

ESTUDIOS PRELIMINARES SOBRE LA CARACTERIZACIÓN DE ACEITES DE SEMILLAS DE SACHA INCHI (*PLUKENETIA HUAYLLABAMBANA*), CULTIVADAS EN LA PROVINCIA DE RODRÍGUEZ DE MENDOZA, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS-PERÚ

*N. Chasquibol*¹

*A. Guinda*²

*Ch. del Águila*²

*J.C. Yácono*¹

*M.C. Pérez*²

Instituto de Investigación Científica

Universidad de Lima

1

RESUMEN

Se ha planteado el estudio de la caracterización fisicoquímica de aceites obtenidos de semillas de sacha inchi (*Plukenetia huayllabambana*) en catorce (14) ecotipos recolectados en caseríos y distritos de la provincia de Rodríguez de Mendoza, Departamento de Amazonas-Perú. Los primeros resultados muestran ligeras diferencias con los aceites de la variedad *volubilis* anteriormente estudiada. Así, los rendimientos grasos de las semillas, mediante prensado en frío fueron de 30,9 – 43,9%. Los aceites presentaron valores de densidades, índices de refracción y viscosidad a 20°C dentro de los valores recomendados en la normativa peruana (NTP). Parámetros de calidad como la acidez, clasificaría a la mayoría de los aceites como vírgenes y en muchos de los casos como extra vírgenes. Los índices de peróxidos presentaron en la mayoría de las muestras, valores inferiores a los 10 meq O₂ Kg⁻¹ establecido en la normativa, con alguna excepción. Índice de yodo, saponificación y los coeficientes de extinción a 270 nm están entre otros parámetros a estudiar. En la evaluación de la composición de los ésteres metílicos de los ácidos grasos, sobresale

¹ Facultad de Ingeniería Industrial, Instituto de Investigación Científica, Universidad de Lima

² Instituto de la Grasa, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC, Sevilla – España

el alto porcentaje del ácido W-3-linolénico por encima de los reportados para la variedad *Plukenetia volubilis*. Los triglicéridos, analizados por HPLC, muestran como especies moleculares mayoritarias aquellas con número de carbono equivalente (ECN) 36, 38, 40 y 42 destacando la especie molecular LnLnL (ECN 38). A pesar de su alta insaturación, los aceites son relativamente estables, principalmente debido a la cantidad de los tocoferoles γ y δ , con concentraciones en algunas muestras el doble a lo reportado para la especie comercial. Otra familia de compuestos de importancia fueron los esteroides que muestran como componentes mayoritarios aquellos de la serie Δ^5 : β -sitosterol, estigmasterol y campesterol.

PALABRAS CLAVE: Ácidos grasos - Caracterización de aceites - Ecotipo - Esteroides - Sacha inchi- *Plukenetia huayllabambana* - Rendimiento graso - Tocoferoles – Triglicéridos.

Preliminary studies on the characterization of sacha inchi (*Plukenetia huayllabambana*) seed oils grown in the province of Rodriguez de Mendoza, Department of Amazonas-Peru

SUMMARY

It has been designed a study on the physico-chemical characterization of oils obtained from the seeds of Sacha Inchi (*Plukenetia huayllabambana*) in 14 ecotypes collected in villages and districts in the province of Rodriguez de Mendoza, Department of Amazonas, Peru. The preliminary results show slight differences with those of *Plukenetia volubilis* variety previously studied. Thus, the yield percentages of the cold-pressed oils was 30,9 – 43,9%. The oils showed density, refractive index and viscosity values at 20 °C, enclosed in those recommended in the normative. Quality parameters as the acidity, classify to all these oils as virgin and in some cases as extra virgin. The peroxide index presented, in the majority of the cases, values lower than 10 meq O₂ kg⁻¹ as is established in the regulation, with a few exceptions. The iodine index, the saponifiable values and, the extinction coefficients at 270 nm were among other some of the parameters to study. In the analysis of fatty acids methyl esters stand the high percentages of the W-3-linolenic acid over those reported for the *Plukenetia volubilis* variety. Triglyceride composition, analyzed by HPLC, showed as major molecular species those with equivalent carbon number (ECN) 36, 38, 40 and 42 emphasizing the value of LnLnL (ECN 38). In spite of their high unsaturation, the oils are relatively stable due to their γ and δ tocopherol content in most of the sample twice for the reported for the commercial variety. Other valuable compounds tested were the sterols: showing as major components those from the Δ^5 serie: β -sitosterol (58,2-66,7%), stigmasterol (27,4-33,5%) and campesterol (4,4-5,8%).

KEY-WORDS: *Fatty acids - Oil characterization - Plukenetia huayllabambana – Sacha Inchi Ecotypes - Sterols - Tocopherols – Triglycerides*

1. INTRODUCCIÓN

El aceite de Sacha Inchi es un aceite muy valorado por sus cualidades sensoriales, que se puede consumir como aceite virgen, sin otro procesado más que su extracción mediante prensado en frío, por lo que puede ser considerado un aceite de gourmet. Dentro de las especialidades gourmet podemos encontrar un limitado número de aceites como los de oliva, aguacate, germen de trigo, salvado de arroz, o el aceite de argán (Cayuela *et al.* 2008:1159-66; Ourracha *et al.* 2012:355-64) muy apreciados por sus propiedades beneficiosas para la salud y sus singulares características de olor y sabor.

Hasta ahora, los aceites de sacha inchi que se comercializan provienen mayoritariamente de la especie *Plukenetia volubilis* L. siendo la de mayor producción y comercialización en el país. Es con esta variedad con la que comenzamos nuestras investigaciones en la Universidad de Lima, a través del proyecto: "Caracterización y autenticación del aceite de semillas de Sacha inchi (*Plukenetia Volubilis* L.) cultivado en la selva peruana", aprobado por el IDIC de la Universidad de Lima y por el programa de Cooperación Universitaria de la AECID (Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo) en el año 2011 (Chasquibol *et al.* 2012:167). Se han llevado a cabo diferentes estudios sobre la composición química de las semillas de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y las características de su fracción lipídica (Guillén *et al.* 2003: 755-62; Bondioli *et al.* 2006:120-23; Gutiérrez *et al.* 2011: 76-83; Fanali *et al.* 2011:13043–49). *Plukenetia huayllabambana*, es otra especie no tan extensa como la *Plukenetia volubilis* L que crece en estado silvestre en la provincia de Rodríguez de Mendoza, Departamento de Amazonas. En la actualidad, en Rodríguez de Mendoza existen 220 hectáreas sembradas de sacha inchi, la cosecha se inicia en el mes de enero, finalizando en el mes de agosto; el rendimiento por cosecha es de 1500 kilos por hectárea y el precio actual en el lugar de S/.10.00 nuevos soles. El objetivo del presente estudio fue contribuir a la caracterización de las semillas de la especie *Plukenetia huayllabambana*, estudiar su viabilidad como alternativa a la especie comercializada, estudiando sus rendimientos grasos y caracterizando su perfil lipídico, sus componentes mayoritarios y minoritarios; así como evaluar la calidad y los antioxidantes naturales de esta especie de la provincia de Rodríguez de Mendoza, debido a que cada día está cobrando más importancia la calidad nutricional de los aceites del tipo gourmet y

entre los compuestos que contribuyen a la calidad nutricional se encuentran los tocoferoles y los esteroides que serán, asimismo evaluados.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Selección de semillas

Para el desarrollo experimental se emplearon catorce (14) ecotipos nativos de semillas de sachá inchi, recolectadas en el mes de abril del año 2012 de distritos y caseríos de la provincia de Rodríguez de Mendoza, Departamento de Amazonas. El muestreo fue realizado en el estado de maduración, empleando tutores vivos para el cultivo a una altitud de 1500-2100 msnm, con un rango de temperatura de 18,6-23,1°C, pH de 6,2 de suelo y materia orgánica de 2,3%. Las semillas de sachá inchi fueron clasificadas, pesadas, almacenadas en bolsas plásticas y guardadas en ambiente libre de humedad. Los lugares de recolección se indican en la Tabla 1.

