

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS HOJAS Y SEMILLAS DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.); OLEAMIDA

Diego CORTES¹, Nuria CABEDO¹, Laura VILA¹, Claudia SOLANO²,
Juan BENAVIDES³, Diana FLORES⁴

¹ Universidad de Valencia, Facultad de Farmacia. Vicent Andrés Estellés s/n, Burjassot, 46100, Valencia, España.

² Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo - PROMPERU. Calle Uno Oeste N° 50, Urb. Corpac, San Isidro. Lima, Perú.

³ Asociación Promotora Del Desarrollo De Sacha Inchi- PRO-SACHA INCHI. Calle Uno de la Av El Sol, Manzana O, Lote 5a, Villa El Salvador. Lima, Perú.

⁴ Consultor. Jr. Monte Real 433-303, Chacarilla del Estanque, Surco. Lima, Perú.

* Correo electrónico: diego.m.cortes@uv.es

RESUMEN

El estudio se realiza con el objeto de identificar el tipo de alcaloide, protoalcaloide o pseudoalcaloide, que puedan ser cuantificables en las hojas y en la torta de semillas tostadas y desengrasadas de la especie *Plukenetia volubilis* L. y demostrar que su presencia no representa un riesgo para la salud. La metodología utilizada está basada en protometría de acuerdo a la Farmacopea Francesa y Europea, así como la utilización de técnicas de UHPLC-MS/MS y GC-MS que han permitido identificar y cuantificar un compuesto endógeno que revela las características de la cis-9-octadecenamida (oleamida), estructura similar a la anandamida; ligando endógeno de receptores cannabinoides en concentraciones de 0,0015% en hojas y 0,0004% en semillas. No habiéndose detectado alcaloides que puedan afectar la seguridad alimentaria.

PALABRAS CLAVE: ácido graso endógeno, cis-9-octadecenamida.

CHEMICAL COMPOSITION OF SACHA INCHI LEAVES AND SEEDS (*Plukenetia volubilis* L.); OLEAMIDE

ABSTRACT

This study is carried out to identify the type of alkaloid, protoalkaloid or pseudo-alkaloid, that can be quantified in leaves and in toasted and defatted seed cake of *Plukenetia volubilis* L. and that their presence does not represent a health risk. The methodology used is based on protometry according to the French and European Pharmacopoeia, as well as the use of UHPLC-MS / MS and GC-MS techniques that have made it possible to identify and quantify an endogenous compound that reveals the characteristics of cis-9 -octadecenamide (oleamide), structure similar to anandamide; endogenous ligand of cannabinoid receptors in concentrations of (0,0015%) in leaves and (0,0004%) in seeds. No alkaloids have been detected that could affect food safety.

KEYWORDS: cis-9-octadecenamide, endogenous fatty acid.

INTRODUCCIÓN

La semilla de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), ha sido encontrada en las tumbas incaicas de la costa peruana de la cultura Mochica, Chimú, probablemente cultivada desde hace 3000 - 5000 años; mencionada en la obra "Los Comentarios Reales" por Inca Garcilaso de la Vega (1609) como "inchic". Descrita por Linnaeus en 1753 y reportada por McBride (1951) en la obra "Flora of Perú". *Plukenetia volubilis* pertenece a la familia Euphorbiaceae (Gillespie, 1993), tradicionalmente conocida como: maní del inca, sachá yuchi, sachá yuchiqui (Antúnez de Mayolo, 1981; Brack, 1999; Doherty, 2007), considerada planta promisoriosa por el Convenio Andrés Bello conforme Correa & Yesid (1992). Posteriormente Dostert *et al.* (2013) presentaron el estado del conocimiento botánico de siete especies de plantas utilizadas en el Perú, entre ellas *Plukenetia volubilis* L. o "sachá inchi".

Las semillas son valoradas por su alto contenido de ácidos grasos insaturados, con rendimientos del 41,5% de acuerdo a Chirinos *et al.* (2013) y al 50,4% reportados por: Hamaker *et al.* (1992) y Follegatti-Romero *et al.* (2009), incluye ω 3, ω 6 y ω 9. El perfil de grasas de esta oleaginosa fue considerada equivalente al aceite de linaza (*Linum usitatissimum* L.) por la EFSA (European Food Safety Authority) y tiene el estatus GRAS (Generally Recognized as Safe)- (2014) por la FDA. Su estabilidad está basada en la presencia de tocoferoles especialmente el δ y γ tocoferol. Fanali *et al.* (2011), reportaron 126 mg de γ -tocopherol, 87 mg de δ -tocopherol y 0,4 mg de α -tocopherol por 100 g de aceite; los tocoferoles son considerados potentes compuestos antioxidantes. Además, Fanali *et al.* (2011) informaron que el contenido fenólico total del aceite de sachá inchi es de 6,20 mg /100 g de aceite, pertenecientes a las clases de polifenoles

de alcohol fenílico, flavonoide, secoiridoide y lignina. El aceite de sachá inchi contiene 247 mg de esteroides por 100 g de aceite, siendo el β -sitosterol la mayor parte de los esteroides (56,5%), seguido del estigmasterol (27,9%), campesterol (7,1%) y Δ 5-avenasterol (5,3%); y menos del 1% de otros esteroides, incluidos niveles bajos de colesterol (0,3%) según los resultados obtenidos por Bondioli *et al.* (2006).

En relación con el contenido de proteínas en la semilla varía de 25-35% (Hamaker *et al.*, 1992; Gutierrez *et al.* 2011), y en semillas desengrasadas de 27-59,1%, comprende todos los aminoácidos esenciales en cantidades adecuadas en comparación con el patrón recomendado por la FAO/OMS y un contenido ligeramente bajo en lisina y leucina, citado por: Hamaker *et al.* (1992); Sathe *et al.* (2002); Follegatti-Romero *et al.* (2009); Cai *et al.* (2012); Gutierrez *et al.* (2011) y Ruiz *et al.* (2013). Entre los aminoácidos destacan el contenido del triptófano: 44 mg/g de proteína (Sathe *et al.*, 2002). Además, de un 8,7% de fibra dietaria de acuerdo con las hojas técnicas de las empresas; los principales minerales presentes que contiene son: potasio (5563,5 ppm), magnesio (3210 ppm) y calcio (2406 ppm) según Gutierrez *et al.* (2011).

