia volubilis* L, junto con sus semillas, fueron recolectadas en la comunidad de Padre Cocha, ubicada en la provincia de Maynas, Loreto-Perú. La recolección de semillas maduras se llevó a cabo en febrero.

Certificación de la especie vegetal

Se elaboró una exsicata que fue entregada al Herbarium Amazonense-AMAZ, de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), ubicada en Iquitos-Perú; para su certificación taxonómica. La especie fue identificada como *Plukenetia volubilis* L., perteneciente a la familia Euphorbiaceae. Su número de registro en el herbario es 0036532.

Variables e instrumentos

Las variables de interés en este estudio son la cantidad de los principales principios activos en el aceite de *Plukenetia volubilis* L. (Omega 3, 6 y 9), los índices de acidez y de peróxidos y la estabilidad oxidativa del aceite durante el almacenamiento de 12 meses a temperatura ambiente.

Procedimientos

Extracción del aceite

Los frutos capsulares maduros fueron secados al aire libre, protegidos de la luz solar directa. Posteriormente, se extrajeron las semillas y se secaron para extraer los cotiledones. Se trituraron y prensaron en frío 10 kg de estos cotiledones para obtener el aceite. Tras un proceso de filtrado en tres etapas, se obtuvo un total de 4 347 ml de aceite. Este fue almacenado en 17 botellas de vidrio de color ámbar con capacidad para 250 ml cada una. Las botellas se almacenaron en el Laboratorio del Departamento de Farmacognosia del IMET, EsSalud, a una temperatura ambiente de 27°C y 56% de humedad. Este proceso se llevó a cabo en la empresa Negocios Agroindustriales Loreto S.A.C., bajo la supervisión del Departamento de Farmacognosia del IMET. Las 17 botellas conforman el Lote 010-2011-IMET. Este producto posee un Registro de Propiedad Industrial en INDECOPI (Certificado renovado N° 154013) con la denominación Nutraceite Omega 3 de IMET®.

Análisis organoléptico, características físico químicas y composición química

Una muestra (1 botella) del Lote 010-2011-IMET de botellas con aceite de *Plukenetia volubilis* L de la marca Nutraceite Omega 3 de IMET® fue evaluada organolépticamente en el Departamento de Farmacognosia del IMET, EsSalud, Iquitos. Dos botellas adicionales del mismo lote fueron enviadas al Laboratorio de SGS del Perú, en Lima, para evaluar el perfil de ácidos grasos mediante el Método ISO 5508:1990. Otras dos botellas se enviaron al Laboratorio de la Sociedad de Asesoramiento Técnico-S.A.C., también en Lima, para evaluar las características físico químicas, así como la presencia de contaminantes, como los metales pesados.

Evaluación de la estabilidad del aceite

Las 17 botellas del producto Nutraceite Omega 3 de IMET® del Lote 010-2011-IMET se almacenaron durante 12 meses en el Laboratorio de Farmacognosia del IMET, EsSalud, a una temperatura ambiente de 27°C y una humedad constante del 56%, monitoreadas con el dispositivo Temporizador BOECO®, Germany. Para establecer los valores basales, se evaluaron las muestras de 1 botella en el Departamento de Farmacognosia

del IMET, EsSalud, otras 2 botellas en el Laboratorio de SGS del Perú, Lima, Perú, y 2 botellas adicionales en el Laboratorio de la Sociedad de Asesoramiento Técnico-S.A.C., Lima, Perú, para determinar los parámetros previamente mencionados. Este mismo procedimiento se repitió a los 6 y 12 meses.

Análisis estadístico

Se compararon los valores de los compuestos bioactivos y de las características físico químicas de cada momento de evaluación usando la prueba de ANOVA.

Aspectos éticos

Se recolectaron semillas de *Plukenetia volubilis* L. de forma sostenible y con permisos adecuados, para minimizar el impacto ambiental. Se respetaron las leyes de propiedad intelectual y se manejaron correctamente los residuos del proceso de extracción y análisis para evitar daños ambientales. Se siguieron rigurosamente las pautas de seguridad en el laboratorio. La transparencia y la responsabilidad se mantuvieron como principios centrales, garantizando una documentación completa de procedimientos y resultados para mantener la integridad del estudio y la responsabilidad ante la comunidad científica y la sociedad.

