

Chemical characterization of *Plukenetia volubilis* (*Sacha inchi*) cake cultivated in Cuba. Technical note

Caracterización química de la torta de *Plukenetia volubilis* (*Sacha inchi*) cultivada en Cuba. Nota técnica

Idania Scull, Yaneisy García, Dania Ortega, Nereida Albelo, Dailyn Sosa, Elaine C. Valiño and Yanelys García

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba
 Email: idianiascull@gmail.com

Idania Scull: <http://orcid.org/0000-0002-9516-7182>

Yaneisy García: <http://orcid.org/0000-0002-7055-4880>

Nereida Albelo: <http://orcid.org/0000-0003-4827-3991>

Dailyn Sosa: <http://orcid.org/0000-0003-3933-1176>

Elaine C. Valiño: <http://orcid.org/0000-0003-4178-3286>

Yanelys García: <http://orcid.org/0000-0002-0027-9481>

The *Plukenetia volubilis* (*Sacha inchi*) cake cultivated in Cuba was chemically characterized. In order to evaluate the nutritive composition crude protein, ash, fiber fractionation, and mineral composition (macronutrients) were determined. The qualitative assay of the phytochemical sieve was used to study the secondary metabolites of the sample. The results showed high CP (54.41 %) content while the values of neutral detergent fiber, acid detergent fiber, lignin and cellulose were low (30.97, 11.84, 3.54, respectively, and 8.04 % of dry matter), if they are compared with cakes from other oleaginous plants. The majority functional groups corresponded to terpenes and α amine. The alkaloids were showed in a moderate way and, to a lesser extent, flavonoids and tannins. The *Sacha inchi* cake cultivated in Cuba has high crude protein values, moderate fibrous components content, adequate ash levels and phytochemicals, which confirm their potentialities as an alternative food source.

Key words: *alternative protein, nutritional composition, minerals, secondary compounds*

Plukenetia volubilis Linneo (*Sacha inchi*) is a climbing, semi-woody and perennial shrub, from *Euphorbiaceae* (Euforbiáceas) family and *Plukenetia* genus, constituted by 19 species. It is native of the Peruvian Amazonia and it is also known as *Sacha yuchi*, *Sacha yuchiqui* and wild peanut. It is located in other places from America, as Bolivia, Lesser Antilles and Surinam, territories which fulfill the ideal edaphoclimatic requirements for the plant growing (González *et al.* 2022).

This legume has lenticular seeds, rich in oil, proteins and polyunsaturated fatty acids. In addition, has a secondary compound, which could confer to the seeds certain restrictions due to their anti-nutritional implications. However, some of these substances have beneficial effects on the animal's health and welfare. Generally, most of the seeds of this plant are for oil production, which generate a residual

Se caracterizó químicamente la torta de *Plukenetia volubilis* (*Sacha inchi*) cultivada en Cuba. Para evaluar la composición nutritiva se determinó proteína bruta, ceniza, fraccionamiento de la fibra y composición mineral (macronutrientes). Se utilizaron los ensayos cualitativos del tamizaje fitoquímico para estudiar los metabolitos secundarios presentes en la muestra. Los resultados mostraron alto contenido de PB (54.41 %), mientras que los valores de fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, lignina y celulosa fueron bajos (30.97, 11.84, 3.54, respectivamente, y 8.04% de materia seca), si se comparan con tortas de otras oleaginosas. Los grupos funcionales mayoritarios correspondieron a los terpenoides y α amino. Los alcaloides se presentaron de forma moderada y, en menor cuantía, los flavonoides y taninos. La torta de *Sacha inchi* cultivada en Cuba posee elevados valores de proteína bruta, moderados contenidos de componentes fibrosos, adecuados valores de ceniza y fitoquímicos, lo que corrobora sus potencialidades como fuente alimentaria alternativa.