Por otra parte, la familia Euphorbiaceae incluye especies con compuestos considerados tóxicos de acuerdo a Seigler (1994). Asimismo, Antúnez de Mayolo (1981) menciona que las comunidades nativas consumen las semillas de sachá Inchi, tostadas o cocidas debido a su astringencia y sus efectos a nivel digestivo, esta forma de uso también es mencionada por Correa & Yesid (1992). Las agencias alimentarias a nivel mundial otorgan particular importancia a los niveles de antinutrientes presentes en los alimentos de consumo que puedan ser dañinos para la salud. Entre los antinutrientes reportados en la especie *Plukenetia volubilis* L. tenemos: saponinas y

taninos (Ruiz *et al.*, 2013; Mondragón, 2009), con valores inferiores respecto a los reportados para soya por Ruiz *et al.* (2013). Asimismo, Castillo (2010) menciona la presencia de alcaloides en las hojas y tallos por análisis cualitativo; Castaño *et al.* (2012) reportan en el tamizaje fitoquímico de extractos de semillas y de hojas la presencia de saponinas, taninos y alcaloides. Srichamnong *et al.* (2018), establecen la presencia de alcaloides semillas y en hojas frescas y tostadas de *P. volubilis* L, cultivadas en Tailandia, utilizando el método Shamsa *et al.*, (2008), basado en la reacción con Verde de Bromocresol (BCG) [reacciona con los alcaloides que tienen nitrógeno en su estructura; los alcaloides de amida y amina no reaccionan con este método], encontrando una mayor cantidad de alcaloides en las semillas sin procesar (485 ± 35 mg/kg DW) que en las hojas (146 ± 7 mg/kg DW). El tratamiento térmico es muy utilizado en la reducción de antinutrientes a excepción de las saponinas que además usa otros métodos, el efecto térmico fue estudiado en sachá inchi por Bueno-Borges (2018). Debido a la capacidad que tiene la lectina o aglutinina de presentar actividad hemolítica este autor realizó ensayos de hemaglutinación para lectinas (Nowak *et al.*, 1976, modificado Mendonça-Franqueiro *et al.*, 2011), no presentando actividad aglutinante. No obstante, los ensayos realizados por Srichamnong *et al.* (2018), detectaron una cantidad muy baja de lectinas en semillas tostadas, del orden del 0,15 a 0,22 ng/kg DW; las lectinas son afectadas por el proceso térmico. Adicionalmente, Alcivar *et al.* (2020) reportan la presencia de alcaloides cualitativamente en la torta de la semilla. Sin embargo, en ninguna de las investigaciones, se llega a identificar el tipo de alcaloide presente que podría impedir la comercialización de las semillas tostadas de sachá inchi o si estos no son beneficiosos para la salud.

Los alcaloides son metabolitos secundarios presentes en diferentes especies, tienen diversas

clasificaciones, por su origen biogenético tenemos: (a) alcaloides verdaderos (b) protoalcaloide (c) pseudoalcaloide (Hegnauer, 1963).

En ese contexto Matsuura (2015), menciona la presencia de los alcaloides tropánicos en la familia Euphorbiaceae, los cuales están regulados por la European Commission (EC), priorizándose a las familias Brassicaceae, Solanaceae y Erythroxylaceae como fuente de alcaloides tropánicos (EFSA-CONTAM, 2013); sin embargo, la comisión evaluadora europea no descarta su presencia en otras familias. Por otra parte, Dreger (2009) menciona la presencia de alcaloides del tipo pirrolizidinico en la familia Euphorbiaceae. El Panel de contaminantes de la Cadena Alimentaria (EFSA-CONTAM, 2011) encuentra que los alcaloides pirrolizidínicos (AP) por su naturaleza podrían estar presentes en las familias Boraginaceae, Asteraceae, Orchidaceae y Leguminosae [notificación "G/SPS/N/EU/406" de fecha 6 de agosto de 2020]. El contenido de los AP depende de una gran cantidad de factores (especies, órganos de la planta, cosecha, almacenamiento, procedimientos de extracción); en adelante nos enfocamos a la búsqueda de alcaloides, protoalcaloides o pseudoalcaloides en las semillas tostadas y hojas con la finalidad de demostrar la inocuidad del alimento.

MATERIAL Y MÉTODOS

El Proyecto Innovación y Competitividad para el Agro Peruano-INCAGRO, financió parcialmente el Sub-Proyecto: Obtención de líneas mejoradas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), a partir del material genético con altos rendimientos y contenidos de omega 3 y omega 6 (Corazón-Guivin *et al.* 2009).

Una de las 12 accesiones de San Martín de alto rendimiento es *Plukenetia volubilis* L.,

Código Nacional PER000395 procedencia de Pinto Recodo, Provincia de Lamas ubicada en el Departamento de San Martín, cuyo ecotipo comercial es utilizado por las Asociaciones de productores organizados en la cadena de valor desde el 2007, apoyados por el Comité Técnico de Normalización de sachá inchi y sus derivados.

Los “snacks” (bocaditos o semillas tostadas) de sachá inchi (NTP 151.403: 2018), proceden de la Asociación Promotora del Desarrollo de Sachá Inchi - Pro Sachá Inchi, a partir de los cuales, se preparó 300 g de “torta” (semilla tostada desgrasada); Lote: TORTTSIO-001-20.08.2020. Asimismo, se desecaron y pulverizaron 200 g de hojas pertenecientes a los mismos predios de las zonas productoras de las semillas.