RESULTADOS

Los cotiledones de las semillas de *Plukenetia volubilis* L utilizadas en el presente estudio tuvieron un rendimiento del 40% de aceite. Este aceite con la marca *Nutraceute Omega 3* de IMET®, según la evaluación inicial (basal), presenta las siguientes características organolépticas: color amarillo claro, aspecto limpio brillante, olor exento de olores extraños o rancios y sabor exento de sabores extraños o rancios. Los valores de metales pesados para el Arsénico son menores a 0,05 mg/Kg y para el Plomo son menores a 0,1 mg/Kg. Los valores basales de los ácidos grasos fueron: ácido oleico 9,9%, ácido linoleico 34,4%, ácido α -linolénico 47,6%, total de ácidos saturados 7,6%, total de ácidos monoinsaturados 10,3% y un total de ácidos poliinsaturados 82,0%. Los valores basales de las características físico químicas fueron el índice de acidez 0,67 g/100 g e índice de peróxido de 0,46 meq/Kg.

Con respecto a las características organolépticas, a los 6 y 12 meses de almacenamiento, el color fue amarillo claro, el aspecto fue limpio brillante, el olor fue exento de olores extraños o rancios, y el sabor fue exento de sabores extraños o rancios.

En cuanto a los ácidos grasos, a los 6 meses de almacenamiento, los valores fueron: ácido oleico 9,9%, ácido linoleico 34,3%, ácido α -linolénico 47,8%, total de ácidos saturados 7,5%, total de ácidos monoinsaturados 10,3%, total de ácidos poliinsaturados 82,1%. A los 12 meses de almacenamiento se reportó: ácido oleico 10,4%, ácido linoleico 34,9%, ácido α -linolénico 46,3%, total de ácidos saturados 7,9%, total de ácidos monoinsaturados 10,8%, total de ácidos poliinsaturados 81,2%. Con referencia a las características físico químicas, a los 6 meses de almacenamiento el índice de acidez y el índice de peróxido fueron 0,68 g/100 g y 5,25 meq/Kg, respectivamente; y a los 12 meses, el índice de acidez e índice de peróxido fueron 0,80 g/100 g y 4,52 meq/Kg, respectivamente (Tabla 1). Los valores de compuestos

bioactivos y características físico químicas evaluadas no tuvieron diferencias significativas según la prueba de ANOVA.

DISCUSIÓN

El aceite de *Plukenetia volubilis* L o Sacha Inchi es objeto de un control minucioso durante todo el proceso de producción, desde la siembra hasta el producto final, cumpliendo rigurosamente con los criterios de trazabilidad. Tal como respalda Aranda-Ventura (2023), los análisis confirman que el contenido de arsénico y plomo no supera el límite máximo permitido de 0,1 mg/kg, conforme a la Norma Técnica Peruana NTP 151.400:2021 para este tipo de aceite.⁽¹⁰⁾ Además, se demostró que las características organolépticas cumplen con los requisitos sensoriales estipulados en la misma normativa y se mantienen estables a lo largo del tiempo, incluso al sexto y duodécimo mes de almacenamiento.

Tabla 1. Cuantificación de ácidos grasos, características organolépticas y físico químicas del aceite de *Plukenetia volubilis* L., durante 12 meses de almacenamiento

Parámetros	Tiempo de monitoreo		
	Basal	6 meses	12 meses
Características organolépticas			
Color	Amarillo claro	Amarillo claro	Amarillo claro
Aspecto	Limpio brillante	Limpio brillante	Limpio brillante
Olor	Exento de olores extraños o rancios	Exento de olores extraños o rancios	Exento de olores extraños o rancios
Sabor	Exento de sabores extraños o rancios	Exento de sabores extraños o rancios	Exento de sabores extraños o rancios
Compuestos bioactivos			
Ácido graso oleico (Omega 9) %	9,9	9,9	10,4
Ácido graso linoleico (Omega 6) %	34,4	34,3	34,9
Ácido graso α -linolénico (Omega 3) %	47,6	47,8	46,3
Total, ácidos grasos saturados (%)	7,6	7,5	7,9
Total, ácidos grasos monoinsaturados (%)	10,3	10,3	10,8
Total, ácidos grasos poliinsaturados (%)	82,0	82,1	81,2
Características físico químicas			
Índice de acidez (g/100 g)	0,67	0,68	0,80
Índice de peróxido (meq/kg)	0,46	5,25	4,52