Tabla 1: Lugares de suministro de las semillas de sachá inchi (*Plukenetia huayllabambana*)

MUESTRA	LUGAR
M1	Rodríguez de Mendoza
M2	Nueva Esperanza
M3	Shucshu (Distrito Longar)
M4	Shucshu (Distrito Longar)
M5	Parcela La Loma (Distrito Longar)
	Parcela la Banda (Distrito Santa Rosa)
M6	
M7	Challayacu
M8	Nueva Luz
M9	Nueva Esperanza
M10	Nueva Esperanza
M11	Chontapampa
M12	Cochamal
M13	Plan Grande
M14	Las Palmeras

2.2. Etapa del descascarillado

La separación de las semillas (Figura 1), se realizó con un equipo descascarado-descapsuladora, de motor de 1/2 HP, monofásico; con placas reguladoras de tamaño y listones de madera para desatorado.

Figura 1. Semillas y cáscara de Sacha Inchi (*Plukenetia huayllabambana*)



2.3. Extracción de aceites

Se realizó la extracción del aceite de las semillas de sacha inchi por el método de prensado hidráulico de forma similar para todos los ecotipos, basado en las etapas previas de limpieza, selección, pelado, secado, pesado, prensado hidráulico y centrifugación, (Figura 2).

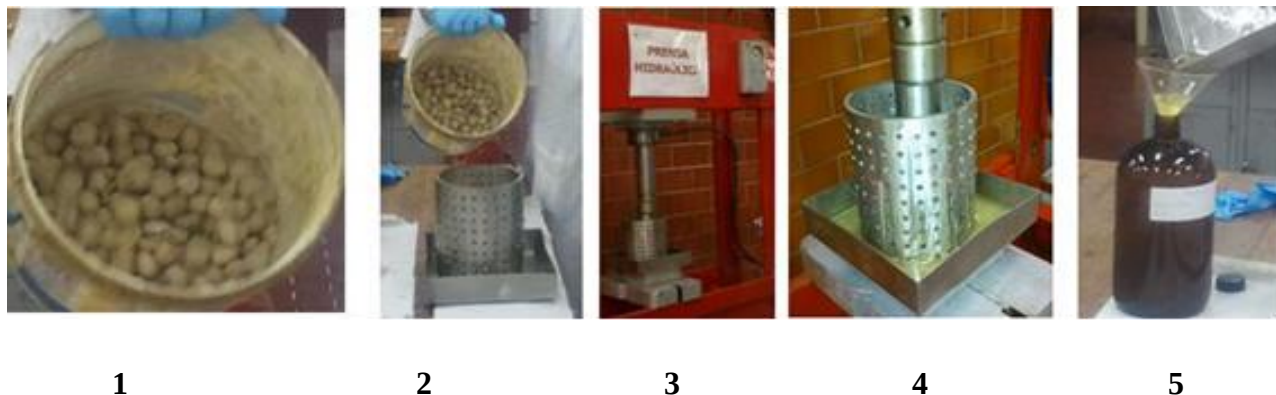
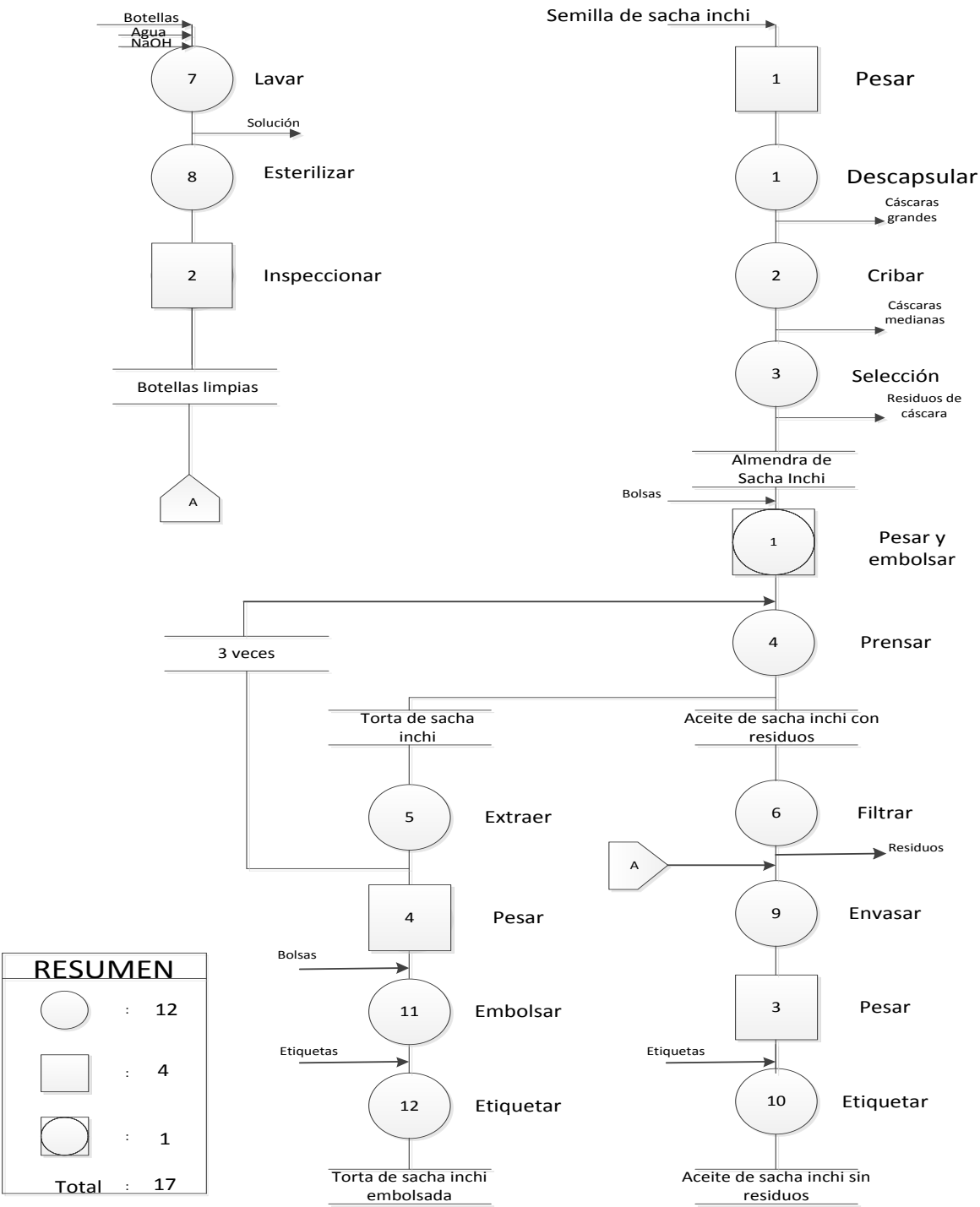