La metodología para aislar, purificar y cuantificar el contenido de alcaloides se basa en un método gravimétrico y protometría llevados a cabo según la técnica de la Farmacopea Francesa y Europea. Además, se utilizó un equipo UHPLC-PDA-MS/MS y GC-MS [Espectrómetro de masas Agilent 5977A con analizador cuadrupolar de baja resolución, con cromatógrafo de gases (Agilent 7890B)], realizados en la Universidad de Valencia, que cuenta con la certificación ISO 9001 como acreditación de calidad.

- Alcaloides en las hojas de sachá inchi: las hojas desecadas y pulverizadas se desengrasaron y se extrajeron mediante Soxhlet a polaridad creciente.
- Detección cualitativa de alcaloides: una alícuota de cada uno de los residuos de los extractos Hexánico (A), Diclorometánico (B) y Metanólico (C) son extraídos con H₂SO₄ 0,5N; estas soluciones ácidas son tratadas con metales pesados formándose complejos con los alcaloides por reacción de precipitación. El residuo del extracto CH₂Cl₂ (B) previa alcalinización da positivo para alcaloides, asimismo se aplica la técnica de Cromatografía en Capa Fina (CCF).

- Valoración cuantitativa de alcaloides en las hojas: una alícuota del residuo (B), 0,59 g es disuelto en CH₂Cl₂ y tratado con H₂SO₄ 0,5N obteniéndose la fase orgánica (B₁) y una fase acuosa-ácida la cual es alcalinizada con NH₃ al 5% hasta pH 9-10, luego es extraída L/L con CH₂Cl₂, los alcaloides en forma de base pasan a la fase orgánica. Las soluciones diclorometánicas reunidas son lavadas y secadas. El residuo (B₂) es considerado el residuo de Alcaloides Totales (AT) cuyo peso es de 13,5 mg.
- Valoración cuantitativa de alcaloides a partir del residuo (B): Protometría. Una alícuota de este residuo B₂ de AT (6,5 mg) fue valorada mediante protometría en medio no acuoso siguiendo el procedimiento de la Farmacopea Europea, antes indicado.

El residuo es disuelto con 20ml de AcOH, se tituló con una solución de HClO₄ 0,01N en AcOH anhidro en presencia de una gota de violeta de metilo. En la curva de calibrado, 1ml de solución 0,01N de HClO₄ indica la presencia de 0,00289 g de alcaloides. Con la alícuota B₂ se utilizaron 2 ml de HClO₄ que corresponde a un rendimiento de 0,012106 % de AT (Fig. 1).

- Alcaloides de la torta de sachá inchi: se pulverizó y humectó 300g de torta con NH₃ al 5%, se extrajo por Soxhlet y se trabajó a polaridad creciente obteniéndose 157 g de residuo seco (ED-T-26). Debido a que esta muestra es grasa, se tomó una alícuota del residuo (47,9 g) y fue disuelto con MeOH + 20% de agua, lavándose con hexano, se obtuvo una Fase Hexánica (H), que luego se extrajo L/L con H₂SO₄ 0,5N, produciendo la Fase Orgánica (H₁) se alcaliniza con NH₃ al 5% hasta pH 9-10, se extrajo con CH₂Cl₂ obteniéndose el residuo (H₂). La Fase Metanólica-acuosa (M), se alcaliniza, evapora y extrae con CH₂Cl₂, se obtiene la Fase Orgánica, que da lugar al residuo (M₁) de 836 mg y la fase alcalina acuosa M₂.
- Detección cualitativa de alcaloides de la torta:

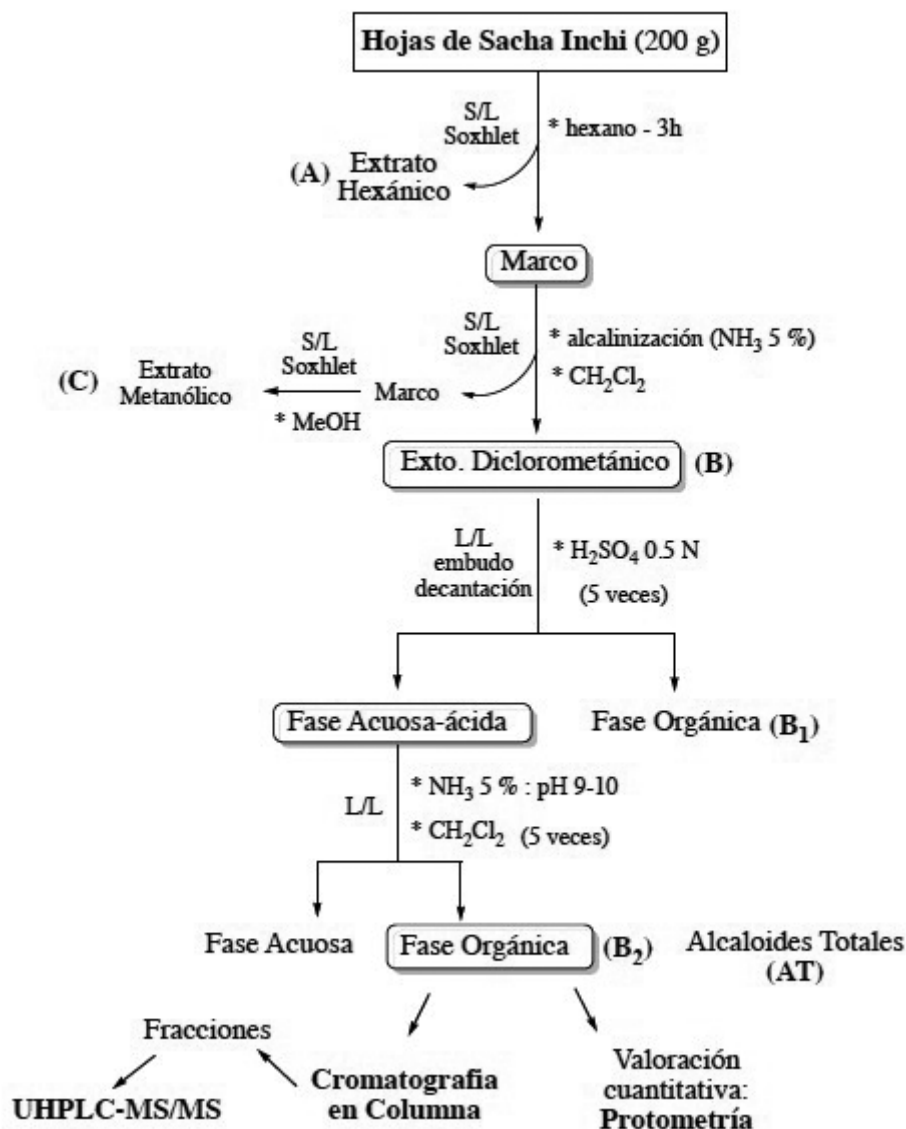


Figura 1. Proceso de extracción de alcaloides en las hojas de sachá inchi *Plukenetia volubilis* L.