El perfil de ácidos grasos del aceite cumple con los estándares nutricionales definidos por la NTP 151.400:2021⁽¹⁰⁾ y se halla en línea con los estudios de composición del aceite de *Plukenetia volubilis* L de diversas regiones, según una revisión reciente⁽²⁾ A lo largo de un año, las concentraciones de ácidos oleico, linoleico, α -linolénico, los ácidos saturados totales, monoinsaturados y poliinsaturados, no mostraron diferencias significativas. Solo se apreció un incremento leve en los ácidos saturados totales y una disminución mínima en el ácido α -linolénico y los ácidos poliinsaturados totales al duodécimo mes, probablemente debido a la degradación de los ácidos poliinsaturados que conlleva un aumento de los ácidos saturados.⁽¹¹⁾

En cuanto al índice de acidez, no se evidenció una diferencia significativa en sus valores entre el inicio y el sexto mes de almacenamiento. Sin embargo, sí hubo una diferencia significativa entre el inicio y el duodécimo mes de almacenamiento. Aunque el índice de acidez es mayor en este último mes, no excede el valor máximo permitido de 2, según la NTP 151.400:2021.⁽¹⁰⁾ Esto significa que el aceite de *Plukenetia volubilis* L estudiado cumple con este requisito fisicoquímico. Se observó un aumento significativo del índice de peróxidos entre el inicio y el sexto mes de almacenamiento, y la misma tendencia se observó entre el inicio y el duodécimo mes de almacenamiento. Aunque se evidenció un aumento progresivo de este índice, su valor no excede el límite máximo establecido (> 10) en la NTP 151.400:2021,⁽¹⁰⁾ cumpliendo así con este requisito.

El aceite de *Plukenetia volubilis* L analizado contiene entre 81,2 a 82,0% de ácidos poliinsaturados, y se sabe que el nivel de estos ácidos en los aceites juega un papel crucial en su estabilidad oxidativa. Es por esto que altos grados de insaturación están asociados con una menor estabilidad oxidativa.⁽⁹⁾ Sin embargo, el nivel más bajo de estabilidad oxidativa no siempre corresponde con el nivel más alto de ácidos poliinsaturados. Este podría ser el caso del aceite bajo estudio, lo que nos lleva a considerar otras variables, como la presencia de otros compuestos en el mismo aceite, por ejemplo, antioxidantes naturales. Se sabe que estos compuestos previenen la autooxidación de aceites y grasas al ceder su hidrógeno a los radicales libres formados en las etapas de iniciación y propagación de la autooxidación.⁽¹²⁾

La hipótesis de la presencia de antioxidantes como parte de la composición natural del aceite en estudio es válida, ya que en un estudio previo con el mismo aceite se reportó la presencia de gamma tocoferol (159,07 mg/100 g) y delta tocoferol (69,80 mg/100 g).⁽¹³⁾

La estabilidad del aceite de *Plukenetia volubilis* L (sacha inchi) es de particular interés debido a su perfil único de ácidos grasos y características físicoquímicas sobresalientes. El aceite de sacha inchi es rico en ácidos grasos poliinsaturados, especialmente α -linolénico y linoleico. Este contenido de ácidos grasos esenciales, junto con significativas cantidades de tocoferoles y fitoesteroles, le brindan una notable estabilidad oxidativa. El estudio de Goyal⁽¹⁴⁾ enfatizó el papel del sacha inchi como una fuente potencial de nutrientes, ácidos grasos omega-3 y fitoquímicos. Sin embargo, a pesar de sus beneficios nutricionales, la falta de conciencia y comprensión profunda ha resultado en su subutilización tanto a nivel de consumidores como industrial.

