

Generalidades sobre el sachá inchi y sus potencialidades en el tratamiento de las dislipidemias

Generalities About *Sacha Inchi* and Its Potential in The Treatment of Dyslipidemias

Yudit García García^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-8217-878X>

Ileydis Iglesias Marichal¹ <https://orcid.org/0000-0001-6354-1347>

Maura Pérez Recio¹ <https://orcid.org/0000-0002-5865-0175>

Abel Estévez Perera¹ <https://orcid.org/0000-0002-8410-5808>

Eduardo Cabrera Rode¹ <https://orcid.org/0000-0001-7966-1730>

Alina Acosta Cedeño¹ <https://orcid.org/0000-0002-0100-8907>

¹Universidad de Ciencias Médicas de la Habana, Instituto de Endocrinología. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: yuditgarciagarcia@gmail.com

RESUMEN

El sachá inchi es una planta introducida en Cuba que ha ganado gran interés debido a la composición privilegiada de su semilla rica en ácidos grasos poliinsaturados por lo que podría constituir una fuente alternativa de origen vegetal para el tratamiento de las dislipidemias.

Objetivo: Describir las características generales del sachá inchi y los resultados de su uso en personas con dislipidemias.

Métodos: Se utilizaron como buscadores de información científica: PubMed, SciELO, Ebsco y Elsevier Scopus. Las palabras clave utilizadas fueron: Sachá inchi, maní del inca, ácidos grasos omega-3, *Plukenetia volubilis* L., dislipidemias y ácido alfa linolénico, en el título, resumen y palabras clave, en revistas arbitradas. Se evaluaron artículos de revisión, de investigación y páginas web, en

idioma español, portugués e inglés y sin período de tiempo establecido. Esto permitió la consulta de 144 artículos, de los cuales 97 fueron referenciados.

Conclusiones: Los productos del *sacha inchi* tienen una excelente composición nutricional ricos en ácidos grasos poliinsaturados, proteínas y fitoquímicos con propiedades antioxidantes que podrían modificar de forma beneficiosa el perfil lipídico. El aceite tiene una buena aceptabilidad sensorial y demostrada seguridad. El consumo de productos del *sacha inchi* podría constituir una oportunidad para el tratamiento de las personas con dislipidemias como alimento funcional emergente en monoterapia o coadyuvante con terapia hipolipemiente estándar.

Palabras clave: *sacha inchi*, maní del inca; ácidos grasos omega-3; *Plukenetia volubilis* L.; dislipidemias; ácido alfa linolénico.

ABSTRACT

Introduction: *Sacha inchi* is a plant introduced in Cuba that has gained great interest due to the privileged composition of its seed, rich in polyunsaturated fatty acids, which could constitute a plant-origin alternative source for the treatment of dyslipidemia.

Objective: To describe the general characteristics of *sacha inchi* and the results of its use in people with dyslipidemia.

Methods: The scientific information search engines used were PubMed, SciELO, Ebsco and Elsevier Scopus. The keywords used were *Sacha inchi*, *Inca* peanut, omega-3 fatty acids, *Plukenetia volubilis* L., dyslipidemias and alpha linolenic acid, in the title, abstract and keywords, in peer-reviewed journals. Review articles, research articles and web pages were evaluated, in Spanish, Portuguese and English and without an established time period. This allowed the consultation of 144 articles, 97 of which were referenced.

Conclusions: *Sacha inchi* products have an excellent nutritional composition, rich in polyunsaturated fatty acids, proteins and phytochemicals with antioxidant properties that could beneficially modify the lipid profile. The oil has good sensory acceptability and proven safety. The consumption of *sacha inchi* products could constitute an opportunity for the treatment of people with

dyslipidemia as an emerging functional food in monotherapy or adjuvant with standard lipid-lowering therapy.

Keywords: Sacha inchi, Inca peanut; Omega-3 fatty acids; *Plukenetia volubilis* L; dyslipidemias; alpha linolenic acid.

Recibido: 11/07/2023

Aceptado: 05/12/2023

Introducción

Las dislipidemias constituyen un problema de salud por su elevada frecuencia y por considerarse un factor de riesgo independiente para las enfermedades cardiovasculares. La encuesta *National Survey on Nutrition and Health* (NHANES 2009-2010) en Estados Unidos de América evidenció que el 30,1 % de la población tenía hipoalfalipoproteinemia y con hipertrigliceridemia más del 25 %.^(1,2) Un análisis de estudios realizados en Latinoamérica mostró una prevalencia de hipoalfalipoproteinemia del 53,2 % y del 26,5 % de hipertrigliceridemia.⁽³⁾ En Cuba, dos de cada diez personas tiene dislipidemia, el 14,7 % tiene hipertrigliceridemia y el 8,4 % hipercolesterolemia, con una tendencia al incremento a cifras ente el 18,1 % y el 9,7 %, respectivamente, según los datos más recientes de las encuestas nacionales de factores de riesgo.⁽⁴⁾

La expansión de los patrones de alimentación occidental con sobreconsumo de alimentos con alta proporción de azúcares simples, grasas saturadas y trans ha contribuido a que una gran parte de la población tenga trastornos lipídicos asociados a obesidad, diabetes *mellitus* tipo 2 y enfermedades cardiovasculares. Además, estas dietas modernas se caracterizan por proveer un importante desequilibrio en la ingesta de ácidos grasos poliinsaturados. En la actualidad, existe un alto consumo de ácidos grasos omega 6 (n-6) (90 %) y muy bajo en omega 3 (n-3), en particular, de aquellos de cadena muy larga como el ácido eicosapentaenoico (C20:5, EPA) y docosahexaenoico (C22:6, DHA).⁽⁵⁾

Algunos de estos ácidos grasos poliinsaturados, tanto de la serie n-3 como de la n-6, se reconocen como esenciales. El ácido alfa-linolénico (C18:3 n-3, ALA) y linoleico (C18:2 n-6, AL) son sintetizados por las plantas, pero no por los humanos. La Organización Mundial de la Salud recomienda su consumo con una proporción de ALA(n-3)/AL(n-6) entre 1:2 y 1:6 Sin embargo, la relación en las dietas occidentales actuales es de aproximadamente de 1:15.^(6,7)

Por su parte, los ácidos grasos n-3 (EPA y DHA) de origen marino son los más estudiados con respecto a los de fuentes vegetales y aunque el organismo es capaz de convertir EPA a partir de ALA y en menor medida en DHA, luego de una serie de elongaciones y desaturaciones enzimáticas, dicha capacidad es limitada y no suficiente para el organismo, por lo que se deben proveer estos nutrientes en la alimentación.^(7,8)

Los ácidos grasos poliinsaturados se consideran importantes biomoléculas que intervienen en los mecanismos de estabilización de membranas, de inflamación, de regulación del metabolismo lipídico y en la aterosclerosis, entre otras funciones.^(6,7,8) Recientes estudios demuestran una reducción de eventos cardiovasculares asociados a la suplementación del ácido eicosapentaenoico o icosapentil (EPA purificado), sin embargo, con respecto al ácido docosahexaenoico (DHA por sus siglas en inglés), el aminoácido Alanina (ALA) y el AL, los resultados son controversiales. Algunos estudios sugieren que el ALA podría tener acciones cardiovasculares directas, aunque todavía sin resultados concluyentes.⁽⁹⁾ Ello ha generado una necesidad apremiante de desarrollar fuentes naturales para minimizar la deficiencia global de ácidos grasos esenciales n-3. De ahí que su suplementación sea un importante tema de investigación en la actualidad.

Además de la alimentación, otro aspecto a considerar en las dislipidemias es la necesidad de tratamientos efectivos y seguros a largo plazo en la prevención de las enfermedades cardiovasculares. Con frecuencia se requiere de fármacos con acción hipolipemiente e incluso, combinaciones de ellos, lo cual es causa frecuente de reacciones adversas.⁽¹⁰⁾ Una alternativa a esta problemática lo constituye el uso de productos naturales, aunque no exentos de efectos secundarios. Los productos naturales podrían ser adyuvantes a las

intervenciones en el estilo de vida de los pacientes con trastornos lipídicos ligeros a moderados y con bajo riesgo cardiovascular, así como, combinado con fármacos hipolipemiantes en aquellos pacientes que no cumplan las metas terapéuticas o que no toleren los fármacos estándares, independientemente, del riesgo cardiovascular global.^(10,11)

Entre los múltiples productos naturales comercializados con potenciales efectos en el metabolismo lipídico hay algunos con abundante evidencia científica sobre su eficacia y seguridad y en otros se requieren más estudios, lo cual dificulta su prescripción en la práctica clínica.⁽¹¹⁾ En este sentido, existe controversia actual sobre el consumo de productos naturales ricos en fitoesteroles y nutraceuticos como estrategia para reducir los niveles de colesterol en sangre en monoterapia o asociado a la terapia hipolipemiante estándar debido al bajo nivel de evidencias asociado a la prevención de eventos cardiovasculares, por lo que se requiere de estudios diseñados para este fin.^(12,13,14)

Una planta introducida en Cuba que ha ganado gran interés debido a la composición inusual de su semilla es la sacha inchi. Se considera una de las fuentes de origen vegetal más ricas en ácidos grasos n-3. La planta tiene un elevado potencial agrotecnológico y múltiples aplicaciones en la industria alimentaria, en la cosmética, así como, en la alimentación animal, aunque en opinión de algunos autores está subutilizada en la actualidad.⁽¹⁵⁾ La mayoría de los estudios sobre el sacha inchi realizados tanto en animales como en humanos ha permitido evidenciar que su consumo parece ser seguro y confiable, lo que también se deduce del hecho de ser un alimento de consumo ancestral en Perú.^(15,16,17,18) Su cultivo en Cuba presupone un gran potencial dada su disponibilidad nacional y menor costo.

Existen múltiples reportes sobre el cultivo, rendimiento según genotipo, procesamiento y composición físicoquímica de sus semillas, aceites y tortas, entre otros temas. Sin embargo, son menos los estudios experimentales sobre las modificaciones del metabolismo lipídico con el consumo de los productos del sacha inchi.^(15,16,17,18) Debido a la privilegiada composición de su semilla podría constituir una fuente prometedora, alternativa y natural de origen vegetal

de ácidos grasos poliinsaturados para el tratamiento de las dislipidemias, con menos efectos adversos e interacciones medicamentosas. El objetivo fue describir las características generales de la planta de sachá inchi y los resultados de su uso en personas sanas con dislipidemias.