los residuos (H_1), (H_2), (M_1) y (M_2) y el Marco (A), fueron tratados con sales de metales pesados; el extracto (M_1) obtenido con CH_2Cl_2 fue positivo a la prueba de alcaloides y a Cromatografía en Capa Fina (CCF).

- Valoración cuantitativa de alcaloides a partir del residuo (M_1) Ponderal: el residuo (M_1), disuelto en CH_2Cl_2 , y tratado con H_2SO_4 0.5N, produjo la fase M_3 orgánica que fue negativa y una fase acuosa-ácida previamente alcalinizada con NH_3

al 5% que fue llevada a pH 9-10 y se extrajeron con CH_2Cl_2 . Las soluciones diclorometánicas produjeron el residuo (M_4) donde se encuentran los Alcaloides Totales (AT), cuyo peso es de 18,46 mg (ED-T-26) con un rendimiento de 0,03853% del extracto orgánico (ED-T-26).

Sin embargo, se debe considerar el rendimiento en peso de 300 g de Torta = 0,02016% de AT, y de la semilla de sachá inchi debido a que la torta tuvo que ser desengrasada

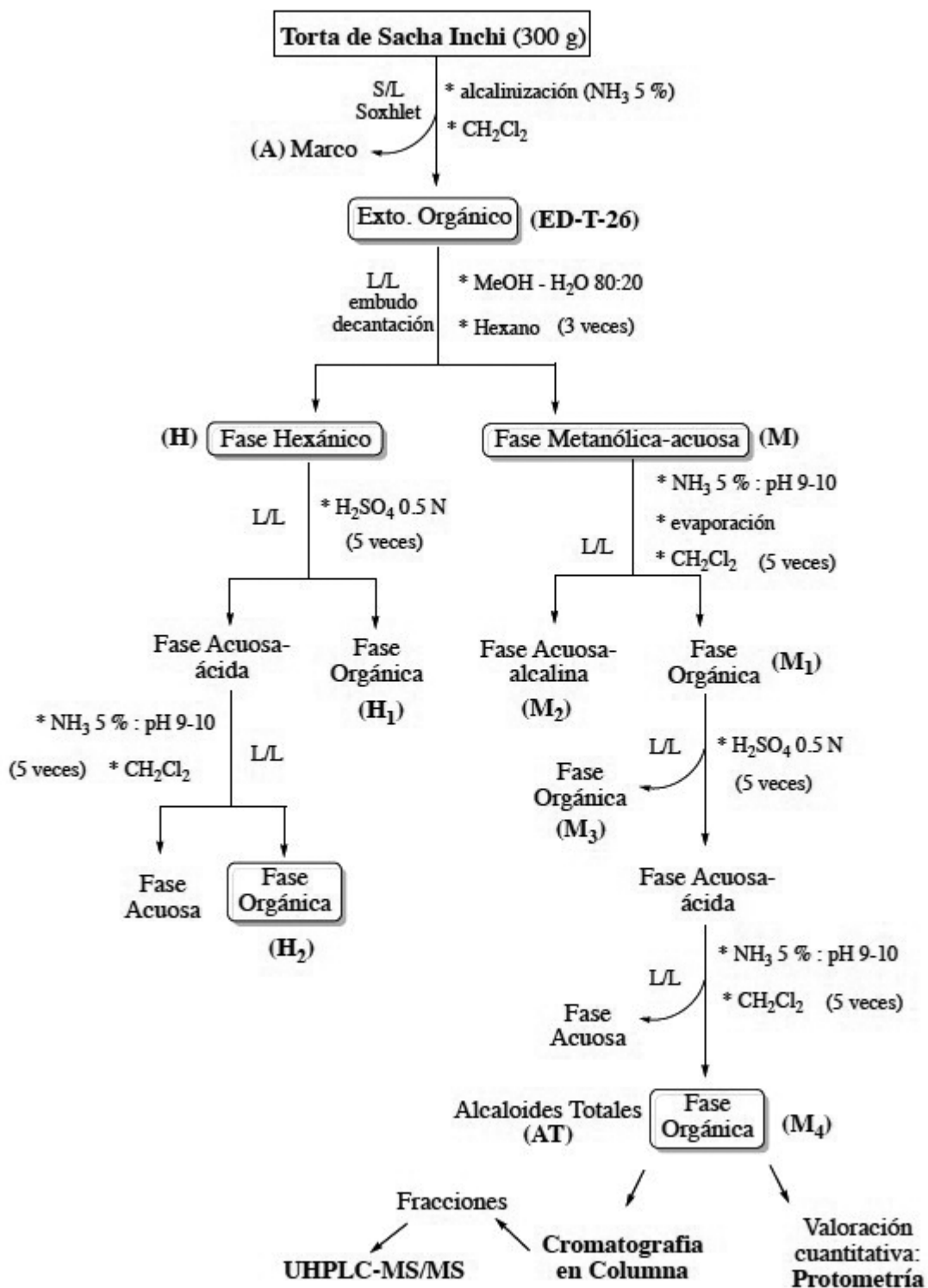


Figura 2. Proceso de extracción de alcaloides en la torta de sacha inchi *Plukenetia volubilis* L.

(Torta + 40% de grasa obtenida directamente por presión) = 0,012101% de AT.