Figura 2. Detalles de las etapas del proceso de la extracción de los aceites de sachu inchi (*Plukenetia huayllabambana*) por prensado hidráulico en frío. 1: Semillas peladas; 2: Carga del cilindro de agujeros; 3 Prensa hidráulica; 4: Émbolo presionando las semillas; 5: Aceite obtenido

Los ensayos de extracción a nivel de laboratorio se llevaron a cabo en dos prototipos, el primero diseñado en la Universidad de Lima, mediante un dispositivo conformado por un cilindro con agujeros de 1/16" el cual contiene la carga de semillas que es presionado por un émbolo accionado por un sistema hidráulico, mediante un motor de 1 HP trifásico y con válvula de control direccional. Luego, en otro dispositivo similar en una prensa manual de 25 TM se completó la extracción. Se utilizó en promedio una cantidad de 2 kg de semillas peladas para obtener cantidad suficiente de aceite para su caracterización. Posteriormente, se filtró por 30 minutos en un filtro por fuerza centrífuga que operó a 3600 rpm, trifásico 220 V y de 2,9 HP. Las muestras de aceite crudo se guardaron en frascos oscuros y a 4°C para su posterior análisis. El diagrama detallado de operación del proceso se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Diagrama de operación del proceso



2.4. Reactivos y disoluciones

Los reactivos y disolventes utilizados para las determinaciones analíticas fueron calidad HPLC. Los patrones de α -, β -, γ - y δ -tocoferol, β -colestanol, n-eicosano, 1-neicosanol fueron suministrados por Merck y Sigma-Aldrich.

2.5. Propiedades físicas

Se determinan las propiedades físicas de viscosidad, densidad e índice de refracción. Para la medida de la viscosidad se trabaja con un rango de cuatro (4) temperaturas, 25°C, 35°C, 45°C y 55°C, posteriormente los datos se analizan obteniendo una recta exponencial y su ecuación correspondiente. Las medidas de densidades son realizadas a 20°C en un viscosímetro equipado con termostato y sistema de adquisición de datos. El índice de refracción se determina con un refractómetro a una temperatura de 20°C (Hilger & Watts Ltd., London, UK).

2.6. Parámetros físico-químicos para la calidad y caracterización de los aceites

Los aceites obtenidos se evalúan mediante parámetros físico-químicos siguiendo la actual legislación peruana (NTP 151.400. 2009) y mediante otras determinaciones incluidas en la reglamentación sobre los aceites de oliva y otros aceites vegetales (EEC N° 2472/1997; EEC N° 61/2011; UNE-AENOR 1991). Los parámetros analíticos son: acidez, índice de peróxidos, índice de yodo, índice de saponificación, coeficientes de extinción a 270 nm, índice de saponificación, composición de esteroides, composición en ácidos grasos y triglicéridos, estabilidad oxidativa, tocoferoles, e hidrocarburos alifáticos

Índice de peróxidos. Se determina mediante la utilización de $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$, cloroformo y KI, valorando posteriormente con Na_2SO_3 . (European Commission Regulation 2011: N°61).

Índice de yodo. Se calcula a partir de la composición de los ácidos grasos mediante la siguiente fórmula (Kyriakidis and Katsiloulis 2000):

$$\text{Índice de Iodo} = 0,95. \% \text{ C16:1} + 0,8986. \% \text{ C18:1} + 1,81. \% \text{ C18:2} + 2,735. \% \text{ C18:3} + 0,8175 \% \text{ C20:1}$$

Fracción insaponificable. Su determinación se basa en la Sección 5.1 del método de análisis publicado por el Consejo Oleícola Internacional (Consejo Oleícola Internacional 2009: N°30) y consiste en la saponificación de los aceites con potasa alcohólica, ebullición durante 30 minutos y extracción del insaponificable con éter etílico. El estudio de los componentes insaponificables se realiza mediante aislamiento en placa fina y posterior determinación cuantitativa por cromatografía gaseosa.

Absorbancia a 270 nm. El coeficiente de extinción a 270 nm se determina mediante espectrofotometría en el ultravioleta-visible. Se miden las absorbancias específicas desde 266-274 nm y a 270 nm. El valor ΔK se calcula empleando como valor de referencia el valor de K_{270} (Consejo Oleícola Internacional 2010: N°3).

Composición en ácidos grasos. Análisis de ésteres metílicos. Los FAMES (Fatty Acids Methyl Esters) se obtienen mediante metilación en frío, con una solución metanólica de KOH 2N (Cert et al. 2000: 447-4562). Tras su obtención, los ésteres metílicos se analizan por cromatografía de gases, utilizando una columna capilar de sílice polar (SP-2380), y como detector la ionización de llama. Las condiciones cromatográficas son establecidas para que el tiempo total de análisis sea de 25 min. La expresión de los resultados se realiza utilizando el método de normalización interna, es decir, el contenido de un componente se calcula determinando el porcentaje que representa el área de su pico en relación a la suma de las áreas de todos los picos considerados estos el 100%.

Composición en triglicéridos. El análisis de triglicéridos se lleva a cabo mediante HPLC, aplicando el método oficial de la UE (Reglamento CE 2472/97), establecido para determinar la composición de triglicéridos en aceites de oliva y expresados mediante su número equivalente de carbono (ECN). Se emplea un cromatógrafo líquido con columna de fase reversa, termostatizada a 20°C, como eluyente se utiliza propionitrilo en modo isocrático, como detector se emplea un índice de refracción, y para la inyección se dispone de un sistema de automático.

La identificación de los picos correspondientes a las diferentes especies moleculares de triglicéridos se realiza comparando los cromatogramas del aceite de las semillas del sachu inchi con perfiles muy estudiados como los de aceites de soja, girasol y oliva, así como mediante inyección de patrones de LLL y OOO. Los resultados se expresan en porcentaje de cada especie molecular respecto al total y agrupando las especies moleculares con el mismo ECN. Este valor se obtiene

teniendo en cuenta el número de átomos de carbono y el número de insaturaciones de los ácidos grasos en una determinada molécula de triglicérido:

$$\text{ECN} = \text{N}^{\circ} \text{ átomos de carbono} - 2 \cdot \text{N}$$

(N = n° de dobles enlace en la molécula)

Así, la molécula de trilinolenina (LnLnLn) tiene un $\text{ECN} = 18 \times 3 - 2(9) = 36$. El triglicérido con dos linolénicos y un Linoleico (LnLnL) tiene un $\text{ECN} = 38$ y así sucesivamente. Los picos correspondientes a triglicéridos con iguales ECN no tienen por qué eluir al mismo tiempo.