Métodos

Se realizó una búsqueda de la literatura sobre el tema durante el año 2023. Se utilizaron como buscadores de información científica: Pubmed, SciELO, Ebsco y Elsevier Scopus. La estrategia de búsqueda incluyó los siguientes términos como palabras clave: sachá inchi, maní del inca, ácidos grasos omega-3, *Plukenetia volubilis* L, dislipidemias y ácido alfa linolénico, en el título, resumen y palabras clave, en las revistas arbitradas.

Se evaluaron artículos de revisión, de investigación y páginas web, en idioma español, portugués e inglés y sin período de tiempo establecido. Una vez identificados los artículos de interés, se consideraron como criterios de elección para la revisión que examinaran el efecto del sachá inchi sobre el metabolismo lipídico, tanto en personas sanas como con dislipidemias y en modelos animales. Fueron excluidos los artículos que no cumplieron con esta condición. Esto permitió la consulta de 144 artículos, de los cuales 97 fueron referenciados.

Análisis y síntesis de la información

Planta de sachá inchi

La sachá inchi del género *Plukenetia* (P) es una planta de la familia de las *Euphorbiaceas*, integrada por 21 especies distribuidas en todo el mundo. El ecotipo *P. volubilis* es el más extendido, seguido por el *P. huayllabambana*. Fue clasificada por el naturalista Linneo en la Amazonía peruana en 1753. Su nombre deriva de dos palabras quechuas: “sachá” que significa silvestre, e “inchi”, cuyo

término hace referencia al “maní” que produce. Es conocida también como maní del monte, sacha yuchi, sacha yuchiqui, sacha inchik, maní estrella o maní del inca.^(16,19,20)

Es una planta oleaginosa, trepadora, semileñosa y perenne que alcanza hasta dos metros de altura y puede crecer en forma silvestre. Sin embargo, su cultivo es óptimo en regiones con una altitud entre 30 y 2000 m.s.n.m., clima tropical o subtropical, con temperaturas entre 10 °C y 26 °C y una humedad relativa del 78 %.^(21,22) Presenta abundantes hojas y ramas con floración y fructificación continua. Las hojas son alternas y acorazonadas y las flores son pequeñas, blanquecinas y en racimo. Su fruto se encuentra en una cápsula en forma de estrella de 3-5 cm, dehiscentes, con un número variable de lóbulos y cada punta de un lóbulo a su vez contiene una semilla de forma oval de 1,5 x 2 cm de diámetro, cuya superficie puede ser lisa o rugosa, de forma ligeramente aplanada. Los frutos son de color verde y al madurar se tornan de color marrón oscuro (fig. 1).^(17,19,23,24)



Fuente: Tomado de la página web de la Agencia Cubana de Noticias (ACN).⁽²⁴⁾

Fig. 1 - Fruto del sacha inchi, proveniente de la Unidad de Base Productiva (UBP) El Pitirre, Los Palacios, Pinar del Río.

Composición del sacha inchi

La proporción de cada uno de los constituyentes químicos varía en las diferentes partes de la planta. Además, existe variabilidad en las concentraciones de los

diferentes compuestos químicos hallados tanto en las semillas como en los aceites extraídos al compararlo con los valores de otros cultivos de la misma especie. Ello podría depender de los genotipos estudiados, la epigenética de las semillas recolectadas en las diferentes regiones, así como de otros factores relacionados con el cultivo, los sistemas de procesamiento y de extracción del aceite, entre otros.^(23,25,26,27,28)

Los lípidos son el principal constituyente de las semillas de sacha inchi con cantidades que varían entre el 33 % y el 54 %. La semilla de sacha inchi contiene entre el 35 % y el 60 % de ácidos grasos y de ellos el 45-55 % son n-3. Las cantidades de ácidos grasos poliinsaturados y monoinsaturados varían del 77,5 - 84,4 % y el 8,4 -13,2 %, respectivamente.^(23,25) El ALA es el principal ácido graso n-3 en la semilla, aproximadamente entre 12,8 y 16,0 g/100 g de semilla, lo que equivale al 46,8 % y el 50,8 %, seguido por el AL en el 33,4 y el 41,0 % y por el ácido oleico (n-9) en una proporción del 8,7 y el 10,6 %.^(25,29,30)

La semilla tiene un rendimiento de aceite que varía entre el 33 % y el 54 % por 100 g de sus semillas.^(25,31,32) Los estudios del aceite extraído del sacha inchi muestran el 97,2 % de lípidos neutros, 1,2 % de ácidos grasos libres y fosfolípidos en el 0,8 %.⁽¹⁹⁾ Este aceite contiene en su mayor parte ácidos grasos insaturados (93,81 %) y solo el 6,19 - 9,10 % de saturados (3,65 % de palmítico y 2,54 % de esteárico). Tiene un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados que varía del 78,15 al 84,49 % y de ellos el 47-51 % y el 34-37 % son n-3 y n-6, respectivamente.⁽²⁵⁾ Por su parte, los monoinsaturados representan el 7,50 % al 10,71 %.^(33,34,35) El ALA es el principal ácido graso hallado en el aceite de sacha inchi (46,8-50,8 %), seguido por el AL (33,4-36,2 %) y el ácido oleico (8,7-9,6 %).^(25,29,30) Los resultados de *Aranda- Ventura* y otros⁽³¹⁾ evidenciaron que en el aceite obtenido por prensado en frío predominaron los ácidos grasos poliinsaturados (81,72 %), seguido por los monoinsaturados (10,31 %) y saturados (7,67 %). Los principales poliinsaturados fueron el ALA 47,35 % y el AL 34,34 % y entre los monoinsaturados, el ácido oleico (9,48 %). El contenido de fosfolípidos totales fue del 0,02 %.

Un estudio⁽³⁵⁾ que evaluó diferentes parámetros químicos como indicadores de calidad de varias muestras de aceite de sacha inchi comercializado en Perú,

evidenció que el ácido palmítico varió entre el 3 y el 11 %, y el ácido esteárico entre el 2 y el 4 %. Las concentraciones de ácidos grasos insaturados como el oleico variaron entre el 9 % y el 23 %, mientras que el AL era entre el 21 % y el 53 % y el ALA entre el 10-55 %. La razón oleico/linoleico, un parámetro de estabilidad, varió entre 0,26 y 0,75,⁽³⁵⁾ aunque otros estudios hallaron entre 0,23 y 0,32.^(23,30,36,37) En otros aceites de oliva, colza, maní y maíz se han reportado niveles de este parámetro en 13,89; 2,27; 0,98 y 0,58 respectivamente.⁽²²⁾

Comparada con otras semillas, la de sacha inchi tiene un contenido de grasa total por peso de semilla muy similar al de otras plantas oleaginosas como la de lino (34-45 %), canola (38-44 %) y maní (44-56 %). Sin embargo, tiene mayor contenido de grasa que las semillas de soya (16,5 -17,5 %) y chía (Salvia hispánica) (26,7-35,0 %).^(25,38,39,40) La composición de ácidos grasos saturados, poliinsaturados y monoinsaturados de la chía es del 8,6 %, 80,4 %, y 10,9 % y en la linaza del 7,8 %, 73,6 % y 18,5 %, respectivamente.^(25,38) La semilla de sacha inchi tiene un menor contenido de ácidos grasos saturados totales que la semilla de canola, girasol, maíz, oliva y algodón.^(25,33)

El nivel de ALA en el aceite de sacha inchi es similar al de semilla de chía (59,8 %) y linaza (58,2 %).⁽³⁸⁾ El de sacha inchi tiene mayor cantidad de n-6 comparado con el de oliva, soya, maíz y girasol y dos veces mayor cantidad que el aceite de linaza.^(23,29)

En el estudio de *Paucar-Menacho* y otros⁽⁴¹⁾ se compararon las características fisicoquímicas y composición de tres aceites (sacha inchi, oliva y crudo de pescado) y se determinó que todos tuvieron un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (70-80 %). Los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica indican que estos aceites son significativamente diferentes. El aceite de sacha inchi tuvo el mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados (62,33 %). Comparado con el aceite de oliva tuvo mayor proporción de AL (50,65 % vs. 19,96 %) y de ALA (11,17 % vs. 1,03 %). En el aceite de oliva, el ácido oleico (56,82 %) fue el más abundante comparado con el de sacha inchi (22,43 %). En el de pescado predominaron los ácidos grasos como el ácido eicosapentaenoico (EPA) (20 %) y DHA (20 %).⁽⁴¹⁾

Con respecto a la proporción n-6/n-3, en el aceite de sachá inchi varía entre 0,67 y 1,12, lo cual es considerado como ideal para un alimento funcional para el consumo humano.^(19,23,25,27,30,36,37) Según los resultados de *Aranda-Ventura* y otros⁽³¹⁾ el aceite del sachá inchi tuvo una proporción de n-6/n-3 de 0,73. En otros aceites la proporción varió según el origen del aceite, canola (2,22), oliva (7,69), soya (6,66) o nueces (5,0); todas superiores al proveniente de sachá inchi.⁽²⁵⁾ Sin embargo, la razón es menor en los aceites de linaza (0,27) y en el de semillas de chíá (0,26-0,34).^(38,42,43)

Otro componente importante de las semillas son los carbohidratos constituyentes del 12,1-30,9 %.^(19,44,45) Según *Takeyama* y otros,⁽⁴⁵⁾ la fracción está constituida por el 18,7 % de glúcidos, el 72,4 % de fibra dietética insoluble y el 9,0 % de fibra soluble. La semilla de sachá inchi tuvo menos carbohidratos (13,4 %) que la de maní (18,8 %).⁽⁴⁵⁾

Por su parte, el contenido de proteínas varía entre el 24 % y el 30 %^(19,28) y en las semillas desgrasadas entre el 27 y el 59,1 %.^(44,46) Las proteínas son altamente digeribles y ricas en aminoácidos esenciales. El aminoácido predominante es la leucina, seguido por la tirosina (55 mg/g), isoleucina (50 mg/g), lisina (43 mg/g), treonina (43 mg/g) y valina (40 mg/g).^(19,25,29) Comparado con otras semillas, el porcentaje de proteínas de la sachá inchi es discretamente menor que el de la soya (28 %) y el de la semilla de algodón (33 %) y mayor que el de girasol (24 %) y el maní (23 %).⁽⁴⁷⁾ Según el patrón de aminoácidos recomendado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por su sigla en inglés) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), las proteínas de las semillas de sachá inchi son una valiosa fuente dietética de aminoácidos.⁽⁴⁸⁾

Otros constituyentes del sachá inchi son los fenoles, tocoferoles y carotenoides, los cuales le atribuyen propiedades antioxidantes. Sin embargo, esta capacidad parece estar afectada por el tipo y grado de procesamiento de las semillas.^(30,36,45,46,49,50,51) Estos compuestos podrían explicar otras propiedades atribuidas al sachá inchi como antimicrobiana,⁽⁵²⁾ antioxidante^(25,46,53) y anticancerígena.⁽⁵⁴⁾