Palabras clave: *proteína alternativa, composición nutricional, minerales, compuestos secundarios*

Plukenetia volubilis Linneo (*Sacha inchi*) es un arbusto trepador, semileñoso y perenne, que pertenece a la familia *Euphorbiaceae* (Euforbiáceas) y al género *Plukenetia*, compuesto por 19 especies. Es oriunda de la Amazonía peruana y también se conoce como *Sacha yuchi*, *Sacha yuchiqui* y maní silvestre. Se encuentra en otros lugares de América, como Bolivia, Antillas Menores y Surinam, territorios que cumplen con las exigencias edafoclimáticas óptimas para el crecimiento de la planta (González *et al.* 2022).

Esta legumbre tiene semillas de forma lenticular, ricas en aceite, proteínas y ácidos grasos poliinsaturados. Además, contienen compuestos secundarios, que podrían imponer ciertas restricciones a las semillas por sus implicaciones antinutricionales. Sin embargo, algunas de estas sustancias tienen efectos benéficos para la salud y el bienestar de los animales. Generalmente, la mayor parte de las semillas de esta planta se destinan a la producción de

cake as byproduct, with high protein content of high nutritional value and other basic nutrients for animal metabolism (Henao-Zambrano and Barreto-Cruz 2016).

In Cuba, this plant was introduced on 2015, from that moment it agricultural development begin and later the oil extraction process. With the certification of best production practices, the Centro de Investigaciones de Plantas Proteicas and Productos Bionaturales was dedicated to oil production, but the chemical composition of the residual cake for its use as livestock food is unknown. That is why the objective of this study was to chemically characterize the *Plukenetia volubilis* (*Sacha inchi*) cake cultivated in Cuba.

The seeds were collected in the establish plantations in El Pitirre farm, from Pinar del Río, located in the western region of Cuba. The cake making was performed in Planta Procesadora de *Sacha inchi*, from Centro de Investigaciones de Plantas Proteicas and Productos Bionaturales. The seeds were shelled to obtain the almonds that were used in the pressing process. The oil extraction was carried out by the seed pressing method at room temperature and a cylinder press with the PO.III.49 from the factory was used. Later of repeating the re-extraction process four times, the residual cake was release and stored in cleaning bags.

The cake was obtained from three lots (bags) of production in the second half of the year 2020. The sampling was directly performed in the bags where the cake was stored, kepted in cold chamber. Three points of each bag were sampling at different depths and these portions were joined to make a representative sample of 1kg per each lot. The material was dried in an air circulation oven at 60 °C for 72h and milled to a 1 mm particle size.

The content of dry matter (DM), ash and crude protein (CP) was quantified according to the methodology described by the AOAC (2019). The neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin and cellulose were calculated in accordance with the procedure proposed by Goering and van Soest (1970).

The macro-elements were determined from the acid digestion of ashes. For the Ca and K quantification an atomic absorption equipment was used, according to the procedures of its Training Manual (Atomic Absorption Spectrophotometer, series WFX-210). The burner height was 10mm. The gases composition was air-acetylene and the flow 4.5 mm/min. The phosphorous determination was performed according to Amaral (1972) methodology.

The secondary metabolites were determined through qualitative chemical tests, according to Miranda and Cuellar (2000). To carry out the phytochemical sieve, the samples were submitted to an extraction process by

aceite, lo que genera una torta residual como subproducto, que tiene elevado contenido de proteína de alto valor nutricional y otros nutrientes básicos para el metabolismo animal (Henao-Zambrano y Barreto-Cruz 2016).

En Cuba, esta planta se introdujo en el 2015, a partir de ahí comenzó su desarrollo agrícola y posteriormente el proceso de extracción del aceite. Con la certificación de las buenas prácticas de producción, el Centro de Investigaciones de Plantas Proteicas y Productos Bionaturales se dedicó a la fabricación del aceite, pero se desconoce la composición química de la torta residual para su aprovechamiento como alimento en la ganadería. Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue caracterizar químicamente la torta de *Plukenetia volubilis* (*Sacha inchi*) cultivada en Cuba.