- Valoración Cuantitativa de Alcaloides, a partir del residuo (M_4) mediante Protometría: Se evaluó una alícuota del residuo (M_4) de AT, 4,8 mg, fueron tratados en medio no acuoso de acuerdo con el procedimiento para Alcaloides Tropánicos de Solanaceae en la Farmacopea Europea.

El residuo se disolvió en 20 ml de AcOH y se tituló con una solución de $HClO_4$ 0,01 N en AcOH anhidro en presencia de una gota de violeta de metilo. En la curva de calibración, 1 ml de solución de $HClO_4$ 0,01 N corresponde a la presencia de 0,00289 g de alcaloides. La alícuota de (M_4) se trató con 0,8 ml de solución de $HClO_4$ 0,01N, obteniendo un rendimiento de la torta de 0,009715% de AT. El rendimiento de semilla de sachá inchi es de: torta + 40% de grasa previamente separada por presión = 0,005833% de AT (Fig. 2)

Aislamiento de alcaloides de hojas y torta de sachá inchi: Una alícuota (12 mg) del residuo (B_2) considerado residuo de AT de hojas de sachá inchi. Se purificó mediante cromatografía en columna ultrarrápida en gel de sílice (CC), fue eluido con CH_2Cl_2 -MeOH en proporciones 90:10, 80:20 y 50:50. La Fracción [IV] de este procedimiento de B_2 = 2,7 mg, dio positivo a las reacciones de detección de alcaloides.

Seguidamente se tomó una alícuota (300 mg) del extracto procedente de la torta (M_1) obtenido con CH_2Cl_2 , denominado residuo (ED-T-26), fue purificado mediante gel de sílice flash CC, y eluido con Hexano-AcOEt 60: 40 y CH_2Cl_2 -MeOH 90:10. De (M_1), obteniendo la Fracción [3], 1,5 mg y Fracción [4], 1,3 mg, dieron positivo a las reacciones de detección de alcaloides.

Las muestras obtenidas fueron analizadas: UHPLC-PDA-MS/MS (Shimadzu, Kyoto, Japón) sistema analítico de ultra-alta resolución cromatográfica (UHPLC) con inyector automático

Sil-20ACXR y bomba LC-30AD (Shimadzu), acoplado a un detector de matriz de fotodiodos SPD-M20 (rango 200–800 nm, Shimadzu) y un detector de masas en tándem triple cuadrupolo (MS/MS) LC-8040 (Shimadzu), equipado con una fuente de ionización por electrospray (ESI) en modo de adquisición positivo.

El método UHPLC, fue metanol al 85% en agua con ácido fórmico al 0,1% (isocrático), a un flujo de 0,5 mL/min y utilizando una columna C18 Kinetex Evo (150 x 4,6 mm x 2,6 μ m, Phenomenex, California, EE. UU.) con precolumna. El volumen de inyección fue = 0,7 μ L, y en un rango m/z 150-500.

La detección de oleamida se realizó en modo ESI positivo, que nos permite identificar los iones de oleamida m/z 282 $[M+H]^+$ y 304 $[M+Na]^+$ (t_R = 4,66 min) (Fig. 3)

Siendo la Oleamida el único compuesto identificado y asimismo es un compuesto que está presente en la industria de aditivos de plástico como agente antideslizante, cabe resaltar que para eliminar la posibilidad de contaminación por la presencia de compuestos relacionados en el plástico se evitó que la muestra se mantenga en contacto con cualquier plástico desde su envío y durante el proceso de aislamiento Garrido-López *et al.* (2006).

RESULTADOS

En la fracción [IV] - (B_2) de las hojas y la fracción [3] - (M_1) de la torta del sachá inchi, mostró un compuesto nitrogenado con un pico molecular m/z = 281 $[M+]$, que se identifica como 9-octadecenamida (oleamida), cuyo espectro de masas se contrasta con los espectros almacenados en la memoria de la biblioteca espectral.

Para verificar la estructura química se utilizaron otras técnicas como GC-MS [Espectrómetro de masas Agilent 5977A con analizador cuadrupolar