En el estudio de Cisneros y otros⁽⁴⁹⁾ se determinó una capacidad antioxidante total del aceite de semillas no tostadas de 18,2 µg Trolox equivalente (TE)/g de aceite. Además, observaron que el tostado de la semilla previo a la extracción del aceite, aumentó la capacidad antioxidante según la intensidad del tostado (ligero, medio o muy tostado) a 23,8; 47,6 y 95,0 µg de TE/g de aceite, respectivamente, probablemente por la formación de compuestos fenólicos más potentes con mayor capacidad antioxidante.⁽⁴⁹⁾

El contenido de tocoferoles varía entre 78,6 y 137,0 mg/100 g de semilla^(25,28) mientras que en el aceite se ha reportado entre 83,2 y 307 mg/100 g de aceite (2,39-2,79 g/kg de aceite).⁽³⁰⁾ La variación podría deberse a las condiciones de cultivo, métodos de extracción y factores genéticos.^(30,36,49) Los niveles de tocoferoles totales regulados en este aceite deben ser mayor que 1900 mg/kg, aunque no todas las muestras comerciales estudiadas cumplen con esta recomendación.⁽⁵⁵⁾

Entre los principales tocoferoles hallados son gamma-tocoferol (57,4-68,2 %) y delta-tocoferol (30,9-40,3 %) los cuales poseen mayor actividad antioxidante con respecto a los alfa y beta-tocoferoles. Las proporciones reportadas fueron de alfa-tocoferol (60-70 mg/kg), beta-tocoferol (18-29 mg/kg), gamma-tocoferol (1108-1367 mg/kg) y delta-tocoferol (641-856 mg/kg).⁽⁵⁶⁾ La cantidad de tocoferoles en la semilla de sacha inchi fue mayor que en las de linaza (tocoferoles totales 15,4 - 93,4 mg/100g) y que el de chía (tocoferoles totales 71,8 mg/100 g).^(25,57)

Un estudio que evaluó diferentes parámetros químicos como indicadores de calidad de varias muestras de aceite de sacha inchi comercializado en Perú, evidenció un contenido total de tocoferoles que varió entre 700 y 3300 mg/kg, con un promedio de 2220 mg/kg. El análisis individual evidenció un contenido promedio de 37,11 mg/kg de alfa-tocoferol, aunque varió entre 0,59- 193,82 mg/kg en todas las muestras analizadas. Los principales tocoferoles hallados fueron gamma-tocoferol y el delta-tocoferol en una proporción de 1255,99 mg/kg y 927,56 mg/kg, respectivamente.⁽⁵⁶⁾ Por su parte, Chasquibol y otros en 2016⁽⁵⁵⁾ reportaron valores de alfa-tocoferol entre 4,2 y 126,5 mg/kg, de gamma-tocoferol

entre 463,8 y 1907,2 mg/kg y delta-tocoferol entre 197,5 y 1234,2 mg/kg para los aceites comerciales de sachá inchi.⁽⁵⁵⁾

El total de tocoferoles contenido en un aceite proveniente del área de Loreto, en Perú fue 229,39 mg/100 g (con predominio del gamma-tocoferol 159,07 mg/100 g y el delta-tocoferol 69,8 mg/100 g) mientras que en otro estudio con la misma especie y el mismo tipo de extracción, solo que procedente de otra zona de Perú, Tingo María, la cantidad total de tocoferoles fue 279 mg/100 g, mientras que con otro método de extracción fue de 239 mg/100 g.^(30,31) Comparado con otros aceites, el de sachá inchi contiene mejores proporciones de tocoferoles que otros como el de linaza, colza, maíz, almendras, girasol y chía.^(57,58)

En este sentido, el mayor contenido de tocoferoles del sachá inchi con respecto a otros aceites podría constituir un mecanismo protector contra la oxidación, al brindar mayor estabilidad oxidativa. Se ha planteado que la rica constitución en ácidos grasos poliinsaturados de este aceite podría hacerlo susceptible a los procesos de oxidación lipídica y por tanto deteriorar su calidad. La actividad antioxidante de los tocoferoles en los lípidos es mayor en los gamma y delta-tocoferoles que, en el resto, los cuales son los más abundantes en el aceite del sachá inchi.⁽⁵⁶⁾

Las clases de terpenoides hallados en el aceite de sachá inchi son los monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenoides y triterpenoides. Estos compuestos le proveen diferentes propiedades sensoriales al aceite^(55,56,59) y se han hallado en este aceite el fitol, alfa-pinene, sabinene, limonene y el aristolene. Ramos-Escudero y otros⁽⁶⁰⁾ reportaron que estos compuestos son los responsables del aroma floral del aceite de sachá inchi.

La cantidad de fitoesteroles en la semilla de sachá inchi varía entre 75,7-86,2 mg/100 g. El beta-sitosterol es el fitoesterol más abundante en las semillas (45,2-50,8 mg/100 g de semilla) y constituye más del 50 % del contenido de fitoesteroles, seguido por el estigmasterol (21,2-26,9 mg/100 g de semilla) y el campesterol (7,1-8,8 mg/100 g de semilla).^(25,56) Aranda y otros⁽³¹⁾ coincidieron con estos resultados, el beta-sitosterol (130,27 mg/100 g) era el fitoesterol predominante en el aceite de sachá inchi evaluado por los autores, seguido del estigmasterol (60,45 mg/100 g) y el campesterol (16,31 mg/100 g). Otros

autores coincidieron en similares resultados en cultivos de diferentes regiones.^(30,59)

Comparado con otros aceites, el aceite de linaza tiene más beta-sitosterol (145 mg/100 g) y campesterol (58,4 mg/100 g) que el aceite de sachá inchi, pero menos estigmasterol (23,8 mg/100 g).⁽³⁸⁾ El aceite de chía contiene más beta-sitosterol (312,5 mg/100 g) y más campesterol (69 mg/100 g) que los aceites de sachá inchi y linaza, pero menos estigmasterol (28,8 mg/100 g) que del sachá inchi.⁽⁶¹⁾

La razón de fitoesteroles estigmasterol/campesterol es usada, junto a otros parámetros, como un indicador de pureza del aceite a partir de las condiciones de procesamiento. En el aceite de sachá inchi se ha reportado entre 0,28 y 3,75⁽⁵⁶⁾ aunque otros autores lo hallaron entre 3,83 y 3,92 en aceites auténticos⁽⁵⁹⁾ y varía entre 2,27 y 4,96 en los comerciales.⁽⁵⁵⁾

Por su parte, el contenido de carotenoides de los aceites vegetales es otro importante parámetro de calidad debido a su correlación con el color. Los pigmentos carotenoides también están implicados en los mecanismos de autooxidación y fotooxidación de los aceites. Las semillas de sachá inchi, no son una buena fuente de carotenoides y están presentes en muy bajas cantidades (0,07-0,09 mg de beta-caroteno por 100 g de semilla).⁽²⁵⁾ Sin embargo, *Hamaker* y otros⁽⁴⁷⁾ reportaron un contenido de carotenoides del aceite extraído de la región de San Martín (Perú) de 8,0 mg/kg.

Ramos-Escudero y otros⁽³⁵⁾ evaluaron algunos parámetros cromáticos de calidad y estabilidad de los carotenoides en algunos aceites de sachá inchi comercializados en Perú. La mayoría de las muestras analizadas tuvieron un contenido menor que 1 mg/kg, lo cual es considerado como bajo, excepto en dos de las muestras.⁽³⁵⁾ Además, los resultados mostraron una baja estabilidad oxidativa, por lo que no recomendaron su calentamiento. A partir de estos resultados y según las normas técnicas nacionales, los autores demostraron que los diferentes aceites de sachá inchi vendidos en los mercados de Perú clasificaban como aceite extravirgen o premium extra virgen, aunque algunas muestras no obedecían a las concentraciones establecidas para estos compuestos.⁽³⁵⁾

Con respecto al contenido fenólico de las semillas de sachá inchi se ha estimado que varía entre 64,6 mg a 80 mg equivalente de ácido gálico (EAG)/100 g de semilla.^(25,30,33,62) Sin embargo, en otros estudios se han reportado 16,7 mg GAE/100 g de semilla.⁽⁵⁰⁾ En el aceite se han identificado cerca de 20 compuestos y en una proporción que varía entre 2,32 y 6,58 mg de EAG/100 g de aceite.^(33,36,49)

Según los resultados de *Aranda* y otros,⁽³¹⁾ los compuestos fenólicos totales para el aceite evaluado de *Plukenetia volubilis* fue 1,02 mg EAG/100 g de aceite, lo cual evidencia que hay más fenoles en las semillas que en el aceite. El contenido de fenólico total en el aceite de sachá inchi es muy cercano al de linaza, girasol, maíz, colza y soya.

Ramos Escudero y otros⁽⁶⁰⁾ hallaron 16 compuestos fenólicos en los aceites comerciales de sachá inchi mientras que en la fracción volátil se han encontrado más de 50 compuestos principalmente alcoholes, aldehídos, ácidos, cetonas y terpenoides. Estos compuestos volátiles pueden tener una influencia significativa sobre el sabor y el olor percibido en general de los aceites comerciales de sachá inchi. Según el olor y el sabor este aceite se caracteriza por notas de olor "verde", a semilla, áspero y a frutos secos.⁽⁶⁰⁾ En otro estudio, este autor reportó que el contenido total varió entre 881,95 y 10 562,80 mg/kg, con un promedio de 3987,00 mg/kg. El contenido de alcohol alifático fue del 1,56 %, de los cuales el hexacosanol y docosanol fueron los más abundantes (0,69 % y 0,50 %, respectivamente).⁽⁵⁶⁾

Una de las propiedades más importantes para definir la calidad de un aceite es su aroma, el cual resulta de su composición volátil. *Monroy* y otros⁽⁶³⁾ encontraron un total de 20 compuestos aromáticos activos, donde se destacan el E-2-octenal, E-heptanal, (E, E)-3,5-octadien-2-ona, ácido hexanoico y (E, E)-2,4-heptadienal como los componentes con mayor aporte a la formación del aroma del aceite de sachá inchi. Dichos compuestos tienen descriptores sensoriales a verde, graso y seta que caracterizan el aroma global del aceite de sachá inchi.