Las semillas se recolectaron en los sembrados establecidos en la finca El Pitirre, de Pinar del Río, ubicada en la región occidental de Cuba. La elaboración de la torta se llevó a cabo en la Planta Procesadora de *Sacha inchi*, del Centro de Investigaciones de Plantas Proteicas y Productos Bionaturales. Las semillas se descascararon para obtener las almendras que se utilizaron en el proceso de prensado. La extracción del aceite se realizó por el método de prensado de las semillas a temperatura ambiente y se utilizó una prensa cilindro acorde con el PO.III.49 de la propia planta. Luego de repetir el proceso de reextracción cuatro veces, se liberó la torta residual y se envasó en sacos limpios.

La torta se adquirió de tres lotes (sacos) de producción en el segundo semestre del año 2020. El muestreo se realizó directamente en los sacos en que se encontraba almacenada la torta, conservados en cámara fría. Se muestrearon tres puntos de cada saco a diferentes profundidades y se unieron estas porciones para conformar una muestra representativa de 1 kg por cada lote. El material se secó en estufa de circulación de aire a 60 °C durante 72 h y se molió hasta alcanzar tamaño de partícula de 1 mm.

El contenido de materia seca (MS), ceniza y proteína bruta (PB) se cuantificó según la metodología descrita por la AOAC (2019). La fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina y celulosa se calcularon de acuerdo con el procedimiento propuesto por Goering y van Soest (1970).

Los macroelementos se determinaron a partir de la digestión ácida de las cenizas. Para la cuantificación de Ca y K se utilizó un equipo de absorción atómica, según los procedimientos de su Manual de Instrucción (Atomic Absorption Spectrophotometer, serie WFX-210). La altura del quemador fue de 10 mm. La composición de los gases fue aire-acetileno y el flujo de 4.5 mm/min. La determinación de fósforo se realizó según la metodología de Amaral (1972).

Los metabolitos secundarios se determinaron mediante ensayos químicos cualitativos, según Miranda y Cuellar (2000). Para realizar el tamizaje fitoquímico, las muestras se sometieron a un proceso de extracción

maceration with petroleum ether 40-60 and ethanol 90 % v/v during 48h. Later, they were filtered by gravity and the filtrate was stored in amber bottles. Subsequently, the soluble substances in each extract were determined and the crosses system was used to show the presence or absence of metabolites.

A descriptive analysis was performed and the statistics mean, standard deviation, coefficient of variation (%) and minimum and maximum values were determined. The data were processed with the statistical package Infostat, version 2012 (Di Rienzo *et al.* 2012).

In the agribusiness byproducts, the industrial process characteristics which originate them, define, to a large extent, their composition and nutritional quality. The chemical characterization of the evaluated *Sacha inchi* cake is show in table 1.

por maceración con éter de petróleo 40-60 y etanol 90 % v/v durante 48 h. Luego, se filtraron por gravedad y el filtrado se conservó en frascos de cristal de color ámbar. Posteriormente, se procedió a la determinación de las sustancias solubles en cada extracto y se utilizó el sistema de cruces para indicar la presencia o ausencia de los metabolitos.

Se realizó análisis descriptivo y se determinaron los estadígrafos media, desviación estándar, coeficiente de variación, (%) y el valor mínimo y máximo. Los datos se procesaron con el paquete estadístico Infostat, versión 2012 (Di Rienzo *et al.* 2012).

En los subproductos de la agroindustria, las características del proceso industrial que los originan definen, en gran medida, su composición y calidad nutricional. La caracterización química de la torta de *Sacha inchi* evaluada se muestra en la tabla 1.