Análisis de tocoferoles. Se determinan mediante cromatografía líquida (HPLC) (IUPAC, 1992: método 2432) con detector de fluorescencia, con longitud de onda de excitación 290 nm y longitud de onda de emisión 330 nm; el eluyente en régimen isocrático es hexano: alcohol isopropílico (99:1), a un flujo de 1 mL min^{-1} , columna sílice de $4 \mu\text{m}$ (25 cm longitud x 4 mm diámetro interno) y tiempo aproximado de elución de 15 minutos, como se especifica en la mencionada normativa. Se utiliza una disolución de α -tocoferol como patrón externo. La identificación y cuantificación de tocoferoles se lleva a cabo con patrones de α -, β -, γ - y δ -tocoferoles.

Análisis de esteroides. Se determinan después de la obtención del insaponificable y posterior separación mediante cromatografía de capa fina. Luego del aislamiento los esteroides son derivatizados mediante silanización y determinados cuantitativamente mediante cromatografía gaseosa (IUPAC 1992: método 2401).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Rendimiento del aceite crudo de las semillas del sachu inchi

Los resultados del proceso de pelado y cribado; así como del proceso de prensado y filtrado se muestran en las Tablas 2 y 3, respectivamente. En la Tabla 2, se observa que ingresaron al laboratorio aproximadamente 51 Kg. de semillas de sachu inchi de un total de catorce (14) muestras, obteniendo un peso total de semillas sin cáscara de 1322 a 2897,9 g, los cuales se emplearon para el proceso de prensado y extracción de los aceites.

Tabla 2: Resultados del proceso de pelado y cribado

	PELADO			CRIBADO			
	PESO DE SEMILLAS (g)	PESO DE SEMILLA Y CÁSCARA PELADA (g)	PERDIDA EN PELADO (g)	PESO DE SEMILLAS EN CRIBADO (g)	PERDIDA EN CRIBADO (g)	PESO TOTAL DE SEMILLAS SIN CÁSCARA (g)	PESO TOTAL DE CÁSCARAS (g)
	(1)	(2)	(3)=(1)-(2)	(4)	(5)	(6)=(4)+(5)	(7)
M1	3854,8	3480,4	374,4	1954,5	211,0	2165.5	1314,9
M2	3772,6	3768,1	4,500	1996,1	479,5	2475.6	1292,6
M3	2394,5	2225,8	168,7	1192,8	129,2	1322.0	904,00
M4	3227,8	3094,6	133,2	1807,2	128,4	1935.6	1159,1
M5	3292,7	3200,0	92,70	1895,1	118,6	2013.7	1186,3
M6	3631,5	3574,7	56,80	2053,3	156,6	2209.9	1364,9
M7	3609,9	3550,4	59,50	2046,2	172,3	2218.5	1332,0
M8	3745,9	3724,2	21,70	2001,7	250,8	2252.5	1471,7
M9	3702,1	3662,5	39,60	2191,9	127,8	2319.7	1342,9
M10	3723,3	3691,9	31,40	2213,2	112,5	2325.7	1366,2
M11	4559,8	4345,8	214,0	2744,7	153,2	2897.9	1601,1
M12	3751,5	3560,4	191,1	2272,3	134,3	2406.6	1288,1
M13	3803,5	3633,8	169,7	2310,2	102,9	2413.1	1323,6

3							
M1							
4	3646,8	3516,9	129,9	2614,5	72,60	2687,1	1202,4

Se observa, (Tabla 3) que el porcentaje de aceite prensado fue de 30,92 a 43,93% y el porcentaje de rendimiento de aceite-filtrado varió de 30,26 a 41,22%; siendo en muchos casos superior a los rendimientos del aceite crudo obtenido de las semillas de *Plukenetia volubilis* L. (Chasquibol *et al.* 2012:167).

Tabla 3: Resultados del proceso de prensado y filtrado

MUESTRAS	PRENSADO			FILTRADO	
	PESO TOTAL DE SEMILLAS SIN CASCARA (g)	PESO DE ACEITE PRENSADO (g)	RENDIMIENTO DE ACEITE PRENSADO (%)	PESO DE ACEITE FILTRADO (g)	RENDIMIENTO DE ACEITE FILTRADO (%)
	(8)=(6)	(9)	(10)=(9)/(8)	(11)	(12)=(11)/(8)
M1	2165,5	951,3	43,93%	892,3	41,21%
M2	2475,6	878,2	35,47%	862,8	34,85%
M3	1322,0	564,0	42,66%	423,8	32,06%
M4	1935,6	828,8	42,82%	797,8	41,22%
M5	2013,7	866,9	43,05%	825,0	40,97%
M6	2209,9	847,3	38,34%	838,3	37,93%
M7	2218,5	827,4	37,30%	793,8	35,78%
M8	2252,5	739,4	32,83%	698,8	31,02%
M9	2319,7	866,1	37,34%	778,7	33,57%
M10	2325,7	894,6	38,46%	848,3	36,48%
M11	2897,9	975,2	33,65%	876,8	30,26%
M12	2406,6	850,4	35,34%	815,9	33,90%
M13	2413,1	810,4	33,58%	802,7	33,26%
M14	2687,1	830,8	30,92%	929,6	34,59%

En la tabla 4 se recoge el resultado del análisis estadístico del porcentaje de rendimiento de aceite prensado, así como el porcentaje del rendimiento del aceite filtrado.

Tabla 4. Estudio estadístico del proceso de prensado y filtrado

PARAMETROS ESTADISTICOS	PRENSADO			FILTRADO	
	PESO TOTAL DE SEMILLAS SIN CASCAR A(g)	PESO DE ACEITE PRENSADO(g)	RENDIMIENTO DE ACEITE- PRENSADO(%)	PESO DE ACEITE FILTRADO (g)	RENDIMIENTO DE ACEITE- FILTRADO(%)
N	14	14	14	14	14
Media	2260,24	837,91	37,55%	798,89	35,51%
Mediana	2286,10	848,83	37,32%	820,45	34,72%
Desv. Estándar	366,65	97,72	4,23%	121,56	0,66%
Varianza	134429,76	9,549,36	0,18%	14,776,69	0,13%
Máximo	2897,90	975,20	43,93%	929,60	41,22%
Mínimo	1322,00	564,00	30,92%	423,80	30,26%

3.2. Evaluación fisicoquímica

3.2.1. Determinación de propiedades físicas

Todos los aceites presentaron un color amarillo transparente, con valores de densidad a 20°C comprendidas entre 0,92 - 0,93 g cm⁻³ e índices de refracción entre 1,480 y 1,482 (Tabla 5). Las medidas de densidad están dentro de los valores establecidos en la Norma Técnica Peruana para los aceites de Sacha Inchi (NTP 151.400. 2009), donde se indican valores de 0,926-0,931 g cm⁻³ determinados a esta misma temperatura de 20°C. Los valores de densidad calculados para los aceites de sachá inchi *Plukenetia huayllabambana* son ligeramente más alto que aquellos reportados para otros aceites vegetales tales como los de maíz y de soya.

Los rangos de índice de refracción a 20°C también se encuentran dentro de los valores de la NTP que indica un valor a esta misma temperatura de 1,478-1,481. Estos resultados son más altos que los registrados para los aceites de maíz, soya y girasol, debido a que el índice de refracción se incrementa con el número de enlaces dobles.

Las viscosidades de los aceites de *Plukenetia huayllabambana* son relativamente altas (41,2-44,0 mm² s⁻¹) (Tabla 5), teniendo en cuenta su alto contenido de ácidos grasos insaturados. En la Figura 4 se muestra la ecuación de la recta correspondiente a la viscosidad cinemática de la muestra referenciada como M3.