En Cuba, los análisis del aceite de sachá inchi muestran características similares a los reportados en la literatura y cumplen, en general, con los requisitos de la Norma Técnica Peruana.⁽⁶⁴⁾ El contenido total de ácidos grasos es similar al de

otros orígenes, mayor que el 94 % y predominan el ALA (42,10 - 45,90 %), el AL (32,63 - 36,20 %) y el oleico (8,50 - 12,03 %). Los minoritarios son el palmítico (3,97 - 4,50 %), el esteárico (2,27 - 3,07 %), el eicosaenoico (0,27 - 0,47 %) y el araquídico (0,10 - 0,33 %). Sin embargo, según los autores,⁽⁶⁴⁾ estos resultados diferencian al aceite cubano de otros, cuyos contenidos de araquídico y eicosaenoico cumplen con las especificaciones de la norma. Las diferencias encontradas pueden atribuirse a diferentes factores relacionados con las subespecies, distribución geográfica, condiciones climáticas y de crecimiento, tiempos de cosecha, prácticas agropecuarias y métodos cuantitativos de análisis.

Los subproductos del procesamiento de las semillas de *sacha inchi* constituyen líneas de estudio por sus potenciales beneficios nutricionales. Un ejemplo de ello es la torta residual que mantiene una alta calidad nutricional y posee elevados valores de proteína bruta, moderados contenidos de componentes fibrosos, adecuados niveles de ceniza y fitocompuestos que pueden repercutir positivamente en la salud, lo que corrobora sus potencialidades como fuente alimentaria alternativa.^(65,66) *Scull* y otros⁽⁶⁶⁾ mostraron alto contenido de proteína bruta (54,41 %), mientras que los valores de fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, lignina y celulosa fueron bajos comparado con tortas de otras oleaginosas. Entre los grupos funcionales predominaron los terpenoides y alfa amino y en menor cantidad los alcaloides, los flavonoides y taninos. Los autores concluyeron que la torta de *sacha inchi* cultivada en Cuba posee potencialidades como fuente alimentaria alternativa.

Consumo del *sacha inchi*

El consumo del *sacha inchi* es ancestral, desde las culturas preincas con evidencias en las representaciones de su fruto en huacos Chimús y Mochicas. Las preparaciones tradicionales son en forma de aceite, harina y tortas.⁽²⁰⁾ Con las hojas secas se pueden hacer infusiones. Las semillas son usadas como remedios tradicionales para el tratamiento de enfermedades reumáticas y

musculares⁽³³⁾ y el aceite se ha empleado para cuidados de la piel, infecciones y cicatrización de heridas.⁽⁶⁷⁾

La aceptabilidad de los productos del sacha inchi es buena luego de su incorporación en la alimentación. Las semillas siempre deben ser tostadas y consumidas como cualquier maní. Tienen un sabor astringente que desaparece con el tostado y es reemplazado por un sabor ligeramente dulce.^(49,50) Sin embargo, este sabor es sustituido de nuevo por un sabor amargo a medida que las semillas son más tostadas.⁽⁴⁹⁾

El aceite de sacha inchi de calidad extra virgen es muy valorado por sus cualidades sensoriales y se considera un aceite gourmet. Su sabor no es un problema al momento de considerar su inclusión como aceite de mesa. Se puede utilizar como parte de las ensaladas, para untar o agregado a otros alimentos en variadas preparaciones culinarias como hamburguesas, barras energéticas y lácteos. La adición de semillas de sacha inchi a productos como el yogurt ha tenido buena aceptación.^(68,69) También se emplea como suplemento nutricional.⁽⁷⁰⁾

La composición especial del aceite de sacha inchi lo hace susceptible a la oxidación con deterioro del valor nutricional con formación de compuestos producidos por la rancidez oxidativa.^(45,71) Sin embargo, se han implementado varios sistemas para aumentar su estabilidad y tiempo de vida.^(71,72) La microencapsulación del aceite de sacha inchi es una de estas estrategias que prolongan la vida útil hasta en 89,8 % para el ecotipo *P. huayllabambana* y en el 213,7 % para el ecotipo *P. volubilis*. En los últimos años ha ganado popularidad internacional en los mercados la forma del aceite encapsulado.⁽¹⁸⁾

Comparado con otros aceites tiene mayor aceptabilidad. En un estudio realizado por *Gonzales y otros*⁽⁷³⁾ en 2014 se observó una baja aceptabilidad (37,5 %) luego de una semana de consumo diario del aceite puro de sacha inchi, pero luego de seis semanas, se alcanzaron niveles significativamente elevados de aceptabilidad (81,25 - 93,75 %). Para el aceite de girasol hubo mayor aceptabilidad a partir de la primera semana de consumo (71,4 %) y se mantuvo similar durante el período de tiempo que duró el estudio, sin diferencias significativas a partir de la segunda semana de tratamiento. Además, se

evidenció que la aceptabilidad aumentó cuando el aceite se usó mezclado con otros alimentos.

En la actualidad el sachá inchi es un alimento funcional emergente. Además, materia prima en las industrias alimenticia, farmacéutica y cosmética. Ello justifica su alta demanda en muchos países y su reciente aparición como cultivo sostenible y comercial. Sin embargo, en opinión de algunos autores, su cultivo está subutilizado, a pesar de su gran potencial aún sin explotar para enfrentar los desafíos del cambio climático y la pobreza.^(16,17,18,74)

Efectos de la administración de sachá inchi en el metabolismo lipídico

Basado en la composición de la semilla y del aceite extraído del sachá inchi es de esperar que su consumo modifique los niveles de lípidos y lipoproteínas plasmáticas. En este sentido existen estudios realizados tanto en animales de laboratorio, en voluntarios sanos, así como, en pacientes dislipidémicos que han evidenciado modificaciones en el perfil lipídico, aunque son limitados en número y con variabilidad en los resultados.

Córdova y otros⁽⁷⁵⁾ realizaron un estudio con ratas Holtzman tratadas con una dieta de grasas saturadas para provocar hiperlipemia y a continuación, administraron diferentes esquemas de intervención por 14 días. Se observó una disminución de los triglicéridos en 40,5 % en el grupo que recibió aceite de sachá inchi a una dosis de 1 mg/kg de peso y del 23 % en el grupo tratado con lovastatina. Hubo incremento de los triglicéridos en los animales intervenidos con dosis de 0,5 y 2 mg/kg de peso. Con respecto al colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad (cLDL, por su sigla en inglés) se observó disminución del 19 % y el 7 % a la dosis de 0,5 y 2 mL/kg, respectivamente; efecto superior al observado con lovastatina (6 %). Además, aumentó el colesterol total en el 7,6 % y el 10 % a las dosis de 0,5 y 1 mg/kg y en el 14 % en el grupo con lovastatina. El peso de los animales del grupo control se incrementó en un promedio del 7 %; en cambio, en los animales tratados, disminuyó. Los autores concluyeron que el aceite de sachá inchi redujo los niveles séricos de

triglicéridos, cLDL pero no los de colesterol total y estos efectos podrían estar relacionados con las dosis empleadas.⁽⁷⁵⁾

En otro estudio en ratas (*Rattus rattus var albinus*) alimentadas con dieta rica en grasas para provocar hipertrigliceridemia experimental, se intervino con aceite de sachá inchi y gemfibrozilo. Se observó una disminución de los triglicéridos en la primera y segunda semanas de tratamiento (35,42 % y 45,57 %) para el grupo con sachá inchi y del 34,81 % y el 44,83 % para gemfibrozilo y el 27,24 % para el grupo control, lo que demostró una disminución de los triglicéridos en las tratadas con aceite de sachá inchi de forma similar a la eficacia al fármaco.⁽⁷⁶⁾

Revilla-Velásquez y otros evaluaron las modificaciones del perfil lipídico en ratas Holtzman con dislipidemia inducida. Luego de administrar aceite de sachá inchi a 300 mg/kg se observó que el perfil lipídico no mostró cambios en el colesterol total, aunque aumentaron los triglicéridos en el 35,29 % y disminuyó el cLDL (26,72 %) y el colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad (cHDL, por su sigla en inglés) (7,83 %). Los autores concluyeron que, en condiciones experimentales, el aceite de sachá inchi y la atorvastatina produjeron reducción del cLDL, aumento de triglicéridos sin modificación del colesterol total.⁽⁵¹⁾

En otro experimento, Li y otros⁽⁷⁷⁾ estudiaron los efectos de la suplementación de aceite de sachá inchi a ratas alimentadas con una dieta alta en grasas. Los autores evidenciaron mejoría de la disbiosis de la microbiota intestinal y del dismetabolismo hepático. Según los autores,⁽⁷⁷⁾ el aceite de sachá inchi reduce los triglicéridos séricos y su almacenamiento hepático a través de la reducción de la lipogénesis *de novo*, por regulación de la actividad de la lipasa de lipoproteínas y de la beta-oxidación. Además, potencia la biosíntesis y recaptación de ácidos biliares.

Gorriti y otros⁽⁷⁸⁾ evaluaron la respuesta a la administración de aceite crudo de sachá inchi y linaza durante 60 días en ratas de la cepa Holtzman. Se observaron valores medios menores de colesterol total en el grupo alimentado con sachá inchi, mientras que los triglicéridos fueron menores en el grupo intervenido con aceite de linaza, aunque las diferencias no fueron significativas. Con respecto a los valores medios de cHDL, estos fueron mayores en el grupo de sachá inchi.

Rincón-Cervera y otros⁽⁷⁹⁾ intervinieron con cinco aceites diferentes como una única fuente de lípidos en la dieta de ratas machos Wistar. El grupo alimentado con sacha inchi tuvo una reducción del cociente n-6/n-3 y una mayor expresión y actividad de las saturasas Δ -5 y Δ -6.⁽⁷⁹⁾

De forma general, los resultados de los estudios en modelos animales son heterogéneos y podrían variar en dependencia del tipo de intervención con el aceite de sacha inchi. No obstante, en todos los casos se demostraron modificaciones en el perfil lipídico, en particular en los triglicéridos, en respuesta al consumo del aceite.

Con respecto a los estudios con humanos, existen varios reportes en voluntarios sanos y en pacientes dislipidémicos. *Alayon* y otros⁽⁸⁰⁾ evaluaron los efectos del aceite de sacha inchi en algunos parámetros metabólicos en el período posprandial en sujetos sanos que recibieron un desayuno enriquecido con grasas saturadas con y sin suplementación de 15 ml de este aceite. Se demostró que en el 38 % de los participantes con adición del aceite, hubo un incremento atenuado de la glucemia. Este grupo mostró una mayor concentración de triglicéridos en ayunas y a las cuatro horas de la administración del aceite; y ello se correlacionó con la glucemia de ese momento y con la sensibilidad a la insulina posprandial. Los autores concluyeron que la adición del aceite de sacha inchi a una comida alta en grasas mejora la sensibilidad a la insulina en personas con mayor hipertrigliceridemia basal y mayor respuesta glucémica luego de la sobrecarga de grasas.