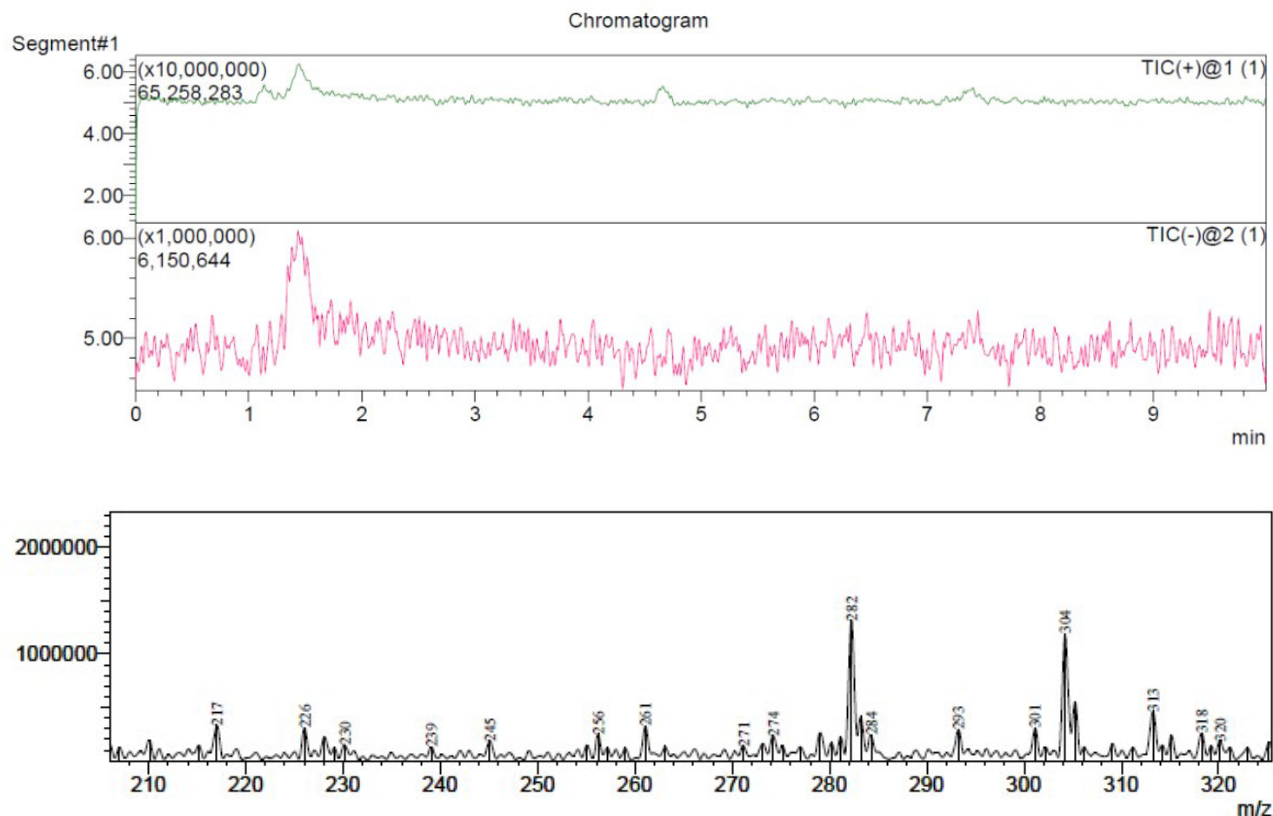


Figura 2. Espectros de masas extraídos de los cromatogramas en modo Scan+ y Scan para Oleamida ($t_R = 4.66$ min) obtenido del análisis de una muestra mediante UHPLC MS/MS.

de baja resolución, con cromatógrafo de gases [Agilent 7890B]] esta técnica reportó la 9-Octadecenamide, (Z) - $C_{18}H_{35}NO$, masa 281 a tiempo de retención 24,91 min; ambas técnicas han permitido detectar y cuantificar a la oleamida como componente en las semillas de sachá inchi. El contenido de oleamida presente en hojas es de 0,0015% y 0,0004% en semillas.

DISCUSIÓN

La espectrometría de masas triple cuadrupolo es el método de elección para identificación y cuantificación reproducible de analitos de nivel de trazas en muestras complejas, está en el rango

de espectroscópica instrumental microanalítica requiere nanomoles o picomoles del analito para proporcionar información característica de la estructura de una molécula como es el peso y los iones moleculares que establecen el patrón de fragmentación de esta. Asimismo, es una técnica aceptada por las agencias alimentarias entre ellas la European Food Safety Authority (EFSA) para la determinación de alcaloides. Dentro de un residuo de AT encontrarnos metabolitos secundarios con distintos grados de basicidad, entre los que podemos incluir los alcaloides, así como a precursores biogénicos, tales como aminoácidos o cadenas peptídicas de bajo peso molecular entre otros. Hasta el 2018 los investigadores (Mondragon, 2009; Castillo,

2011; Castaño *et al.*, 2012) realizaron pruebas cualitativas sobre la presencia de alcaloides en la semilla o la torta de sachá inchi. Srichamnong *et al.* (2018), llevaron a cabo la cuantificación de alcaloides totales en la especie *P. volubilis* L. cultivada en Tailandia, sin determinar el tipo de alcaloide presente, sin embargo, los alcaloides de amida y amina no reaccionan con el método que se utilizó para este estudio.

En la presente investigación, durante todo el proceso de búsqueda se realizaron pruebas cualitativas, una vez aislada y purificada la porción alcaloídica, el método ha permitido identificar la *cis*-9,10-octadecenoamida (oleamida) por fragmentación de masas, esta molécula producida de forma endógena a partir del ácido oleico (el ácido graso omega-9) y que se aisló por primera vez en suero humano en 1989 según Fowler (2004). La oleamida actúa como analgésico en varios modelos de dolor experimental, es capaz de activar receptores CB₁, bloquear la comunicación intercelular a través de uniones gap y regular el sueño (Cravatt *et al.*, 1996; Leggett *et al.*, 2004; Bradshaw & Walker, 2005). Además, Correa & Yesid (1992) mencionaban que los indígenas consumen nueces tostadas de sachá inchi para recuperar las fuerzas y con el aceite frotan sus cuerpos para curar los dolores musculares, recordemos asimismo el contenido de minerales de estas semillas. Asimismo, se ha encontrado oleamida en hojas de *Olea europea* “olivo”, aunque no en todos los cultivares; es usado en el tratamiento de UV-B2, jugando un papel protector según Días *et al.* (2018). Por otra parte, Vega-Morales *et al.* (2019) encontraron Oleamida en *Cyperus esculentus* L. “tiger nut” o “Chufa”, comercializada en Europa como harina, además de ser considerada un superalimento. La oleamida forma parte de la composición de *Euphausia superba* (krill) cuyo extracto

lipídico ha sido aprobado como “novel food” en la Unión Europea. De esta manera emerge como un compuesto prometedor en la industria alimenticia, cosmética y farmacéutica según Benitez *et al.* (2018), además de su uso como aditivo. Es la primera vez que ha sido encontrada en las semillas y en las hojas de *Plukenetia volubilis* L.

Adicionalmente, la regulación alimenticia estipula que el solicitante que tenga la intención de acceder al mercado europeo, en este caso las empresas comercializadoras, presenten datos analíticos con métodos validados por la presencia de algunos compuestos no deseables que puedan haber sido reportados en la literatura científica. Matsuura (2015); Dreger *et al.* (2009) mencionan la presencia de algunos alcaloides regulados tales como: tropánicos y pirrolidínicos en la familia Euphorbiaceae, por esta razón se llevó a cabo un “screening” en laboratorio analítico acreditado cuyo resultado también fue negativo a la presencia de dichos alcaloides.