Tabla 5. Propiedades físicas, densidad, índice de refracción y viscosidad de los aceites extraídos por presión

Parámetros	Medida ± DS	Rango
Densidad (g cm ⁻³)	0,93 ± 0,0	0,92 – 0,93
Índice de refracción	1,480 ± 0,0	42,8 ± 0,9
Viscosidad (mm ² s ⁻¹)	1,480 – 1,482	41,2 – 44,0

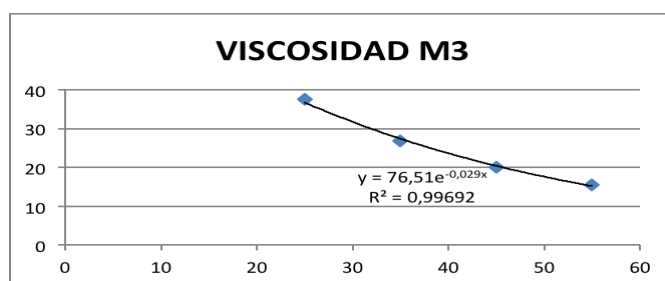


Figura 4. Viscosidad cinemática de una muestra de aceite de Sacha Inchi (*Plukenetia huayllabambana*)

3.2.2. Parámetros de calidad y caracterización

Las medias de los parámetros definidos como de calidad: índice de peróxidos, coeficientes de extinción y acidez (Tabla 6) indican que los aceites presentan valores medios entre los establecidos en la normativa. Para la acidez, la NTP establece un valor máximo de 2% de ácido oleico para los aceites vírgenes y un valor de 1% para los extra vírgenes. Algunos aceites de sachá inchi *Plukenetia huayabambana* presentan valores fuera del rango establecido en la normativa. Dado el especial cuidado puesto en la obtención de estos aceites, es difícil pensar en un proceso de hidrólisis enzimática, tras la obtención y/o durante el periodo de conservación, mas bien, antes de la obtención de los aceites, probablemente estos ácidos libres estén presentes en la propia semilla, por lo que habría que estudiar en profundidad este hecho (*Norma del Codex para aceites vegetales especificados*, 210-1999:1-14)

La NTP del aceite de sachá inchi indica valores de peróxidos como máximo de 10 meq O₂ activo kg⁻¹ de aceite y, aunque la media de los datos estudiados cumple con la normativa, se han encontrado algunas muestras fuera del rango establecido, debido a la gran susceptibilidad a la oxidación de los aceites con ácidos grasos poliinsaturados.

Los índices de yodo y de saponificación son más elevados que los reportados para el aceite de las semillas de *Plukenetia volubilis* L., (Chasquibol *et al.* 2012:167), lo que explica sus particulares propiedades secantes.

Tabla 6. Parámetros físico-químicos relacionados con la calidad de aceites de sachá inchi
Plukenetia huayllabambana

Parámetros	Medida $\pm$ DS	Rango
Índice de Peróxidos (meq O ₂ Kg ⁻¹)	8.4 $\pm$ 0.2	1,5 – 19,1
Extinción a 270 nm	0,14 $\pm$ 0,05	0,10 – 0,28
ΔK	0,03 $\pm$ 0,01	0,01 – 0,04
Grado de Acidez % de ácido oleico	1,8 $\pm$ 0.0	0,5 – 4,7
Índice de Yodo (g I ₂ 100 g ⁻¹)	214.5 $\pm$ 2,1	210,5 – 217,9
Índice de saponificación	185,5 $\pm$ 5,0	181,9 - 193,5

Composición en ácidos grasos. Un cromatograma de los ésteres metílicos de los ácidos grasos correspondiente a una de las muestras de sachá inchi (*Plukenetia huayllabambana*) estudiada se presenta en la Figura 5. Según la NTP estos aceites deben contener como mínimo los valores que se indican para los siguientes ácidos grasos:

ácido oleico (C18:1)	7,9%
ácido linoleico (C18:2)	24,0%
ácido linolénico (C18:3)	55,0%.

Todas las muestras cumplen con el contenido mínimo esperado para el ácido W-3-linolénico. Sin embargo, los contenidos en los ácidos W-9-oleico y W-6-linoleico, son inferiores a los citados en la NTP. Las semillas de sachá inchi *Plukenetia huayllabambana* presentan un contenido tan alto de linolénico que el resto de los ácidos disminuyen porcentualmente, resultando ligeramente diferente en ésteres metílicos de las variedades de sachá inchi estudiadas en la normativa, por lo que posteriores estudios nos confirmarán la conveniencia de una revisión de la citada normativa.

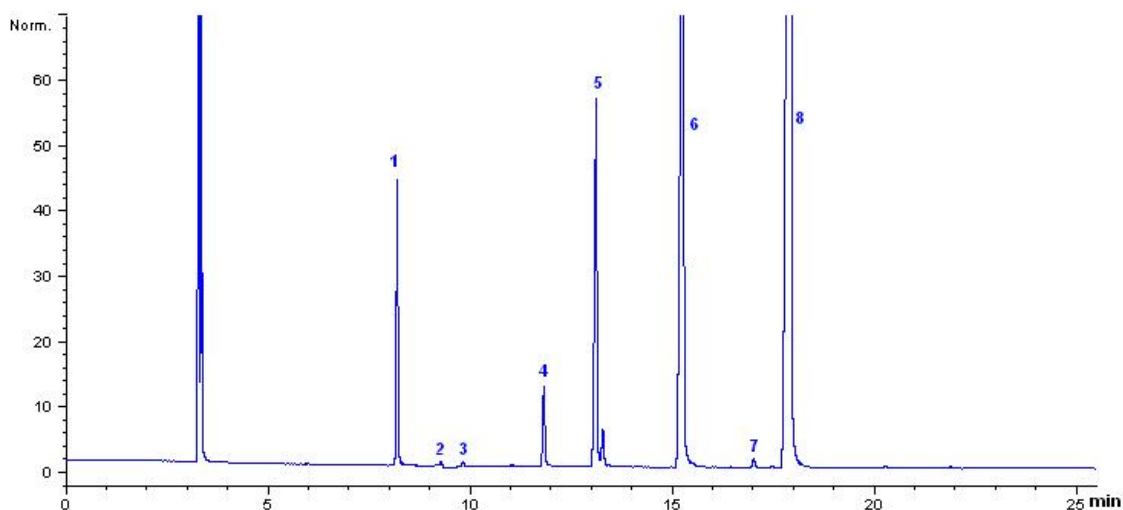


Figura 5. Cromatograma de ésteres metílicos del Aceite de Sacha Inchi (*Plukenetia huayllabambana*). 1: Palmítico $C_{16:0}$; 2: Palmitoleico $C_{16:1}$; 3: Margárico, $C_{17:0}$; 4: Esteárico $C_{18:0}$; 5: Oleico $C_{18:1}$; 6: Linoleico $C_{18:2}$; 7: Araquídico $C_{20:0}$; 8: Linolénico $C_{18:3}$.