Un estudio clínico con 18 voluntarios sanos comparó el aceite de sacha inchi (razón: ALA/AL 1,37) con el aceite de girasol (ALA/AL 0,01) y mostró que la ingesta de 15 ml de aceite de sacha inchi, en dosis única, incrementó los niveles plasmáticos de ALA y DHA (más evidente en las mujeres que en los hombres), lo cual no ocurrió en los que tomaron aceite de girasol. Los autores determinaron que el aceite de sacha inchi tuvo 1,36 veces más cantidad de ALA que AL, mientras que el de girasol contenía 95,33 veces más AL que ALA. El ácido oleico fue 3 veces mayor en el de girasol que en el de sacha inchi, lo cual evidenció que el consumo del aceite de sacha inchi tuvo mayor calidad en cuanto a su

composición de ácidos grasos poliinsaturados y ello se expresó en sus niveles plasmáticos.⁽⁸¹⁾

En otro estudio aleatorizado, controlado a doble ciego, *González y otros*⁽⁷³⁾ evaluaron la respuesta al consumo de 10 ml (4,4 mg ALA/día) o 15 ml (6,6 mg ALA/día) de aceite de sacha inchi y girasol en personas aparentemente sanas, durante un período de 16 semanas. Se observó disminución significativa del colesterol total y del cLDL en ambos grupos. Además, un aumento significativo del cHDL en los individuos intervenidos con el aceite de sacha inchi. En ambos grupos no hubo modificación de los niveles de triglicéridos ni de la glucemia, aunque se observó incremento de la insulinemia y del índice HOMA (*homeostatic model assessment*), pero sin alcanzar valores de resistencia a la insulina. Tampoco se observaron cambios en el peso corporal de los sujetos en estudio.

Los resultados de *Huamán y otros*⁽³⁴⁾ evidencian que el consumo diario de 30 g de semillas de sacha inchi en 28 voluntarios sanos durante seis semanas modifica de forma significativa el perfil lipídico. Se observó una reducción significativa de los triglicéridos solo en el grupo de estudio en el 30,13 % a las tres semanas y del 36,37 % a las seis semanas, respecto a los valores basales. Además, disminuyó el colesterol total (14 %) y el cLDL (20,48 %) e incrementó el cHDL del 18,97 % y del 13,1 % con respecto a los valores iniciales y de forma significativa a los cambios observados en el grupo control.

En otro estudio de este autor, realizado con adultos jóvenes, se observó que el consumo de 50 g de sacha inchi previno el aumento posprandial de triglicéridos producido por la ingesta de una carga de 82 g de aceite de oliva. Los autores concluyeron que la sacha inchi disminuyó de manera significativa la lipemia posprandial en adultos jóvenes.⁽⁸²⁾

Los resultados de un ensayo controlado, aleatorizado y a doble ciego para evaluar los efectos de la administración de 15 ml de aceite de sacha inchi suplementados a un desayuno alto en grasas en individuos metabólicamente sanos o con alteraciones lipídicas, evidenció una atenuación del aumento de la glucemia y de la expresión de la sirtuina-1 en el grupo tratado con aceite de sacha inchi.⁽⁸³⁾

Alayón y otros⁽⁸⁴⁾ en el año 2019 evaluaron los efectos en los lípidos posprandiales y la inflamación causados por una dieta alta en grasas, con y sin suplemento del aceite de sacha inchi en individuos sanos y no sanos. Se observó que el consumo del aceite atenuó el incremento de colesterol total con disminución significativa de la interleuquina-6 (IL-6) circulante, con respecto al grupo control. Los autores concluyeron que los efectos en los lípidos posprandiales y la inflamación luego de una comida alta en grasas podrían ser modificados por la suplementación del aceite de sacha inchi, aunque los resultados son dependientes del estado metabólico previo del paciente.

Gonzales y otros⁽⁸⁵⁾ evaluaron la respuesta metabólica al consumo único de 30 g de harina de sacha inchi o de soya en un ensayo a doble ciegas en adultos sanos. No hubo diferencias en cuanto a modificaciones en la insulinemia, el perfil lipídico y los marcadores de inflamación como proteína C reactiva (PCR) e IL-6 a las 24 horas del consumo de las harinas. El balance del nitrógeno fue negativo en ambos grupos sin diferencias entre ellos.

Garmendia y otros⁽⁸⁶⁾ estudiaron los efectos del consumo diario durante cuatro meses de 5 ml o 10 ml de aceite de sacha inchi, del ecotipo *P. huayllabambana* que contenía 2 g de ácidos grasos n-3 por cada 5 ml, en 24 pacientes entre 35 y 75 años con hipercolesterolemia o dislipidemia mixta. Los resultados mostraron disminución en los niveles de colesterol total, cLDL, triglicéridos y colesterol no unido a HDL (colesterol noHDL), con aumento significativo del cHDL. No hubo cambios en la glucemia e insulinemia para el grupo con ingesta de 5 ml del aceite. Sin embargo, la dosis de 10 ml tuvo similares resultados en cuanto al colesterol total, cLDL y colesterol noHDL, pero no mostró disminución de los triglicéridos y provocó un ligero incremento de la glucemia e insulinemia al final del estudio. Los autores proponen que la dosis podría ser determinante en los efectos observados en el perfil lipídico. En ningún caso se observó efectos secundarios, ni rechazo a su ingesta, lo que también muestra la inocuidad y aceptabilidad de su consumo.

Los estudios antes comentados en individuos sanos y dislipidémicos evidencian de forma común modificaciones beneficiosas en el perfil lipídico, aunque heterogéneas, con diferentes respuestas en cuanto a los parámetros lipídicos

evaluados. En opinión de los autores, los estudios no son comparables y ello podría deberse a múltiples razones. Entre ellas, el empleo de muestras pequeñas, diferentes productos de investigación (semillas vs. aceite; aceites de diferente calidad), e incluso diferentes dosis del mismo producto.

En los pacientes con trastornos lipídicos estudiados no se profundizó en las características de la dislipidemia en cuanto a su etiología, lo cual podría generar diferencias importantes en la respuesta esperada a la intervención con el *sacha inchi*. Otro aspecto a considerar es que en todos los estudios se evaluaron las fracciones lipídicas tradicionales y no se hallaron reportes sobre las modificaciones en los diferentes subtipos de lipoproteínas, incluyendo los remanentes de lipoproteínas ricos en triglicéridos. No obstante, parece ser que el consumo de la semilla tiene un mayor impacto en el perfil lipídico con respecto al consumo de aceite en dosis de 10-15 ml, pero se requiere de estudios para confirmar estas observaciones.

Otros potenciales efectos del *sacha inchi*

En algunos estudios se ha evidenciado resultados satisfactorios con la administración de aceite de *sacha inchi* al desencadenar otras respuestas metabólicas.⁽⁷⁹⁾ *Valenzuela* y otros⁽⁸⁷⁾ demostraron que la suplementación de cantidades suficientes de ALA podía ser convertida selectivamente en ácidos grasos de cadena larga, en particular a DHA, en hígado y cerebro de ratas.

Oyarzabal y otros⁽⁸⁸⁾ evidenciaron que la administración de dosis orales únicas de aceite de *sacha inchi* ejercía un efecto protector, dependiente de la dosis, sobre el daño histopatológico inducido en el parénquima hepático de ratas. En opinión de los autores, ello pudiera explicarse, al menos parcialmente, por los efectos antiinflamatorios demostrados en el estudio.

En otro estudio se evaluó la respuesta a un desayuno suplementado con 15 ml de aceite de *sacha inchi* en individuos aparentemente sanos del sexo masculino y un grupo control. Con ambos desayunos aumentaron la concentración de proteína C reactiva (PCR) y los recuentos de leucocitos y plaquetas. El agregado de aceite de *sacha inchi* aumentó el porcentaje de linfocitos ($p = 0,005$) y

disminuyó el de granulocitos ($p = 0,012$), revirtiendo el aumento de la relación evidenciada luego de la ingesta grasa y de los niveles de IL6. Los autores concluyeron que el agregado de 15 mL de aceite de sacha inchi a un desayuno rico en grasas afecta la relación entre las diferentes poblaciones leucocitarias, lo que podría atenuar los efectos inflamatorios posprandiales y el riesgo cardiovascular.⁽⁸⁹⁾

Los fitoesteroles son otro de los constituyentes importantes de la semilla y del aceite de sacha inchi. Es conocido que la ingesta de 2 g al día puede disminuir el cLDL en el 10 %, por lo que su consumo en la dieta está recomendado en las guías de prevención de la enfermedad cardiovascular.^(10,12) Dada su proporción en la semilla del sacha inchi, podría favorecer la disminución del cLDL en pacientes hipercolesterolémicos, sin embargo, no se han hallado experiencias con preparados que contengan fitoesteroles del sacha inchi en pacientes con hipercolesterolemia. En opinión de los autores es posible que los efectos observados en el perfil lipídico no solo dependan de la elevada proporción de ácidos grasos poliinsaturados, sino de los fitoesteroles o de su combinación.

Toxicidad, seguridad y efectos adversos

El conocimiento tradicional sobre la potencial toxicidad de los productos naturales debe establecerse con rigor en estudios de seguridad. En este sentido, el uso ancestral del sacha inchi y los estudios actuales han permitido evidenciar su seguridad en una variedad de líneas celulares normales sin inducir mutaciones en el ADN.^(73,90)

Las semillas y hojas frescas crudas y sin procesar del sacha inchi contienen fitotoxinas como saponinas, alcaloides y lectinas que pueden ser ligeramente citotóxicas con un consumo prolongado y en grandes cantidades.^(91,92) Sin embargo, estas sustancias son inestables con el calor por lo que el tostado de las semillas las reduce y con ello sus potenciales riesgos para la salud.^(92,93)

Gorriti y otros⁽⁷⁸⁾ evaluaron la toxicidad oral de los aceites crudos de sacha inchi y de linaza durante 60 días, en ratas albinas macho de la cepa Holtzman, comparado con un grupo control. No se evidenciaron diferencias

significativas en los parámetros evaluados entre los grupos experimentales. Para la evaluación de la dosis letal mediana (DL50) se administraron dosis crecientes de estos aceites, pero en ratones macho de la cepa Balb C57. Los autores concluyeron que los aceites evaluados no producen signos de toxicidad o muerte en los animales estudiados y la DL50 está por encima de 37 g/kg de peso corporal, por lo que la ingesta de aceite de sachá inchi era inocua en esa especie bajo dichas condiciones.

De forma similar, en otro estudio de *Córdova y otros*⁽⁷⁵⁾ se evaluaron los efectos tóxicos agudos del aceite con dosis crecientes administrado por vía oral a ratones de la cepa Nish. La DL50 fue 111,65 ml/kg de peso. La mortalidad, en dosis mayor a 64 ml/kg peso, fue dosis dependiente y se relacionó con disminución de peso y diarrea.