Table 1. Chemical characterization of *P. volubilis* (*Sacha inchi*) cake from the western of Cuba

Indicators, % DM	Mean, n=3	SD	CV, %	Minimum	Maximum
DM	91.86	0.34	037	91.47	92.09
Ash	5.05	0.06	1.19	4.99	5.11
Ca	1.56	0.07	4.37	1.48	1.61
P	0.68	0.03	3.68	0.66	0.71
K	0.52	0.02	2.96	0.50	0.53
CP	54.41	1.25	2.30	52.97	55.25
NDF	30.97	0.34	1.08	30.62	31.29
ADF	11.84	1.85	15.59	10.29	13.88
Lignin	3.54	1.11	31.36	2.43	4.65
Cellulose	8.04	1.94	24.15	6.44	10.22
Hemicellulose	19.13	1.94	10.16	17.12	21.00

This waste has inorganic compounds, which reach adequate concentrations to satisfy the animal's requirements. The results in ash were similar to those showed (4.8 % DM) by Ruiz *et al.* (2013) in the evaluation of the residual cake of seeds cultivated in Peru.

It was of interest the high content of CP the cake showed, which can be considered an important source of protein. The values found in this experiment are higher up than those mentions by Benítez *et al.* (2018) and Alcivar *et al.* (2020). Likewise, there were lower to the value of 65.6 % DM, informed by Díaz *et al.* (2021) when evaluating the chemical composition of the *Sacha inchi* cake after a cooking treatment. The detected differences can be associated to factors like the used plant ecotype, the seed harvest season and their conservation method, the postharvest labor and the oil extraction process which was used (Ruiz *et al.* 2013).

However, the CP performance, previously described, should be analyzed that in the nitrogenous compounds fraction are the alkaloids, non protein aminoacids, amines and other inorganic nitrogenous compounds that

Este residuo contiene compuestos inorgánicos, que alcanzan concentraciones adecuadas para satisfacer los requerimientos de los animales. Los resultados en ceniza fueron similares a los señalados (4.8 % MS) por Ruiz *et al.* (2013) en la evaluación de la torta residual de semillas cultivadas en Perú.

Resultó de interés el alto contenido de PB que mostró la torta, por lo que se puede considerar una fuente importante de proteínas. Los valores que se encontraron en este experimento se hallan muy por encima de los referidos por Benítez *et al.* (2018) y Alcivar *et al.* (2020). Asimismo, resultaron inferiores al valor de 65.6 % MS, que informaron Díaz *et al.* (2021) al evaluar la composición química de la torta de *Sacha inchi* después de un tratamiento de cocción. Las diferencias detectadas se pueden asociar a factores como el ecotipo de la planta utilizado, la época de cosecha de la semilla y su método de conservación, las labores postcosecha y el proceso de extracción de aceite que se utilizó (Ruiz *et al.* 2013).

No obstante, en el comportamiento de la PB, descrito con anterioridad, se debe analizar que en la fracción de compuestos nitrogenados están presentes los alcaloides, aminoácidos no proteicos, aminas y otros compuestos

can overestimate the protein content. In future studies it could be advisable to take into account with true protein values, which allow distinguishing the amount of non protein nitrogen in the cake.

The results in NDF and ADF were low, if they are compared with cakes from other oleaginous plants (Solomon 2018). However, the NDF founded in this study were higher (16.64 % DM) to those of Alcivar *et al.* (2020), while the ADF and Lig (12.70 and 1.25 % DM) were in the range reported by this authors for the cake from seeds cultivated in Ecuador. The levels of the cell wall are in the ranges of 12-30 % DM, that is why they should not influence negatively on food intake and nutrients degradability.

Despite the nutritive goodness of this evaluated byproduct, the presence of secondary metabolites should be a limitation for their use as food in some animal's species. The secondary compounds of *Sacha inchi* cake cultivated in Cuba are shown in table 2.

nitrogenados inorgánicos que pueden sobreestimar el contenido de proteína. En estudios futuros sería conveniente contar con valores de proteína verdadera, que permitan discernir la cantidad de nitrógeno no proteico presente en la torta.