La microencapsulación de los aceites de sacha inchi, como propone Alarcón Rivera,⁽¹⁵⁾ podría ofrecer una solución para proteger estos aceites de factores ambientales como el oxígeno, la luz y la humedad, manteniendo su estabilidad durante la elaboración de alimentos. Los resultados de este estudio demostraron que los aceites de sacha inchi microencapsulados mostraron una mayor protección frente a la oxidación y una vida útil más prolongada en comparación con los aceites sin microencapsular. En este sentido, Gilbert Rodríguez⁽¹⁶⁾ abordaron los cambios que sufre el aceite de sacha inchi durante el proceso de freído de papas fritas a temperaturas de 170 °C y 180 °C. Los resultados evidenciaron que el aceite de sacha inchi, a pesar de su alto contenido de ácidos grasos insaturados, demostró tener un rendimiento similar o incluso superior al del aceite de soja comercial utilizado como control.

Por otra parte, Kodahl N⁽¹⁷⁾ plantea que el sacha inchi tiene un gran potencial para ser domesticado, aliviar la desnutrición y ser integrado en sistemas de producción de alimentos sostenibles. La autora sugiere que la investigación futura se centre en áreas como la etnobotánica, la alergenicidad y las prácticas de cultivo sostenible. En concordancia, Cárdenas Sierra DM et al.⁽¹⁸⁾ destaca que el sacha inchi tiene un alto contenido de ácidos grasos esenciales, compuestos fenólicos y vitamina E, que mostraron una actividad antioxidante, hipolipemiante, inmunomoduladora y emoliente, demostrando ser una prometedora biofuente. Un estudio realizado en Ecuador⁽¹⁹⁾ corrobora este potencial, mostrando que el método de extracción influía en la calidad del producto y que el aceite de sacha inchi presentaba un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados.

Así pues, diversos estudios^(20,21) han destacado las ventajas agronómicas del sacha inchi y sus beneficios en dietas de rumiantes, respectivamente, lo que sugiere su potencial no solo en el sector alimentario humano, sino también en el sector agrícola y animal. Esto nos sugiere que la estabilidad del aceite de sacha inchi está respaldada por una variedad de estudios, y su potencial aún está por ser explorado en su totalidad.

Como limitación del presente estudio, reconocemos la falta de realización de otros tipos de pruebas para determinar la estabilidad oxidativa, como el valor de p-anisidina y el índice de estabilidad oxidativa (OSI) por el método Rancimat. Estas pruebas adicionales podrían haber proporcionado una visión más completa de la estabilidad y calidad del aceite durante el periodo de almacenamiento.