Aranda-Ventura y otros⁽³¹⁾ evaluaron las características físico-químicas, la genotoxicidad y las trazas metálicas del aceite de sachá inchi en ratones albinos machos. Los resultados evidenciaron que los índices de refracción, saponificación, yodo, peróxido y de acidez fueron 1,48, 189 mg KOH/g, 190, 0,9 meq/kg, 1,11 KOH/g, respectivamente. La densidad, materia insaponificable y humedad, así como, materias volátiles fueron del 0,9276 %, 0,27 %, y 0,05 %, respectivamente. Los niveles de arsénico y de plomo, no excedieron los límites máximos permisibles. Los autores concluyeron que el aceite en estudio contenía niveles de ácidos grasos AL y ALA con una óptima proporción, así como, cantidades significativas de tocoferoles y fitoesteroles que proporcionaron estabilidad oxidativa y características físico-químicas de calidad. Se demostró que no induce genotoxicidad, por lo que es un alimento seguro.⁽³¹⁾ Resultados similares reportaron *Rodeiro y otros*⁽⁷⁹⁾ en ratas y ratones alimentados con una torta de sachá inchi por 90 días.⁽⁹⁴⁾

Por su parte, *Arroyo y otros*⁽⁹⁵⁾ obtuvieron un aceite de sachá inchi con el uso de los métodos estandarizados para determinar los posibles efectos antimutagénicos en ratones BALB/c (cepa albina de laboratorio del ratón común). En el diseño del estudio, los animales fueron aleatorizados a recibir ciclofosfamida o sachá inchi en diferentes concentraciones. Las diferencias

halladas entre grupos permitieron a los autores concluir que el aceite de sachá inchi no es mutagénico.

Gutiérrez y otros⁽⁹⁶⁾ evaluaron la toxicidad oral a una dosis única (2000 mg/kg) del aceite de sachá inchi de origen cubano en ratas *Sprague Dawley*. El estudio no reveló muertes ni lesiones en las cavidades y órganos examinados, por lo que los autores concluyeron que el aceite de sachá inchi de origen cubano presentaba una toxicidad intrínseca baja.

González y otros⁽⁷³⁾ evaluaron la aparición de reacciones adversas con el consumo del aceite de sachá inchi en personas aparentemente sanas durante 16 semanas. En las primeras cuatro semanas de tratamiento se presentaron síntomas que luego disminuyeron. El consumo del aceite se asoció con las náuseas, pero disminuyeron hacia el final del estudio. Este síntoma parece estar asociado con el sabor particular del aceite y no con el consumo del producto. Otros síntomas reportados fueron la eructación, los sofocos, la cefalea, los calambres y la constipación. Se reportó aumento de la frecuencia de las deposiciones en muy pocos casos, en contraste con la diarrea reportada en estudios con animales. No hubo modificaciones en las determinaciones de función hepática y renal, ni en la PCR. Los autores concluyeron que el consumo del aceite de sachá inchi se asocia con pocas reacciones adversas, por lo que es seguro para ser recomendado para el consumo humano.⁽⁷³⁾

Con respecto a las reacciones alérgicas, no hay evidencias de forma concluyente sobre la presencia de alérgenos en las semillas de sachá inchi comparado con otras plantas euforbiáceas. Sin embargo, existe un reporte de rinoconjuntivitis alérgica y asma bronquial en una trabajadora con exposición mantenida a la semilla. Los autores⁽⁹⁷⁾ recomiendan la vigilancia de la exposición ocupacional a la planta de sachá inchi.

En resumen, la planta del sachá inchi es un cultivo subutilizado en la actualidad con un gran potencial sin explotar. El aceite obtenido de la semilla mantiene una buena aceptabilidad sensorial para su consumo y su demostrada seguridad lo convierte en un alimento funcional emergente. Sus productos tienen una excelente composición nutricional ricos en ácidos

grasos poliinsaturados, proteínas y fitoquímicos con propiedades antioxidantes. Además, es una fuente excelente de ácidos grasos esenciales que podrían modificar de forma beneficiosa el perfil lipídico. Sin embargo, los estudios disponibles tienen resultados heterogéneos, por lo que se requiere de más investigaciones que evidencien los factores relacionados con las variadas respuestas observadas en los ensayos clínicos.

El interés creciente en la investigación del sachá inchi está basado en los beneficios de su uso en las ciencias de la salud, que comprenden desde la promoción de salud y prevención de la enfermedad hasta los tratamientos coadyuvantes en las enfermedades.

Aporte científico y limitaciones

El aporte científico está dado por la revisión y resumen de la bibliografía existente sobre el uso del sachá inchi en pacientes dislipidémicos. Como limitación se declara que existen experiencias con el uso del producto, pero publicadas en revistas no indexadas y que no pudieron ser revisadas y comentadas.

Conclusiones

Los productos del sachá inchi tienen una excelente composición nutricional ricos en ácidos grasos poliinsaturados, proteínas y fitoquímicos con propiedades antioxidantes que podrían modificar de forma beneficiosa el perfil lipídico. El aceite tiene una buena aceptabilidad sensorial y demostrada seguridad. Su consumo podría constituir una oportunidad para el tratamiento de las personas con dislipidemias.

Referencias bibliográficas

1. Ray KK, Ference BA, Séverin T, Blom D, Nicholls SJ, Shiba MH, *et al.* World Heart Federation Cholesterol Roadmap 2022. *Global Heart*. 2022;10(10). DOI: <https://doi.org/10.5334/gh.1154>
2. Beltrán-Sánchez H, Harhay MO, Harhay MM, McElligott S. Prevalence and trends of metabolic syndrome in the adult U.S. population, 1999-2010. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62(8):697-703. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.05.064>
3. Miranda JJ, Herrera VM, Chirinos JA, Gómez LF, Perel P, Pichardo R, *et al.* Major cardiovascular risk factors in Latin America: a comparison with the United States. The Latin American Consortium of Studies in Obesity (LASO). *PLoS One*. 2013;8(1):54056. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054056>
4. Colectivo de autores. Enfermedades no transmisibles en Cuba. Tamayo Muñiz S, Pérez Perea L, Pérez González RD, coordinadores. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2022. Disponible en: <http://www.bvscuba.sld.cu/libro/enfermedades-notransmisibles-en-cuba>
5. GBD 2017 Diet Collaborators Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*. 2019;393:1958-72. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)30500-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30500-8)
6. Djuricic I, Calder PC. Beneficial Outcomes of Omega-6 and Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Human Health: An Update for 2021. *Nutrients*. 2021;13:2421. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13072421>
7. Marangoni F, Agostoni C, Borghi C, Catapano AL, Cena H, Ghiselli A, *et al.* Dietary linoleic acid and human health: Focus on cardiovascular and cardiometabolic effects. *Atherosclerosis*. 2020;292:90-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2019.11.018>
8. Sherratt SCR, Libby P, Budof MJ, Bhatt DL, Mason RP. Role of Omega-3 Fatty Acids in Cardiovascular Disease: the Debate Continues. *Current*

Atherosclerosis Reports. 2023;25:1-17. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11883-022-01075-x>

9. Bhatt RD, Libby P, Verma S, Preston Mason R, Bhatt DL. The role of eicosapentaenoic acid in reducing important cardiovascular events, including coronary revascularization. *Progress in Cardiovascular Diseases*. 2021;69:2-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2021.08.003>

10. Visseren FLJ, Mach F, Smulders YM, Carballo D, Koskinas KC, Back M, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *Eur Heart J*. 2021;42:3227-37. DOI: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab484>

11. Hunter PM, Hegele RA. Functional foods and dietary supplements for the management of dyslipidaemia. *Nat Rev Endocrinol*. 2017;13:278-88. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrendo.2016.210>

12. Mach F, Baigent C, Catapano AL, Koskinas KC, Casula M, Badimon L, et al. 2019 ESC/EAS Guidelines for the management of dyslipidaemias: lipid modification to reduce cardiovascular risk: the Task Force for the management of dyslipidaemias of the European Society of Cardiology (ESC) and European Atherosclerosis Society (EAS). *Eur Heart J*. 2020;41:111-88. DOI: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz455>

13. Weingärtner O, Landmesser U, März W, Katzmann JL, Laufs U. Kommission für Klinische Kardiovaskuläre Medizin der DGK. Kommentar zu den Leitlinien (2019) der ESC/EAS zur Diagnostik und Therapie der Dyslipidämien. *Kardiologe*. 2020;14:256-66. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12181-020-00399-9>

14. Casula M, Catapano AL, Magni P. Nutraceuticals for Dyslipidaemia and Glucometabolic Diseases: What the Guidelines Tell Us (and Do Not Tell, Yet). *Nutrients*. 2022;14:606. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu14030606>

15. Goyal A, Tanwar B, Kumar S, Sharma V. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): An emerging source of nutrients, omega-3 fatty acid and phytochemicals. *Food Chemistry*. 2022;373:131459. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131459>

16. Alayón AN, Echeverri IE. Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo): ¿una experiencia ancestral desaprovechada? Evidencias clínicas asociadas a su consumo. *Rev Chil Nutr.* 2016;43(2). DOI: <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000200009>
17. Kodahl N. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.)- from lost crop of the Incas to part of the solution to global challenges? *Planta.* 2020;251:80. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00425-020-03377-3>
18. Kodahl, N.; Sørensen, M. Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Is an Underutilized Crop with a Great Potential. *Agronomy.* 2021;11:1066. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11061066>
19. Gutiérrez LF, Rosada LM, Jiménez Álvaro. Chemical composition of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction. *Grasas aceites.* 2011 [acceso 06/07/2023];62(1):76-83. Disponible en: <https://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/1301>
20. Flores D, Lock O. Revalorizando el uso milenario del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) para la nutrición, la salud y la cosmética. *Rev Fitoterapia.* 2013 [acceso 06/07/2023];13(1):23-39. Disponible en: https://www.fitoterapia.net/php/descargar_documento.php?id=4361&doc_r=s&num_volumen=33&secc_volumen=5963
21. Gutiérrez LF, Segura YQ, Sanchez-Reinoso Z, Díaz DL, Abril JI. Physicochemical properties of oils extracted from γ -irradiated Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. *Food Chemistry.* 2017;37:581-87. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.148>
22. Del Castillo AMR, Gonzalez-Aspajo G, Sánchez-Márquez MF, Kodahl N. Ethnobotanical Knowledge in the Peruvian Amazon of the Neglected and Underutilized Crop Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Econ Bot.* 2019;73:281-7. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12231-019-09459-y>
23. Maurer NE, Hatta-Sakoda B, Pascual-Chagman G, Rodríguez-Saona LE. Characterisation and authentication of a novel vegetable source of omega-3 fatty acids, Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. *Food Chemistry.* 2012;134:1173-80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.143>