Composición de triglicéridos. En la Figura 6 se presenta un cromatograma del perfil de triglicéridos característico de una de las muestras estudiadas. Y en la tabla 13, se recogen las diferentes especies moleculares de triglicéridos (TG) constituyentes del aceite de las semillas de sachá inchi *Plukenetia huayllabambana*. Los datos obtenidos muestran que los aceites están formados por triglicéridos altamente insaturados, siendo la especie molecular con dos moléculas de W-3-linolénico y una molécula de linoleico (LnLnL, di-linolenin-linoleina), con ECN 38, la que presenta mayor porcentaje en todas las muestras analizadas (25,3-27,5%). También en todos los casos se ha encontrado especies moleculares con número de carbón equivalente (ECN): 36 (18,7-22,2%); 40 (19,2-21,8%) y 42 (19,4-22,8%), respectivamente. La NTP no reporta la identificación ni la composición de triglicéridos.

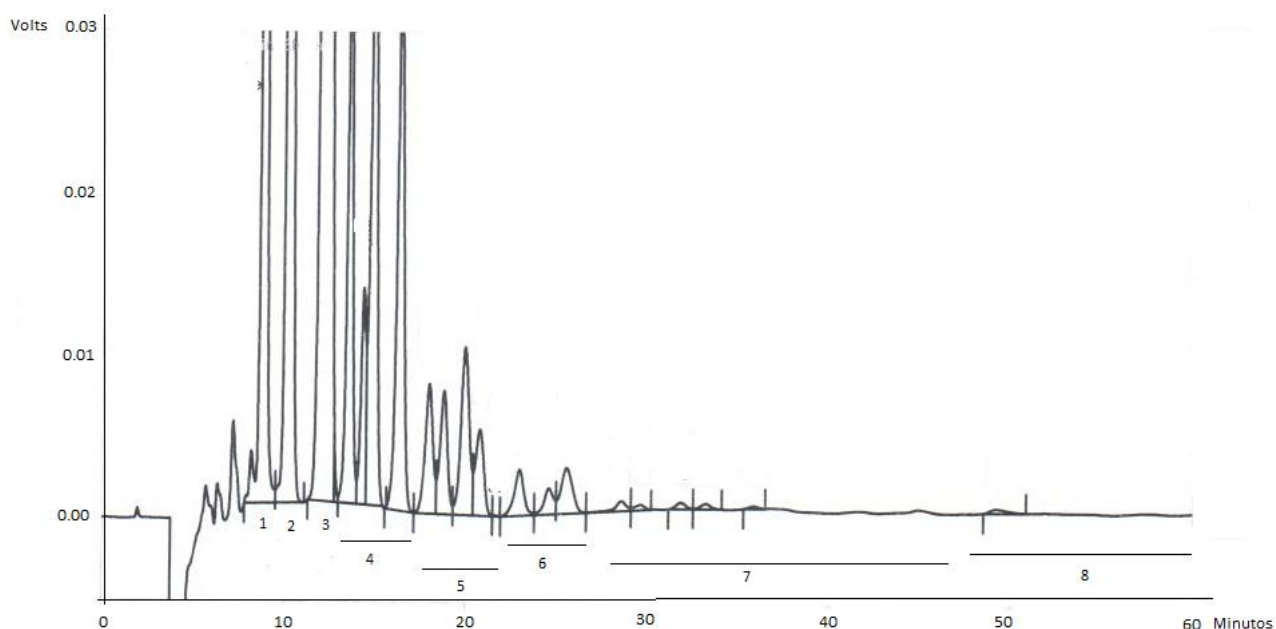


Figura 6. Cromatograma de triglicéridos del Aceite de Sacha Inchi (*Plukenetia huayllabambana*)
 1: ECN 36; 2: ECN 38; 3: ECN 40; 4: ECN 42; 5: ECN 44; 6: ECN 46; 7: ECN 48; 8: ECN 50.

Tabla 7. Especies moleculares de triglicéridos de aceites de sachá inchi *Plukenetia huayllabambana*

ECN 36	LnLnLn
ECN 38	LnLnL
ECN 40	LnLL + LnLnP+LnLnO
ECN 42	LLL+OLLn+PLLn
ECN 44	LLO + OOLn +LLP+ POLn
ECN 46	OOL+ LnPP+ PLO
ECN 48	OOO+ POO
ECN 50	SSO

Las especies moleculares de triglicéridos más característicos presentes en los aceites de semillas comestibles como soya o girasol son aquellos con ECN 42 (LLL+OLLn+PLLn). Estos triglicéridos en los aceites de las semillas del sachá inchi *Plukenetia huayllabambana*, se encuentran en porcentajes entre 19,4-22,8%. Por último, dada la baja proporción de oleico en el aceite de las semillas del sachá inchi *Plukenetia huayllabambana*, especies moleculares

como trioleína (OOO), importante en aceites con alto contenido en ácido oleico, como en el aceite de oliva, no está presente, estando el ácido oleico distribuido en triglicéridos con otros ácidos completando la molécula como en LLO ó OOLn, pero no como OOO.

Fracción Insaponificable. La fracción insaponificable aislada de los aceites la componen todos aquellos compuestos que no poseen una función ácida que pueda formar jabón. Se trata de compuestos y familias de compuestos con polaridad, estructura y funciones muy diversas: hidrocarburos, esteroides, tocoferoles, alcoholes lineales y triterpénicos entre otros, todos ellos denominados también componentes menores insaponificables y cuya función dentro de cada aceite es muy importante, tanto desde el punto de vista de la nutrición como de la caracterización. Los porcentajes obtenidos son superiores en gran parte de las muestras que hemos estudiado (Media = $1,3 \pm 0,5$) a los valores establecidos en la NTP encontrándonos con la paradoja de que esta fracción la componen mayoritariamente esteroides y tocoferoles cuyo papel es muy importante en los aceites y la normativa está poniendo límites a sus valores máximos.

Composición de tocoferoles. En la Figura 7 se presenta un cromatograma de tocoferoles correspondiente a una de las muestras estudiadas. Según la NTP del sachá inchi estos aceites deben contener como mínimo 1900 mg Kg^{-1} de tocoferoles totales (gamma y delta tocoferol). En todos los aceites analizados se han encontrado altos contenidos tanto de γ - como de δ -tocoferol, presentando un contenido total el doble a lo requerido en la normativa. Estos valores resultaron ser ligeramente inferiores a los contenidos totales reportados para los aceites de las semillas de *Plukenetia volubilis* L (Chasquibol *et al.* 2012:167). En todos los casos el contenido total para las especies estudiadas resulta ser mucho más elevado que los proporcionados por aceites como los de sésamo, girasol, soya, maíz o pepitas de uva, entre otros; lo que lo convierte en un aceite con un elevado poder antioxidante y que debería ser incluido en la dieta alimentaria porque según los estudios realizados sobre estos componentes menores insaponificables, defiende a las células reduciendo el estrés oxidativo, estimula el sistema inmunológico y frena el desarrollo de la enfermedad de Alzheimer (Sayago *et al.* 2007:74-86). Asimismo, ayuda a reducir los niveles de colesterol (Packer y Obermüller

2002:355-64)), reduce la peroxidación lipídica (Wagner *et al.* 2001:161-7), presenta actividad antihipertensiva (Perona *et al.* 2004:1113-21) y puede ser empleado en el campo de la cosmética también por sus propiedades antioxidantes (Je Kyung 2000:869354; Pfeffer-Slobodinsky 2004:1019748).