CONCLUSIÓN

El único compuesto encontrado en el residuo de alcaloides totales en hojas y semillas tostadas de sachá inchi fue la *cis*-9,10-octadecenoamida (Oleamida). El contenido de oleamida presente en hojas es de 0,0015% y 0,0004% en semillas, no habiéndose encontrado un alcaloide del tipo verdadero en la muestra utilizando técnicas aprobadas en la Unión Europea. Se considera que la semilla tostada de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) es un alimento tradicional, prometedor e inocuo y puede ser comercializado sin causar daño a la salud. Sin embargo, las hojas pueden ser comercializadas con una mayor investigación.

AGRADECIMIENTO

Este proyecto fue realizado gracias al apoyo del Programa SeCompetitivo a través de la Cooperación Suiza – SECO en el Perú y Helvetas Perú.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antúnez de Mayolo, S. 1981. Amui-o: sumo entre semillas oleo-proteicas. *Boletín de Lima*, 11: 11-15.
- Alcivar, J.; Martínez, M.; Lezcario, P.; Scull, I.; Valverde, A. 2020. Technical note on physical-chemical composition of sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) cake. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54 (1): 19-23.
- Benítez, R.; Coronell, C.; Martín, J. 2018. Chemical characterization sachá Inchi (*Plukenetia volubilis*) seed: oleaginosa promising from the colombian Amazon. *International Journal of Current Science Research and Review*, 1(1): 1-12,
- Bondioli, P.; De la-Bella, L.; Rettke, P. 2006. Alpha linolenic acid rich oils. Composition of *Plukenetia volubilis* (sachá inchi) oil from Peru. *La Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 83: 120-123.
- Brack, A. 1999. *Diccionario enciclopédico de plantas útiles del Perú*. Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas, Cusco. 400pp.
- Bradshaw, H.B.; Walker, J.M. 2005. The expanding field of cannabimimetic and related lipid mediators, *British Journal of Pharmacology*, 144: 459-465. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.bjp.0706093>
- Bueno-Borjes, L.; Sartin, M.; Carreño, C.; Vilela, S.; Viegas, P.; Bismara, M. 2018. Sachá inchi seeds from sub-tropical cultivation: effects of roasting on antinutrients, antioxidant capacity and oxidative stability. *Journal of Food Science and Technology*, 55: 4159-4166. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3345-1>
- Cai, Z.Q.; Jiao, D.Y.; Tang, S.X.; Dao, Y.B.; Lei, Y.B.; Cai, C.T. 2012. Leaf photosynthesis, growth, and seed chemicals of sachá Inchi plants cultivated along an altitude gradient. *Crop Science*, 52 (4): 1859-1867. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2011.10.0571>
- Castaña, D.L.; Valencia, M.; Murillo, E.; Méndez, J.J.; Eras, J. 2012. Composición de ácidos grasos de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) y su relación con la bioactividad del vegetal. *Revista Chilena de Nutrición*, 39(1): 45-52. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182012000100005>
- Castillo, E.F.; Castillo, S.F.; Reyes, C.E. 2010. Estudio fitoquímico de *Plukenetia volubilis* L. y su efecto antioxidante en la lipoperoxidación inducida por Fe³⁺/ascorbato en hígado de *Rattus rattus* var. *albinus*. *UCV-Scientia*, 2(1): 11-21.
- Chirinos, R.; Zuloeta, G.; Pedreschi, R.; Mignolet, E.; Larondelle, Y.; Campos, D. 2013. Sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) a seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phy-tosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity, *Food Chemistry*, 141: 1732-1739. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.078>
- Corazón-Guivin, M.; Castro-Ruiz, D.; Chora-Macuyama, W.; Rodríguez, A.; Cachique, D.; Del Castillo, D.; Renno, J.F.; García-Davila, C. 2009. Caracterización genética de accesiones sanmartinenses del Banco Nacional de Germoplasma de Sachá Inchi *Plukenetia volubilis* L. (E.E. El Porvenir – INIA). *Folia Amazónica*, 18(1-2): 23 – 31. DOI: <https://doi.org/10.24841/fa.v18i1-2.276>
- Correa, J.; Yesid, H. 1992. *Plukenetia volubilis*. En: Correa, J.; Yesid, H. (Eds.) *Especies vegetales promisorias de los países del Convenio Andrés*