24. Agencia Cubana de Noticias. [Asociación]: Incentivan cultivo de la sachá inchi en Pinar del Río [acceso 20/07/2023]. Cuba: ACN; 2021. p. 2. Disponible en: <http://www.acn.cu/economia/79260-incentivan-cultivo-de-la-sacha-inchi-en-pinar-del-rio-fotos>
25. Chirinos R, Zuoleta G, Pedreschi R, Mignolet E, Larondelle Y, et al. Sachá inchi (*Plukenetia volubilis*): A seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity. *Food Chemistry*. 2013;141:1732-39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.078>
26. Zanqui AB, da Silva CM, de Moraes DR, Santos JM, Ribeiro SAO. Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil composition varies with changes in temperature and pressure in subcritical extraction with n-propane. *Industrial Crops Products*. 2016;87:64-70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.029>
27. Wang X, Liu A. Expression of genes controlling unsaturated fatty acids biosynthesis and oil deposition in developing seeds of Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Lipids*. 2014;49:1019-31. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11745-014-3938-z>
28. Supriyanto S, Imran Z, Ardiansyah R, Auliyai B, Pratama A, Kadha F. The Effect of Cultivation Conditions on Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Seed Production and Oil Quality (Omega 3, 6, 9). *Agronomy*. 2022;12:636. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12030636>
29. Guillén MD, Ruiz A, Cabo N, Chirinos R, Pascual G. Characterization of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil by FTIR spectroscopy and ¹H NMR. Comparison with linseed oil. *J Am Oil Chem Soc*. 2003;80:755-62. DOI: <https://doi.org/10.1007/S11746-003-0768-Z>
30. Follegatti LA, Piantino CR, Grimaldi R, Cabral FA. Supercritical CO₂ extraction of omega-3 rich oil from Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. *J Supercritical Fluids*. 2009;49:323-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2009.03.010>
31. Ara nda-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 Peru Med Integrativa*. 2019;4(1):4-14. DOI: <https://doi.org/10.26722/rpmi.2019.41.103>
32. Rodzi NAR, Lee LK. Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis* L.): recent insight on phytochemistry, pharmacology, organoleptic, safety and toxicity perspectives. *Heliyon*. 2022;8:10572. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10572>
33. Fanali C, Dugo L, Cacciola F, Beccaria M, Grasso S, Dacha M, et al. Chemical characterization of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. *J Agric Food Chem*. 2011;59:13043-49. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf203184y>
34. Huamán JJ, Fogel Silva BE, Escobar Pairazamán PI, Castillo Minaya KY. Efectos de la ingesta de *Plukenetia volubilis* Linneo o "Sacha inchi" en el perfil lipídico de adultos jóvenes. *Acta Med Per*. 2012 [acceso 06/07/2023]; 29(3):155-60. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v29n3/a05v29n3.pdf>
35. Ramos-Escudero F, Gonzalez-Miret ML, Viñas-Ospino A, Ramos Escudero M. Quality, stability, carotenoids and chromatic parameters of commercial Sacha inchi oil originating from Peruvian cultivars. *J Food Sci Technol*. 2019;56(11):4901-10. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03960-x>
36. Liu Q, Xu YK, Zhang P, Na Z, Tang T, Shi YX. Chemical composition and oxidative evolution of Sacha Inchi (*Plukentia volubilis* L.) oil from Xishuangbanna (China). *Grasas Aceites*. 2014;65(1). DOI: <https://doi.org/10.3989/gya.075713>
37. Triana-Maldonado DM, Torijano-Gutiérrez SA, Giraldo-Estrada C. Supercritical CO₂ extraction of oil and omega-3 concentrate from Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) from Antioquia, Colombia. *Grasas y Aceites*. 2017;68:172-83. DOI: <http://dx.doi.org/10.3989/gya.0786161>
38. Ciftci ON, Przybylski R, Rudzinska M. Lipids components of flax, perilla and chia seeds. *Eur J Lipid Scic Techn*. 2012;114:794-800. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ejlt.201100207>
39. Bozan B, Tenelli F. Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seeds and seed oils. *Bioresource Technology*. 2008;99:6354-59. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2007.12.009>

40. Przybylski R, Mag T, Eskin NAM, McDonald BE. Canola oil. In F. Shahidi (Ed.). Bailey's industrial oil and fat products. Part 2 Edible oil & fat products: Edible oils (6th ed.). New York, USA: John Wiley & Sons, Inc.; 2007.
41. Paucar-Menacho LM, Salvador-Reyes R, Guillén-Sánchez J, Capa-Robles J, Moreno-Rojo C. 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. *Sci Agrop.* 2015;6(4):279-90. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.04.05>
42. Ixtaina VY, Martínez ML, Spotorno V, Mateo CM, Maestri DM, Diehl VWK, et al. Characterisation of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. *J Food Composition Analysis.* 2011;24(2),166-74. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2010.08.006>
43. Alvites-Misajel K, Garcia-Gutierrez M, Miranda-Rodriguez C, Ramos-Escudero F. Organically vs conventionally grown dark and white chia seeds (*Salvia hispanica* L.): fatty acid composition, antioxidant activity and techno-functional properties. *Grasas Aceites.* 2019;70:299. DOI: <https://doi.org/10.3989/gya.0462181>
44. Ruiz C, Díaz C, Anaya J, Rojas R. 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*). *Rev Soc Quím Perú.* 2013 [acceso 06/07/2023];79:29-36. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v79n1/a05v79n1.pdf>
45. Takeyama E, Fukushima M. Physicochemical properties of *Plukenetia volubilis* L. seeds and oxidative stability of cold-pressed oil (green nut oil). *Food Sci Techn Res.* 2013;19:875-82. DOI: <https://doi.org/10.3136/fstr.19.875>
46. Chirinos R, Necochea O, Pedreschi R, Campos D. Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) shell: An alternative source of phenolic compounds and antioxidants. *Int J Food Sci Techn.* 2016;51:986-93. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13049>
47. Hamaker BR, Valles C, Gilman R, Hardmeier RM, Clark D, García HH, et al. Amino acid and fatty acid profiles of the Inca peanut (*Plukenetia volubilis* L.). *Cereal Chemistry.* 1992;69:461-63. Disponible en:

https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1992/documents/69_461.pdf

48. Sathe SK, Hamaker BR, Sze-Tao KW, Venkatachalam M. Isolation, purification, and biochemical characterization of a novel water soluble protein from Inca peanut (*Plukenetia volubilis* L.). *J Agric Food Chem.* 2002;50(49):6-8. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf020126a>

49. Cisneros FH, Paredes D, Arana A, Cisneros-Zevallos L. Chemical composition, oxidative stability and antioxidant capacity of oil extracted from roasted seeds of Sacha-Inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *J Agric Food Chem.* 2014;62:5191-7. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf500936j>

50. Sterbova L, Cepkova PH, Viehmannova I, Cachique DH. Effect of thermal processing on phenolic content, tocopherols and antioxidant activity of sacha inchi kernels. *J Food Process Preserv.* 2016;41(2):12848. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12848>

51. Revilla-Velásquez ME, Arroyo-Acevedo J, Chamba-Granda F. Variación del perfil lipídico en ratas Holtzman con dislipidemia inducida por el aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo). *Rev Peru Med Integrativa.* 2019;4(2):49-57. DOI: <https://doi.org/10.26722/rpmi.2019.v4n2.506>

52. González-Aspajo G, Belkhelfa H, Haddioui-Hbabi L, Bourdy G, Deharo E. Sacha Inchi oil (*Plukenetia volubilis* Linneo) effect on adherence of *Staphylococcus aureus* to human skin explant and keratinocytes in vitro. *J Ethnopharma.* 2015;171:330-34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.06.009>

53. Muñoz AM, Alvarado-Ortíz C, Ramos F, Castañeda B, Barnett E, Cárdenas L, *et al.* Estudio de polifenoles, taninos y métodos químicos para determinar la actividad antioxidante de la semilla de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Horiz Med.* 2013 [acceso 06/07/2023];13(1):11-8. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=371637128003>

54. Nascimento AKL, Silveira RFM, Santos ND, Fernandes JM, Zucolotto SM. Antioxidant and antiproliferative activities of leaf extracts from *Plukenetia volubilis* Linneo (Euphorbiaceae). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.* 2013:1-10. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/950272>

55. Chasquibol NA, Gomez-Coca RB, Yacono JC, Guinda A, Moreda W, del Aguila C, et al. Markers of quality and genuineness of commercial extra virgin sacha inchi oils. *Grasas y Aceites*. 2016;67:169. DOI: <https://doi.org/10.3989/gya.0457161>
56. Ramos-Escudero F, Muñoz AM, Ramos Escudero M, Viñas-Ospino A, Morales MT, Asuero AG. Characterization of commercial Sacha inchi oil according to its composition: tocopherols, fatty acids, sterols, triterpene and aliphatic alcohols. *J Food Sci Technol*. 2019;56(10):4503-15. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03938-9>
57. Villanueva E, Rodríguez G, Aguirre E, Castro V. Influencia de antioxidantes en la estabilidad oxidativa del aceite de chia (*Salvia hispanica* L.) por rancimat. *Scientia agropecuaria*. 2017 [acceso 06/07/2023];8(1):19-27. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v8n1/a02v8n1.pdf>
58. Obranović M, Škevin D, Kraljić K, Pospišil M, Neđeral S, Blekić M, et al. Influence of Climate, Variety and Production Process on Tocopherols, Plastochromanol-8 and Pigments in Flaxseed Oil. *Food Technol Biotechnol*. 2015;53(4):496-504. DOI: <http://dx.doi.org/10.17113/ftb.53.04.15.4252>
59. Chirinos R, Pedreschi R, Domínguez G, Campos D. Comparison of the physico-chemical and phytochemical characteristics of the oil of two *Plukenetia* species. *Food Chemistry*. 2015;173:1203-6. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.120>
60. Ramos-Escudero F, Morales MT, Ramos Escudero M, Muñoz AM, Cancino Chavez K, Asuero AG. Assessment of phenolic and volatile compounds of commercial Sacha inchi oils and sensory evaluation. *Food Res International*. 2021;140:110022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110022>
61. Dabrowski G, Konopka I, Czaplicki S. Supercritical CO₂ extraction in chia oils production: impact of process duration and co-solvent addition. *Food Sci Biotechnol*. 2018;27(3):677-86. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10068-018-0316-2>
62. Kornsteiner M, Wagner KH, Elmadfa I. Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. *Food Chemistry*. 2006;98:381-87. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.033>