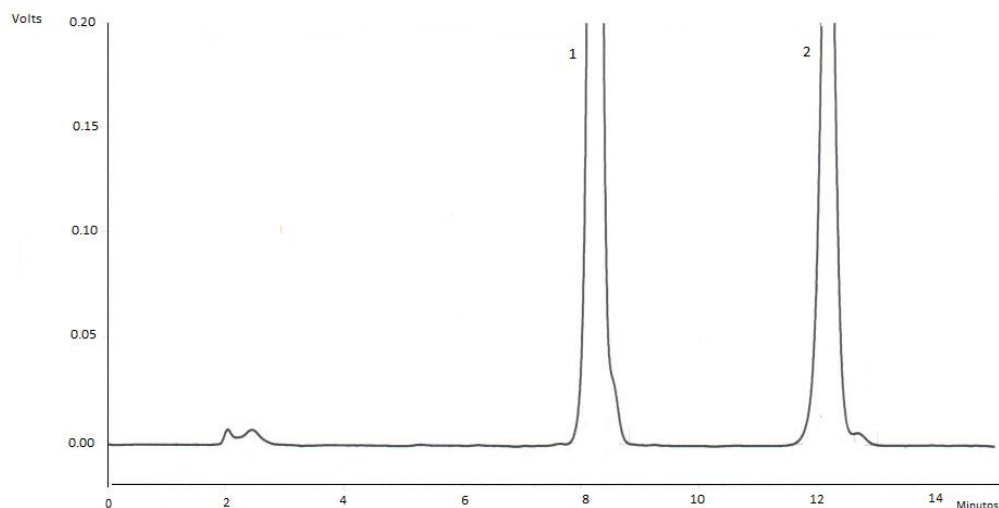


Figura 7. Cromatograma Tocoferoles del Aceite de Sacha Inchi (*Plukenetia huayllabambana*). 1: γ Tocoferol; 2: α Tocoferol

Composición en esteroides. En la Figura 8 se muestra un cromatograma representativo del perfil de esteroides de una de la muestras de aceite de sachá inchi estudiadas. La NTP, no reporta la identificación ni el contenido de esteroides.

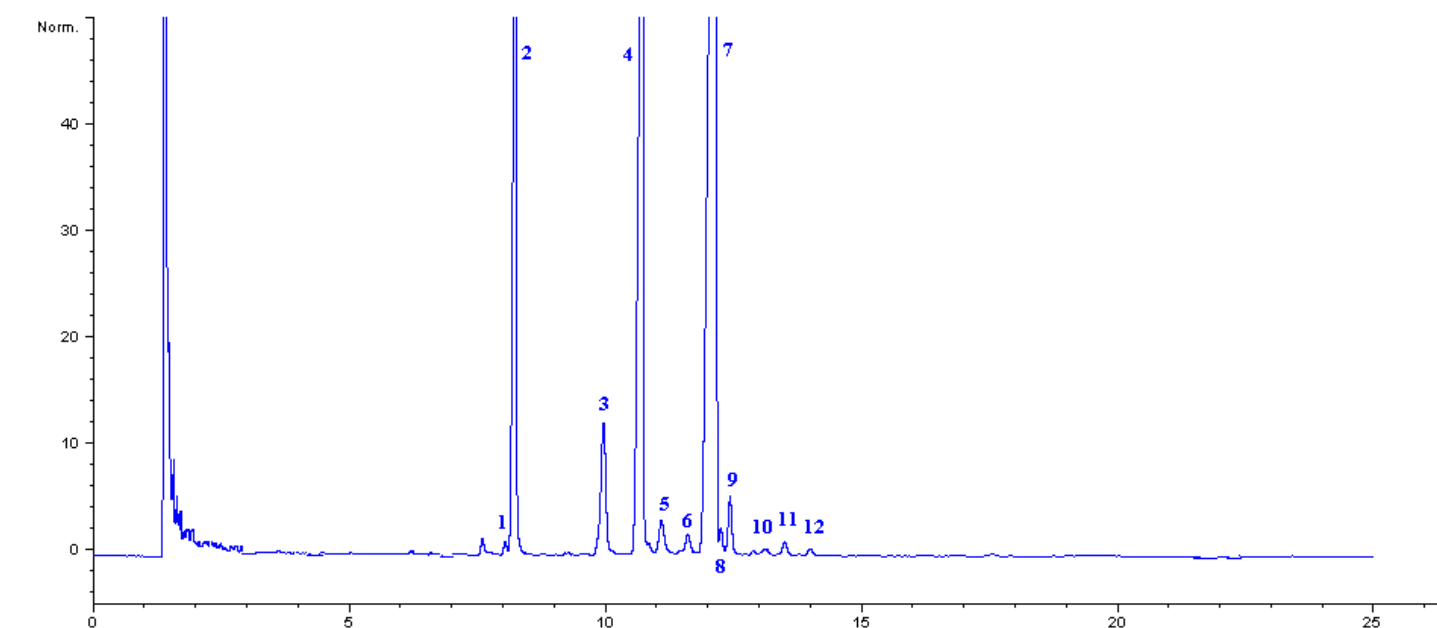


Figura 8. Cromatograma de esteroides del Aceite de Sacha Inchi (*Plukenetia huayllabambana*)
 1: Colesterol; 2: I.S.; 3: campesterol; 4: Estigmasterol; 5: Δ^7 - Campesterol; 6: Clerosterol; 7: β -Sitosterol; 8: Sitostanol; 9: Δ^5 -Avenasterol 10: $\Delta^5,24$ Estigmastadienol; 11: Δ^7 -Estigmastenol; 12: Δ^7 -Avenasterol

El rango encontrado para el contenido de esteroides totales es de 1652,9-2236,0 mg Kg⁻¹, mostrando como componentes mayoritarios aquellos esteroides de la serie β -5: β -sitosterol (57,9-63,1%), estigmasterol (26,5-32,3%) y campesterol (4,5-5,6%) y como componentes minoritarios: Δ^7 avenasterol (0,2-3,4%), sitostanol (0,5-0,8%), Δ^7 campesterol (0,1-1,5%). El consumo de aceites de sachu inchi sería recomendable porque a los esteroides se les atribuye propiedades antitumorales, bactericidas y fungicidas (Hallikainen and Uusitupa 1999). Sin embargo, el efecto mejor caracterizado y científicamente demostrado, es el efecto hipocolesterolémico, tanto a nivel del colesterol total como del colesterol-LDL (Nguyen 1999; Valenzuela *et al.*, 2004).