- Bello Dioscoreaceae – Euphorbiaceae t. 7.* Secretaría del Convenio Andrés Bello, Bogotá. p. 577–596.
- Cravatt, B.F.; Lerner, R.A.; Boger, D.L. 1996. Structure determination of an endogenous sleep-inducing lipid, cis-9-octadecenamide (oleamide): a synthetic approach to the chemical analysis of trace quantities of a natural product. *Journal of American Chemical Society*, 118(3): 580-590. DOI: <https://doi.org/10.1021/ja9532345>
- Días, C.; Pinto, D.C.; Correia, C.; Moutinho-Pereira, J.; Oliveira, H.; Freitas, H.; Silva, A.M.; Santos, C. 2018. UV-B radiation modulates physiology and lipophilic metabolite profile in *Olea europaea*. *Journal of Plant Physiology*, 222: 39-50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.01.004>
- Doherty, J.; Sangama, I.; Satalaya, A.; López de Hoyos, G.; Lozano, F. 2007. *Diccionario del Quechua de San Martín*. Academia Regional de Kechwa de San Martín, Lamas. 78pp
- Dostert, N.; Roque, J.; Brokamp, G.; Cano, A.; La Torre, I.; Weigend, M. 2013. Siete especies de plantas vasculares de importancia económica en el Perú: Fichas botánicas. *Arnaldoa*, 20(2): 359-431.
- Dreger, M.; Stanislawski, M.; Krajewska-Patan, A.; Mielcarek, S. 2009. Pyrrolizidine alkaloids—chemistry, biosynthesis, pathway, toxicity, safety and perspectives of medicinal usage. *Herba Polonica Journal*, 55(4): 127-147
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). 2011. Scientific opinion on Pyrrolizidine alkaloids in food and feed. *EFSA Journal*, 9(11): 2406. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2406>
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). 2013. Scientific opinion on Tropane alkaloids in food and feed. *EFSA Journal*, 11(10): 3386. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3386>
- Fanali, C.; Dugo, L.; Cacciola, F.; Beccaria, M.; Grasso, S.; Dachà, M.; Dugo, P.; Mondello, L. 2011. Chemical characterization of Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. *Journal Agricultural and Food Chemistry*. 59(24): 13043–13049. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf203184y>
- Follegatti-Romero, L.A.; Piantino, C.R.; Grimaldi, R.; Cabral, F.A. 2009. Supercritical CO₂ extraction of omega-3 rich oil from Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. *Journal of Supercritical Fluids*, 49: 323-329.
- Fowler, C.J. 2004. Oleamide: a member of endocannabinoid family. *British Journal of Pharmacological*, 141: 195-196. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.bjp.0705608>
- Garcilazo de la Vega. 1906. *Los comentarios reales de los incas* (MDCIX). Biblioteca Peruana, Lima. 515pp.
- Garrido-López, A.; Esquiú, V.; Tena, M. 2006. Determination of oleamide and erucamide in polyethylene films by pressurized fluid extraction and gas chromatography. *Journal of Chromatography A*. 1124(1-2): 51-56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2006.04.086>
- Gillespie, I. 1993. A synopsis of neotropical *Plukenetia* (Euphorbiaceae) including two new species. *Systematic Botany*, 18(4): 575-592. DOI: <https://doi.org/10.2307/2419535>
- GRAS Notice. GRN N° 506. 2014. Sachá inchi oil, a vegetable oil derived from *Plukenetia volubilis*. International Trade Centre. (<https://www.intracen.org/news/GRAS-assessment-dossier-prepared-for-Peruvian-Sacha-Inchi/>). Acceso: 19/03/2020
- Gutiérrez, L.; Rosada, L.; Jiménez, A. 2011. Chemical composition of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction. *Grasas y Aceites*, 62: 76-83.
- Hamaker, B.; Valles, C.; Gilman, R.; Hardmeier, R.; Clark, D.; Garcia, H.; Gonzales, A.; Kohlsted, I.; Castro, M.; Valdivia, R.; Rodríguez, T.; Lescano,

- M. 1992. Amino acid and fatty acid profiles of the inca peanut (*Plukenetia volubilis*). *Cereal Chemistry*, 69(4): 461-463.
- Hegnauer, R. 1963. *The taxonomic significance of alkaloids. Chemical plant taxonomy*. Academic Press, London. 543pp. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-395540-1.50018-X>
- Leggett, J.; Aspley, S.; Beckett, S.; Dantona, A.; Kendall, D. 2004. Oleamide is a selective endogenous agonist of rat and human CB1 cannabinoid receptors, *British Journal of Pharmacology*, 141(2): 253-262. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.bjp.0705607>
- Matsuura, H.; Fett-Neto, A. 2015. Plant alkaloids: main features, toxicity, and mechanisms of action. In: Gopalakrishnakone P.; Carlini C.; Ligabue-Braun R. (eds) *Plant toxins. Toxinology*. Springer, Dordrecht. p. 1-15. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-6728-7_2-1
- Mcbride, J. 1951. *Flora of Peru: Euphorbiaceae, spurge family Part 3A, no.1*. Field Museum of Natural History, Chicago. 288pp.
- Mendonça-Franqueiro, E.; Alves-Paiva, R.; Sartim, M.; Callejon, D.; Paiva, H.; Antonucci, G.; Rosa, J.; Cintra, A.; Franco, J.; Arantes, E.; Dias-Baruffi, M.; Sampaio, S. 2011. Isolation, functional, and partial biochemical characterization of galatrox, an acidic lectin from *Bothrops atrox* snake venom. *Acta Biochimica Biophysica Sinica*, 43(3):181-92. DOI : <https://doi.org/10.1093/abbs/gmr003>
- Mondragón, G. 2009. *Estudio farmacognóstico y bromatológico de los residuos industriales de la extracción del aceite de Plukenetia volubilis L. (Sachá inchi)*. Tesis de pre-grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Lima - Peru. 121pp.
- Nowak, T.; Haywood, P.; Barondes, S. 1976. Developmentally regulated lectin in embryonic chick muscle and a myogenic cell line. *Biochemical Biophys Research Communications*, 68(3): 650-657. DOI: [https://doi.org/10.1016/0006-291x\(76\)91195-5](https://doi.org/10.1016/0006-291x(76)91195-5)
- Ruiz, C.; Diaz, C.; Anaya, J.; Rojas, R. 2013. Análisis proximal, anti-nutrientes, perfil de ácidos grasos y de aminoácidos de semillas y tortas de 2 especies de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 79 (1): 29-36.
- Sathe, S.; Hamaker, B.; Sze-Tao, K.; Venkatachalam, M. 2002. Isolation, purification, and biochemical characterization of a novel water-soluble protein from inca peanut (*Plukenetia volubilis* L.). *Journal Agricultural Food Chemistry*, 50(17): 4906-4908. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf020126a>
- Seigler, D. 1994. Phytochemistry and sistematic of the Euphorbiaceae. *Annals Missouri Botanical Garden*. 81: 380-401.
- Shamsa, F.; Monsef, H.; Ghamooshi, R.; Verdian-riz, M. 2008. Spectrophotometric determination of total alkaloids in some Iranian medicinal plants. *Thai Journal of Pharmaceutical Sciences*, 32: 17-20.
- Srichamnong, W.; Pisamai, T.; Pornsiri, P.; Onanong, N.; Piya T. 2018. Safety assessment of *Plukenetia volubilis* (inca peanut) seeds, leaves, and their products. *Food Science & Nutrition*, 6(4): 962-969. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.633>
- Vega-Morales, T.; Mateos-Diaz, C.; Machin, R.; Wiebe, J. 2019. Chemical composition of industrially and laboratory processed *Cyperus esculentus* rhizomes. *Food Chemistry*, 297: 124896. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.170>

Recibido: 6 de mayo de 2021 **Aceptado para publicación:** 25 de junio de 2021