Los resultados en FDN y FDA resultaron bajos, si se comparan con tortas de otras oleaginosas (Solomon 2018). Sin embargo, los valores de FDN que se hallaron en este trabajo fueron superiores (16.64 % MS) a los de Alcivar *et al.* (2020), mientras la FDA y Lig (12.70 y 1.25 % MS) se encontraron en el rango informado por estos autores para la torta de semillas cultivadas en Ecuador. Los niveles de la pared celular están en los rangos de 12-30 % MS, por lo que no deben influir negativamente en el consumo de alimentos y la digestibilidad de nutrientes.

A pesar de las bondades nutritivas de este subproducto evaluado, la presencia de compuestos secundarios podría ser una limitación para su utilización como alimento en algunas especies de animales. Los compuestos

Table 2. Secondary compounds in *Sacha inchi* cake from the western of Cuba

Secondary metabolites	Test	Reactions	
		Ether	Ethanol
Alkaloids	Dragendorff	++	++
Saponins	Foam	-	-
Tannins	Ferric chloride		+
Terpenes	Lieberman-Burchard	+++	+++
Amines, aminoacids	Nihidrine		+++
Flavonoids	Shinoda		+
Mucilages	Mucilages		+
Quinones	Bontrager	-	-

+++ Abundant, ++ Moderate, + Low, - Absent

The chemical tests allow identifying the presence of several functional groups in the extracts, which correspond to alkaloids, amines, terpenes, tannins, flavonoids and mucilages. On the other hand, the saponins and quinones were not identified with the performed tests. They could be show with the use of higher concentrations of the extract or with other type of analytical method. The possibility of the presence or not of a compound is related with their concentration and association with others, its solubility in the solvent and the extractive process used.

Ancuta and Sonia (2020) highlighted the saponins as one of the main secondary metabolites in cakes from oleaginous plants. Studies performed in *Sacha inchi* cake reported the abundant presence of this metabolite (Ruiz *et al.* 2013). Therefore, the absence of saponins in this experiment could be related with structural changes or with the elimination of some secondary compounds during the oil extraction process (Sá *et al.* 2021).

In this study, there was abundant presence of terpenes

secundarios presentes en la torta de *Sacha inchi* cultivada en Cuba se muestran en la tabla 2.

Los ensayos químicos permitieron identificar la presencia de diversos grupos funcionales en los extractos, que corresponden a los alcaloides, aminos, terpenoides, taninos, flavonoides y mucilagos. En tanto que, las saponinas y quinonas no se identificaron en los ensayos realizados. Aunque no se hayan encontrado estos metabolitos, no significa que no estén presentes. Tal vez se puedan mostrar con el empleo de concentraciones mayores del extracto o con otro tipo de método analítico. Sería factible profundizar en este estudio, debido a la gran variabilidad de estructuras químicas que existe en un mismo grupo. La posibilidad de que se encuentre la presencia o no de un compuesto está relacionada con su concentración y asociación con otros, su solubilidad en el disolvente y el proceso extractivo que se utilice.

Ancuta y Sonia (2020) señalaron a las saponinas como uno de los metabolitos secundarios principales en tortas de oleaginosas. Estudios realizados en torta de *Sacha inchi* informaron la presencia abundante de este

and α amine groups. The alkaloids were showed in moderate way and, in lesser extent, the mucilages, flavonoids and tannins. The results were similar to those showed by Alcivar *et al.* (2020). According to Henao-Zambrano and Barreto-Cruz (2016), the *Sacha inchi*, as other plants from Euphorbiaceae family, is chemically characterized of having secondary metabolites with high diversity of chemical characteristics. These authors refer among the main groups terpenes, saponins and tannins.

It is significant the presence of phenolic compounds in a low way. In previous studies it was showed that these substances are responsible of most of the biological activities of the *Sacha inchi* cake (Muñoz *et al.* 2013).

Despite of the beneficial effects of some of the analyzed secondary compounds, when they are in high proportions in the diet can reduce the maximum use of nutrients (especially proteins, vitamins or minerals). This aspect should be considered because it decreases the nutritive value of the food.