63. Monroy-Soto LT, López-Cordoba CA, Araque-Marín P, Torijano-Gutierrez SA, Zapata-Ochoa JA. Caracterización de los compuestos de aroma del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) por HS-SPME-GC-MS-O. *Rev Colomb Quim.* 2015;48(3):45-50. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v48n3.78979>
64. González de la Torre L, Rodríguez Leyes EA, Vicente Murillo R, González Canavaciolo VL, Díaz Rivera Y. Caracterización preliminar del aceite de *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi) cultivada en Cuba. *Rev Cubana Plant Med.* 2022 [acceso 06/07/2023];27(1):1227. Disponible en: <https://revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/1227/490>
65. Kittibunchakul S, Hudthagosol C, Sanporkha P, Sapwarobol S, Temviriyankul P, Suttisansanee U. Evaluation of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) By-Products as Valuable and Sustainable Sources of Health Benefits. *Horticulturae.* 2022;8:344. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8040344>
66. Scull I, García Y, Ortega D, Albelo N, Sosa D, Valiño EC, et al. Caracterización química de la torta de *Plukenetia volubilis* (Sacha inchi) cultivada en Cuba. Nota técnica. *Cub J Agric Science.* 2023 [acceso 06/07/2023];57. Disponible en: <https://cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/1075/1432>
67. Hanssen H-P, Schmitz-Hübsch M. Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) nut oil and its therapeutic and nutritional uses. *Nuts Seeds Health Dis Prev.* 2011;991-4. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375688-6.10117-3>
68. Verduga K, Santamaría JL, Gordillo G, Montero C. Barras energéticas de sacha inchi: optimización de la formulación mediante diseño estadístico de mezclas. *Enfoque UTE.* 2022 [acceso 06/07/2023];3(1):58-72. Disponible en: <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/>
69. Vanegas-Azuero AM, Gutiérrez LF. Physicochemical and sensory properties of yogurts containing sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and β -glucans from *Ganoderma lucidum*. *J Dairy Sci.* 2018;101(2):1020-33. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13235>

70. Wang S, Zhub F, Kakuda Y. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutritional composition, biological activity, and uses. *Food Chemistry*. 2018;265:316-28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.055>
71. Sanchez-Reinoso Z, Gutierrez LF. Effects of the emulsion composition on the physical properties and oxidative stability of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil microcapsules produced by spray drying. *Food Bioprocess Technology*. 2017;10:1354-67. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1906-3>
72. Vicente J, de Souza Cezarino T, Pereira LJB, da Rocha EP, Sá GR, Gamallo OD, de Carvalho MG, Garcia-Rojas EE. Microencapsulation of sachá inchi oil using emulsion-based delivery systems. *Food Res Int*. 2017;99:612-22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.06.039>
73. Gonzales GF, Gonzales C. A randomized, double-blind placebo-controlled study on acceptability, safety and efficacy of oral administration of sachá inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.) in adult human subjects. *Food Chem Toxicol*. 2014;65:168-76. DOI: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2013.12.039>
74. Gamarra-Chávez CA, Zevallos-Callupe RK, Mucha S. Análisis del comportamiento de compra en los consumidores de aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) de origen orgánico en tiendas especializadas de Lima moderna durante el periodo 2018-2019. *Rev Econ Pol*. 2021 [acceso 06/07/2023];(34). Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=571167877003>
75. Cordova M, Cotillo J, Cruz S, Espinoza D, Felix L, Fernández D, et al. Evaluation of acute toxicity and hypolipemic action of *Plukenetia volubilis*, Sachá inchi. *Rev Horizonte Méd*. 2006;6(1):45-52. DOI: <https://doi.org/10.24265/horizmed>
76. Vicuña A, Izquierdo EJ, Huamán JJ. Gemfibrozil versus Sachá Inchi oil in reducing serum triglyceride levels in *Rattus rattus* var *albinus*. *Acta Méd Peruana*. 2012 [acceso 06/07/2023];29(2):85-8. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v29n2/a07v29n2.pdf>

77. Li P, Huang J, Xiao N, Cai X, Yang Y, Deng J, *et al.* Sacha inchi oil alleviates gut microbiota dysbiosis and improves hepatic lipid dysmetabolism in high-fat diet-fed rats. *Food Funct.* 2020;11(7):5827-41. DOI: <https://doi.org/10.1039/d0fo01178a>
78. Gorriti A, Arroyo J, Quispe F, Cisneros B, Condorhuama M, Almora Y, *et al.* Oral toxicity at 60-days of Sacha inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.) and linseed (*Linum usita-tissimum* L.), and determination of lethal dose 50 in rodents. *Rev Peru Med Exp Salud Pública.* 2010;27(3):352-60. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1726-46342010000300007>
79. Rincón-Cervera MA, 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 Fatty Acids.* 2016;111:25-35. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2016.02.002>
80. Alayón AN, Ortega Avila JG, Echeverri Jimenez I. Carbohydrate metabolism and gene expression of sirtuin 1 in healthy subjects after Sacha inchi oil supplementation: A randomized trial. *Food Funct.* 2013;00:1-3. DOI: <https://doi.org/10.1039/x0xx00000x>
81. Gonzales GF, Gonzales C, Villegas L. Exposure of fatty acids after a single oral administration of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) and sunflower oil in human adult subjects. *Toxicol Mech Methods.* 2014;24(1):60-9. DOI: <https://doi.org/10.3109/15376516.2013.850566>
82. Huamán JJ, Chávez K, Castañeda E, Carranza S, Chávez T, Beltrán Y, *et al.* Efecto de la *Plukenetia volubilis* Linneo "Sacha inchi" en la trigliceridemia postprandial. *An Fac med.* 2008 [acceso 06/07/2023];69(4):263-6. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v69n4/a08v69n4.pdf>
83. Alayon AN, Ortega Avila JG, Echeverri Jimenez I. Carbohydrate metabolism and gene expression of sirtuin 1 in healthy subjects after Sacha inchi oil supplementation: a randomized trial. *Food Funct.* 2018;9:1570-7. DOI: <https://doi.org/10.1039/c7fo01956d>
84. Alayón AN, Ortega Ávila JG, Echeverri Jiménez I. Metabolic status is related to the effects of adding of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil on

postprandial inflammation and lipid profile: Randomized, crossover clinical trial. J Food Biochem. 2019;43(2):12703. DOI:

<https://doi.org/10.1111/jfbc.12703>

85. Gonzales GF, Tello J, Zevallos-Concha A, Baquerizo L, Caballero L. Nitrogen balance after a single oral consumption of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) protein compared to soy protein: a randomized study in humans. Toxicol Mech Methods. 2018;28(2):140-7. DOI:

<https://doi.org/10.1080/15376516.2017.1373880>

86. Garmendia F, Pando R, Ronceros G. Effect of Sacha inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.) on the lipid profile of patients with hyperlipoproteinemia. Rev Peru Med Exp Salud Pública. 2011 [acceso 06/07/2023];28(4):628-32. Disponible en:

<http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v28n4/a09v28n4.pdf>

87. Valenzuela R, Barrera C, González-Astorga M, Sanhueza J, Valenzuela A. Alpha linolenic acid (ALA) from Rosa canina, sacha inchi and chia oils may increase ALA accretion and its conversion into n-3 LCPUFA in diverse tissues of the rat. Food Funct. 2014;5:1564-72. DOI:

<https://doi.org/10.1039/c3fo60688k>

88. Oyarzabal A, Rodríguez S, Ocaña L, Medina JA, Adames Y, Díaz MT, et al. Efectos del aceite de Sacha Inchi sobre los cambios histopatológicos inducidos por tetracloruro de carbono en hígado de ratas. Acta Microscópica. 2022;31(2):43-50. DOI:

<https://doi.org/10.15381/anales.v83i1.20088>

89. Alayón A, Ortega JG, Echeverri I. El agregado de aceite de Sacha inchi disminuye la relación granulocitos/linfocitos postprandial producida por una comida rica en grasas, en adultos saludables. Rev Chil Nutr. 2021;48(2):179-86. DOI:

<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182021000200179>

90. Aguilar JL, Paico SRD, Lozada-Requena IA, Cabello MA. Comparative evaluation of the anti-inflammatory effect of two varieties of "Sacha Inchi" (*Plukenetia volubilis* and *Plukenetia huayllabambana*) in mice. Front Immunol. 2015;6. DOI:

<https://doi.org/10.3389/conf.2015.05.00349>

91. Sanchez EG, Hernandez-Ledesma B, Gutierrez LF. Sacha inchi oil press-cake: physicochemical characteristics, food-related applications and

- biological activity. Food Rev Int. 2021;39(4):1-12. DOI: <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1900231>
92. Srichamnong W, Ting P, Pitchakarn P, Nuchuchua O, Temviriyankul P. Safety assessment of Plukenetia volubilis (Inca peanut) seeds, leaves, and their products. Food Sci Nutr. 2018;6(4):962-9. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.633>
93. Bueno-Borges LB, Sartim MA, Carreño Gil C, Vilela Sampaio S, Viegas Rodrigues PA, Bismara Regitano-d'Arce MA. Sacha inchi seeds from sub-tropical cultivation: effects of roasting on antinutrients, antioxidant capacity and oxidative stability. J Food Sci Technol. 2018;55(10):4159-66. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3345-1>
94. Rodeiro I, Ramirez D, Flores D. Safety assessment of sachá inchi powder. J Pharma Pharmacogn Res. 2018 [acceso 06/07/2023];6(10). Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4960/496055725002/496055725002.pdf>
95. Arroyo-Acevedo JL, Herrera-Calderon O, Cisneros-Hilario CB, Chávez-Asmat R, Anampa-Guzmán A, Enciso-Roca E, *et al.* Antimutagenic Effect of Plukenetia volubilis (Sacha inchi) Oil in BALB/c Mice. ARRB. 2018 [acceso 06/07/2023];24(3):1-8. Disponible en: <https://journalarrb.com/index.php/ARRB/article/view/26352>
96. Gutiérrez Martínez A, Bucarano Lliteras I, Urquiaga Rizo D, Goicochea Carrero E, Adames Fajardo Y. Toxicología aguda oral del aceite de sachá inchi en ratas sprague dawley. Rev CENIC Cienc Biol. 2021 [acceso 06/07/2023];52(1):50-8. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181268228006>
97. Bueso A, Rodríguez-Perez R, Rodríguez M, Dionicio J, Pérez-Pimiento A, Caballero ML. Occupational allergic rhinoconjunctivitis and bronchial asthma induced by Plukenetia volubilis seeds. Occup Environ Med. 2013;70(2):141-2. DOI: <https://doi.org/10.1136/oem.2010.057224>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