CONCLUSIONES

Plukenetia huayllabambana, es una especie de sachá inchi, no tan extensa como la *Plukenetia volubilis*, con la que hemos comenzado unos estudios con 14 ecotipos de la especie, y ya podemos concluir, por los resultados preliminares obtenidos, que muestra ligeras diferencias con la composición de la variedad *volubilis* previamente estudiada. Un aspecto muy importante a tener en cuenta, y que cada día está cobrando más importancia es la calidad nutricional de los aceites y entre los compuestos que contribuyen a la calidad nutricional destacan los ácidos grasos, tocoferoles y los esteroides, de los cuales, estos aceites poseen cantidades importantes para satisfacer las demandas nutricionales del organismo. Sin embargo, en algunos de los aceites analizados los resultados de parámetros de calidad como el grado de acidez y el índice de peróxidos están por encima de los requisitos de la Norma Técnica Peruana de sachá inchi. Ante estos resultados pensamos que factores como la calidad y la preparación de semilla a procesar deberían estar estrictamente controlados, ya que puede ser un factor determinante para la obtención de un aceite de calidad. Sin embargo no hay que descartar que otros factores, intrínsecos a las propias semillas, puedan ser el motivo. Estos resultados preliminares nos indican la necesidad de seguir profundizando en nuestros estudios para conseguir una mejora en la calidad de los aceites vírgenes, disminuyendo los índices de acidez y de peróxidos, aumentando los rendimientos, mejorando la conservación de los aceites, mejorando la estabilidad durante el almacenamiento y la calidad sensorial.

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ingeniería Industrial y al Instituto de Investigación Científica de la Universidad de Lima (IDIC) por la financiación otorgada para la realización de este trabajo. A la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) por la concesión del proyecto AP/036672/11. A los señores: M. Bocanegra, M. Muñiz de Mamani, E. Arista Salazar, M.A. Arista Salazar, J.A. Arista Vargas, J.H. Arista Gómez, C. Rojas Saucedo, O. Acosta Fernández, J.O. Puscón Culqui, G.Mori Culqui, J.M. Calderón Fernandez, M. J. Culqui, S. Ayala Rodríguez y E. Puscón Rojas, por las facilidades y el suministro de las semillas.

REFERENCIAS « »

BONDIOLI P. and B.L.DELLA B.L.

2006 «Alpha linolenic acid rich oils. Composition of *Plukenetia volubilis* (Sacha inchi) oil from Peru». En: *Riv. Ital. Sostanze Grasse* N° 83, pp.120-123.

CAYUELA J.A, M. RADA, M.C. PÉREZ CAMINO, M. BENAÏSSA, A. ELAMRANI and A. GUINDA.

2012 «Detection of argan oil adulterated with vegetable oils: New markers». En: *Grasas y Aceites*, N°63, pp.355-364.

2008 «Characterization of artisanally and semiautomatically extracted argan oils from Morocco». En: *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* N° 110, pp.1159-1166.

CERT, A., W. MOREDA, and M.C. PÉREZ-CAMINO

2000 «Methods of preparation of fatty acid methyl esters (FAME). Statistical assessment of the precision from a collaborative trial». En: *Grasas Aceites*, N° 51, pp.447-4562.

CHASQUIBOL N., W. MOREDA, J.C. YÁCOMO and M.C. PÉREZ CAMINO

2012 «Preliminary characterization studies on Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and oils grown in San Martín, Peru». En: 20th International Symposium on Plant Lipids ISPL. Sevilla-España, Julio, pág. 167.

FANALI Ch., L. DUGO, CACCIOLA, M. BECECCARIA, S. GRASSO, M. DACH, P. DUGO P. and L. MONDELLO

2011 «Chemical Characterization of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Oil». En: *J. Agric. Food Chem.* N° 59, pp.13043–13049.

GUILLÉN M.D., A. RUIZ A., N. CABO N., R. CIRINOS and G. PASCUAL

2003 «Characterization of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Oil by FTIR Spectroscopy and ¹H NMR. Comparison with Linseed Oil». En: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, N° 80,

pp.755-762.

GUTIÉRREZ LF., L.M. ROSADA and A. JIMENEZ

2011 «Chemical composition of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction». En: *Grasas y Aceites*, N° 62, pp.76-83.

HALLIKAINEN M, M. UUSITUPA

1999 «Effects of low-fat stanol ester-containing margarines on serum cholesterol concentrations as part of a low-fat diet in hypercholesterolemic subjects». En: *Am. J. Clin. Nutr.* 69, 403-410.

IUPAC

1992a. «Standard method for the analysis of oils, fats and derivatives». Method 2432 (Pergamon Press, Oxford).

IUPAC

1992b. «Determination of the unsaponifiable matter». Method 2401. In A. Paquot & X. Hautfenne (Eds.), IUPAC standard method for the analysis of oils, fats and derivatives (Seventh ed. Oxford: Blackwell)

KYRIAKIDIS, N.B. and T. KATSILOULIS

2000 «Calculation of iodine value from measurements of fatty acid methyl esters of some oils: comparison with the relevant American Oil Chemists Society Method» En: *J. Am. Oil Chem. Soc.* 77, 1235-1238

PACKER L. and J.U. OBERMULLER

2002 «Vitamin E in Disease Prevention and Therapy: Future Perspectives» En: Packer L, Traber M, K. Kraemer K, B. Frei (Ed.) *The Antioxidant Vitamins C and E*, AOCS Press, California, pp.255-288.

PERONA JS., J. CAÑIZARES, E. MONTERO, J.M. SÁNCHEZ –DOMÍNGUEZ, A.
CATALÁ and V. RUIZ-GUTIERREZ

2004 «Virgin olive oil reduces blood pressure in hypertensive elderly subjects». En: *Clin. Nutr.* N° 23, pp.1113-1121.

PFEFFER-SLOBODONSKY A.S.

Emulsion to preserve keen edge of a blade. Brasil. Patent written in English. Application:
US 2003-444739 20030523. CAN 142:11247 AN 2004:1019748

SAYAGO A., M.I. MARÍN, R. APARICIO y M.T. MORALES

2007 «Vitamina E y aceites vegetales». En: *Grasas y Aceites*, N° 58 (1), pp.74-86.

VALENZUELA A.B. y AM. RONCO

2004 «Fitoesteroles y fitoestanoles: aliados naturales para la protección de la salud cardiovascular». En: *Rev Chil Nutr.* N° 21, pp: 161-169.

WAGNER KH., R. TOMASCH and I. ELMADFA

2001 «Impact of diets containing corn oil or olive/sunflower oil mixture on the human plasma and lipoprotein lipid metabolism». En: *Eur. J. Nutr.* N° 40, pp.161-167.

Consejo Oleica Internacional, COI/T.20/Doc. N° 30, Noviembre 2009

Consejo Oleica Internacional, COI/T.15/N.C N° 3/Rev.5, Noviembre 2010

Norma Técnica Peruana, NTP 151.400. 2009. “*Aceite de Sacha Inchi. Requisitos*”. R.035-2009/INDECOPI-CNB. Publicada el 2010-02-20, pp.7-8

Reglamento (CE) N° 2472/97 de la Comisión de 11 de diciembre de 1997 por el que se modifica el Reglamento (CEE) n° 2568/91 relativo a las características de los aceites de

oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis y el Reglamento (CEE) nº 2658/87 del Consejo relativo a la nomenclatura arancelaria y estadística.

European Commission Regulation 2011. EEC No 61/2011 of 24 January 2011 amending Regulation No 2568/91/EEC on the characteristics of olive oil and olive-residue oil and on the relevant methods of analysis.

Norma del Codex para aceites vegetales especificados, CODEX STAN 210-1999, pág. 1-14
JE Kyung Y. Therapeutic composition for treating a pigmentation. Repub. Korean Kongkae Taeho Kongbo. Patent written in Korean. Application: KR 9917677 19990517.CAN 142:100308 AN2004:869354.