CONCLUSIÓN

Se concluye que el aceite de *Plukenetia volubilis* L, objeto de nuestro estudio, ha demostrado una notable estabilidad oxidativa durante un período de almacenamiento de 6 y 12 meses. Los parámetros evaluados cumplen satisfactoriamente con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Peruana específica para el aceite de Sacha Inchi (NTP 151.400:2021). La calidad del aceite se mantiene alta durante el período de almacenamiento de 12 meses, sin signos cualitativos, como alteraciones en olor o sabor, ni cuantitativos de oxidación. Por lo tanto, este estudio confirma la calidad y la estabilidad del aceite de *Plukenetia volubilis* L durante el almacenamiento prolongado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Mazzocchi A, De Cosmi V, Risé P, Milani GP, Turolo S, Syrén M-L, et al. Bioactive Compounds in Edible Oils and Their Role in Oxidative Stress and Inflammation. *Front Physiol.* 2021;12:659551. doi:10.3389/fphys.2021.659551
- Ramos-Escudero F, Dayer LP, Mendoza EB, Saavedra LC, Escudero MR. Perfil de ácidos grasos de aceite de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) en comparación con otros aceites vírgenes comestibles. *Campus.* 2018;21(21):101–8.
- Wang S, Zhu F, Kakuda Y. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutritional composition, biological activity, and uses. *Food Chemistry.* 2018;265:316–28. doi:10.1016/j.foodchem.2018.05.055
- Kodahl N, Sørensen M. Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Is an Underutilized Crop with a Great Potential. *Agronomy.* 2021;11(6):1066. doi:10.3390/agronomy11061066
- Rodríguez Alarcón JI, Vega Helguero KI, Solorzano Solorzano SS. Aceite de Sacha inchi: potenciador de exportaciones no tradicionales en el Ecuador. *RECIAMUC.* 2021;5(1):491–510. doi:10.26820/reciamuc/5.(1).ene.2021.491-510
- Torres Sánchez EG, Hernández-Ledesma B, Gutiérrez L-F. Sacha Inchi Oil Press-cake: Physicochemical Characteristics, Food-related Applications and Biological Activity. *Food Reviews International.* 2023;39(1):148–59. doi:10.1080/87559129.2021.1900231
- Simopoulos AP. Evolutionary Aspects of Diet: The Omega-6/Omega-3 Ratio and the Brain. *Mol Neurobiol.* 2011;44(2):203–15. doi:10.1007/s12035-010-8162-0
- Alvarado Aguiar MG, Cando Alvarado PE. Determinación de la estabilidad oxidativa de aceites comestibles comercializados en Ecuador mediante Calorimetría Diferencial de Barrido. [Tesis de bachiller]. Ecuador: Quito : UCE; 2022 [citado el 22 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/28354>
- 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(3):155–63. doi:10.17268/sci.agropecu.2015.03.02
- El Peruano. Aprueban Normas Técnicas Peruanas y textos afines sobre sacha inchi y sus derivados café instantáneo y otros-RESOLUCION DIRECTORAL-No 035-2021-INACAL/DN. *Diario El Peruano.* 2022;56.
- De Leonardis A, Macciola V. Heat-oxidation stability of palm oil blended with extra virgin olive oil. *Food Chemistry.* 2012;135(3):1769–76. doi:10.1016/j.foodchem.2012.06.046
- Taghvaei M, Jafari SM. Application and stability of natural antioxidants in edible oils in order to substitute synthetic additives. *J Food Sci Technol.* 2015;52(3):1272–82. doi:10.1007/s13197-013-1080-1
- Aranda-Ventura J, Villacrés-Vallejo J, Rios-Isern F. Composición química, características físico-químicas, trazas metálicas y evaluación genotóxica del aceite de *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi). *Rev per med integr.* 2019;4(1):4–14. doi:10.26722/rpmi.2019.41.103
- Goyal A, Tanwar B, Kumar Sihag M, Sharma V. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): An emerging source of nutrients, omega-3 fatty acid and phytochemicals. *Food Chemistry.* 2022;373:131459. doi:10.1016/j.foodchem.2021.131459
- Alarcón Rivera R, Pérez Camino M del C, Chasquibol Silva N. Evaluación de la vida útil de los aceites de Sacha Inchi (*Plukenetia huayllabambana* y *Plukenetia volubilis*) microencapsulados. *Rev Soc Quím Perú.* 2019;85(3):327–37.
- Rodríguez G, Squeo G, Estivi L, Quezada Berru 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 Chemistry.* 2021;340:127942. doi:10.1016/j.foodchem.2020.127942
- Kodahl N. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.)—from lost crop of the Incas to part of the solution to global challenges? *Planta.* 2020;251(4):80. doi:10.1007/s00425-020-03377-3
- Cárdenas Sierra DM, Gómez Rave LJ, Soto JA. Biological Activity of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* Linne) and Potential Uses in Human Health: A Review. *Food Technol Biotechnol (Online).* 2021;59(3):253–66. doi:10.17113/ftb.59.03.21.6683
- Valdiviezo CJ, Romero Hidalgo LE, Bonilla Bermeo SM. Caracterización del aceite de la semilla de Sacha Inchi (*plukenetia volubilis*) del cantón San Vicente, Manabí, Ecuador, obtenida mediante procesos no térmicos de extrusión. *La granja.* 2019;30(2):77–87. doi:10.17163/lgr.n30.2019.07
- Pezo M, Marquez-Dávila K, Solís R. Gibberellic acid increases the yield of adult plants of sacha inchi (*Plukenetia volubilis*). *Sci.agropecu.* 2019;10(4):455–60. doi:10.17268/sci.agropecu.2019.04.01
- Henao Zambrano JC, Barreto Cruz OT, Castañeda Serrano RD, Mejía Gallego A. Digestibilidad y degradabilidad in vitro de dietas con torta de sacha inchi en rumiantes. *Rev investig vet Perú.* 2020;31(4):e17637. doi:10.15381/rivep.v31i4.17637