It is considered that the *Sacha inchi* cake cultivated in Cuba is a byproduct with high nutritional quality, which has high CP values, moderate fibrous compounds contents, adequate levels of ashes and phytocompounds that should positively has effect on health, which confirm it potentialities as an alternative food source.

Acknowledgments

Thanks to the researchers María F. Díaz, Bárbara Rodríguez, Maryen Alberto and Lázara Ayala for their collaboration in the research development and to the specialists and technicians from the UCELAB (ICA) for performing the chemical tests of this study.

Conflict of interest

The authors declare that there is not conflict of interest.

Author's contribution

Idania Scull: Conceptualization, research, formal analysis, writing – original draft.

Yaneisy García: Research, formal analysis

Dania Ortega: Data curation

Nereida Albelo: Data curation

Dailyn Sosa: Research, formal analysis

Elaine C. Valiño: Research, formal analysis

Yanelys García: Research, formal analysis

metabolito (Ruiz *et al.* 2013). Por tanto, la ausencia de saponinas en este experimento pudiera estar relacionada con cambios estructurales o con la eliminación de algunos compuestos secundarios durante el proceso de extracción de aceite (Sá *et al.* 2021).

En este estudio, hubo presencia abundante de terpenoides y grupos α amino. Los alcaloides se presentaron de forma moderada y, en menor cuantía, los mucilagos, flavonoides y taninos. Los resultados fueron similares a los señalados por Alcivar *et al.* (2020). Según Henao-Zambrano y Barreto-Cruz (2016), la *Sacha inchi*, al igual que otras plantas de la familia Euphorbiaceae, se caracteriza químicamente por presentar metabolitos secundarios con gran diversidad de estructuras químicas. Estos autores refieren entre los grupos principales terpenoides, saponinas y taninos.

Resulta significativa la presencia de compuestos fenólicos de forma leve. En estudios anteriores se demostró que estas sustancias son responsables de gran parte de las actividades biológicas de la torta de *Sacha inchi* (Muñoz *et al.* 2013).

A pesar de los efectos benéficos de algunos de los compuestos secundarios analizados, cuando se encuentran en proporciones elevadas en la dieta pueden reducir la máxima utilización de nutrientes (especialmente proteínas, vitaminas o minerales). Este aspecto se debe considerar porque disminuye el valor nutritivo del alimento.

Se considera que la torta de *Sacha inchi* cultivada en Cuba es un subproducto con alta calidad nutricional, que posee elevados valores de PB, 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.

Agradecimientos

Se agradece a los investigadores María F. Díaz, Bárbara Rodríguez, Maryen Alberto y Lázara Ayala por su colaboración en el desarrollo de la investigación y a los especialistas y técnicos de UCELAB por la realización de los ensayos químicos de este trabajo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses

Contribución de los autores

Idania Scull: Conceptualización, investigación, análisis formal, redacción – borrador original

Yaneisy García: Investigación, análisis formal

Dania Ortega: Curación de datos

Nereida Albelo: Curación de datos

Dailyn Sosa: Investigación, análisis formal

Elaine C. Valiño: Investigación, análisis formal

Yanelys García: Investigación, análisis formal

References

- Alcívar, J.L., Martínez, M., Lezcano, P., Scull, I. & Valverde, A. 2020. "Technical note on physical-chemical composition of *Sacha inchi* (*Plukenetia volubilis*) cake". Cuban Journal of Agricultural Science, 54(1): 19-23, ISSN: 2079-3480.
- Amaral A. 1972. Técnicas analíticas para evaluar macro nutrientes en cenizas de caña de azúcar. Laboratorio de nutrición de

- la caña. Escuela de Química. Universidad de La Habana.
- Ancuta, P. & Sonia, A. 2020. "Oil Press-Cakes and Meals Valorization through Circular Economy Approaches: A Review". *Applied Science*, 10: 7432-7462, ISSN: 2076-3417. <https://doi.org/10.3390/app10217432>.
- AOAC. 2019. Official Methods of Analysis of AOAC International. Capítulo 4. Animal Feed. Volumen 1. Dr. George Latimer, Jr. Editor, 21st ed., p. 1-77, ISBN: 9780935584899.
- Benítez, R., Coronell, C. & Martin, J. 2018. "Chemical Characterization *Sacha inchi* (*Plukenetia volubilis*) Seed: Oleaginosa Promising from the Colombian Amazon". *International Journal of Current Science Research and Review*, 1(1): 1–12, ISSN: 2581-8341.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. 2012. InfoStat. version 2012, [Windows], Universidad Nacional de Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, Available: <http://www.infostat.com.ar>.
- Díaz, M., Rojas, M.A., Hernández, J.E., Linares, J.L., Durand, L.M. & Moscoso, J.E. 2021. "Digestibilidad, energía digestible y metabolizable del *Sacha inchi* (*Plukenetia volubilis* L.) peletizado y extruido en cuyes (*Cavia porcellus*)". *Revista de Investigaciones Veterinarias de Perú*, 32(5): e19654, ISSN: 1609-9117. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i5.19654>.
- Goering, H. K. & Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analyses: Apparatus, reagent, procedures and some applications. In: *Agriculture Handbook No. 379*. Ed. U.S.D.A. Agricultural Research Service, Department of Agriculture, United States of America, p. 20.
- González, L., Rodríguez, E. A., Vicente, R., González, V. L. & Díaz, Y. 2022. "Caracterización preliminar del aceite de *Plukenetia volubilis* L. (*Sacha inchi*) cultivada en Cuba". *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 27(1): e1227, ISSN: 1028-4796. https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES,
- Henaó-Zambrano, J.C. & Barreto-Cruz, O.T. 2016. "Recursos y nuevas opciones en la alimentación animal: torta de *Sacha inchi* (*Plukenetia volubilis*)". *Rev. Inv. Agrar. Ambient.* 7(1): 83-91, ISSN: 2145-6097.
- Miranda, M. & Cuellar, A. 2000. *Manual de Prácticas de Laboratorio de Farmacognosia y Productos Naturales*. Facultad de Farmacia y Alimentos de la Universidad de La Habana, La Habana, Cuba, p.10, ISSN: 0378-7818.
- Muñoz, A., Ramos, F., Ortiz, C. A., Castañeda, B., Barnett, E., Yáñez, J. & Cajaleón, D. 2013. "Evaluación del contenido de fitoesteroles, compuestos fenólicos y métodos químicos para determinar la actividad antioxidante en semilla de *Sacha inchi* (*Plukenetia volubilis* L.)". *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 76(3): 234-241, ISSN: 1810-634X.
- PO.III.49. 2021. Procedimiento de prensado para la extracción de aceite de las semillas de *Sacha inchi*. Centro de Investigaciones de Plantas Proteicas y Productos Bionaturales. La Habana, Cuba.
- Ruiz, C., Díaz, C., Anaya, J. & Rojas, R. 2013. "Análisis proximal, antinutrientes, perfil de ácidos grasos y de aminoácidos de semillas y tortas de 2 especies de *Sacha inchi* (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*)". *Revista de la Sociedad Química de Perú*, 79: 29-36, ISSN: 1810 634X.
- Sá, A.G.A., Silva, D.C., Pacheco, M.T.B., Franco, Y. M. & Mattar, B.A. 2021. "Oilseed by-products as plant-based protein sources: Amino acid profile and digestibility". *Future Foods*, 3: 100023, ISSN: 2666-8335. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100023>.
- Solomon, J. 2018. Evaluation of oil cakes from amarula (*Sclerocarya birrea*), macadamia (*Integrifolia*) and baobab (*Adansonia digitate* l.) as protein supplements for ruminant diets. Tesis para optar por el título de Maestro en Ciencias en Agricultura, Universidad de South África, South África, 70pp.

Received: June 25, 2022

Accepted: september 18, 2022