

OBTENCIÓN DE LÍPIDOS ESTRUCTURADOS A PARTIR DE MEZCLAS BINARIAS DE ACEITES DE CASTAÑA (*Bertholletia excelsa*) Y SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.)

Dora García¹, Arturo Seclen¹, Duma Rengifo¹, Robinson Saldaña¹, Éricka Dávila¹,
Claudia Merino², Víctor Sotero^{2*}

RESUMEN

Se presenta en este estudio las características físicas y químicas de mezclas binarias del aceite de castaña y sacha inchi, dos productos obtenidos de especies originarias y cultivadas en la amazonía peruana, y cuyo uso potencial estaría en la línea de alimentos funcionales, obteniéndose productos con alta concentración de ácidos grasos esenciales (omega-3 y omega-6), los mismo que están asociados a la prevención o tratamiento de diversas patologías. Se estableció un diseño experimental con mezclas puras de aceites de castaña (C-1) y sacha inchi (S-1), en proporciones de más a menos de aceite de castaña en fracciones de (C - 1/4), (C - 1/2) y (C - 3/4). Las mezclas fueron sometidas a una reacción de interesterificación utilizando como catalizador metóxido de sodio, y sobre éstas antes y después de la interesterificación se realizó análisis físicos y químicos. Los ácidos grasos fueron cuantificados por cromatografía gaseosa, en la que se observa que la concentración de ácidos grasos insaturados en la mezcla binaria (C - 1/4) varió de 93,588 a 99,370% y las concentraciones de ácidos linolénico (ω -3) en las mezclas (C - 1/4), (C - 1/2) y (C - 3/4) sin esterificar fueron de 28,081; 35,095 y 36,644%, y en estas mismas muestras interesterificadas se obtuvo 24,797; 21,959 y 37,490%, respectivamente. Se observó que existió un ligero incremento del punto de fusión de las mezclas siendo de 4,07 a 6,00 °C antes de la interesterificación, y después de ser interesterificadas varían de 5,07 a 7,00 °C. La mayor variación fue en el índice de saponificación que varió de 54,31-56,20 mg KOH/g de aceite a 155,43 – 163,13 mg KOH/g de aceite.

Palabras clave: Interesterificación, *Bertholletia excelsa*, *Plukenetia volubilis*.

STRUCTURED LIPIDS FROM BINARY BLENDS OF CHESTNUT (*Bertholletia excelsa*) AND SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) OILS

ABSTRACT

It is presented in this study the physical and chemical characteristics of the binary blends of the oil of chestnut and sacha inchi, two native products obtained of species cultivated in the Peruvian Amazon, and whose potential use would be in the line of functional food (omega-3 and omega 6), which are directly associates to the prevention or processing of some illnesses.

¹ Departamento de Química. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Freyre 616 – Iquitos – Perú. e-mail:doegato@hotmail.com

² Laboratorio de Sustancias Naturales Bioactivas. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Av. Abelardo Quiñónez. Km 2.5 – Iquitos – Perú.

An experimental design with pure mixtures of oil of chestnut (C-1 was established) and sacha inchi (S-1), and mixtures in proportions of higher to less in chestnut oil in fractions of (C - 1/2), (C - 1/3) and (C - 1/4). The mixtures were submitted to a reaction of interesterification utilizing sodium metoxide, like catalyst and on these; before and after the interesterification they were carried out chemical and physical analysis. The fatty acids were quantified by gas chromatography. It was observed that the insaturated acids at the blends (C - 1/2) were of 93.588 to 99.370% and the linolenic acid (ω -3), in the mixtures (C - 1/2) (C - 1/3) and (C - 1/4), were 28.081, 23.095 and 36.644 and in this same mixtures but interesterified were 24.797, 21.959 and 37.490%, respectively. It was observed a light increment of the melting point of the blends: These were of 4.07 to 6.00°C before the interestification and 5.07 to 7.00 after of this reaction. The higher variation was in the saponification index, which variation was from 54.31-56.20 mg KOH/g to 155.43 – 163.13 mg KOH/g

Key words: interesterification, *Bertholletia excelsa*, *Plukenetia volubilis*.

INTRODUCCIÓN

La castaña (*Bertholletia excelsa*), especie nativa de la cuenca amazónica, presenta una semilla comestible, con alta concentración de lípidos y proteínas^{1,2}. La fracción lipídica varía de 65,5 a 69,8% y es utilizada tanto en la industria de alimentos como cosmética^{3, 4}. La principal composición de los ácidos grasos del aceite lo constituyen el palmítico (12-15%), esteárico (8,7-10,4%), oleico (27,2-41,2%) y linoleico (34,0-49,0 %)⁵, siendo este último considerado esencial en la dieta de los mamíferos⁶. De acuerdo a la distribución estereoespecífica de los ácidos grasos, en la molécula de glicerol se observa una mayor presencia de los insaturados (89,2%) en la posición sn-2⁷.

Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) es la más abundante en el Perú de esta especie; aunque el género cuenta con 12 especies en América tropical; en el Perú se conoce con este nombre común a cuatro especies más como son: *P. huayllabambana*, *P. brachybotrya* Müll. Arg, *P. polyadenia* y *P. lorentensis*^{8,9}. Al estudiarse nueve ecotipos de sacha inchi procedentes de San Martín y Loreto, se encontró que la concentración de aceite está en un rango de 7,62 a 20,23%, (ácido linoleico de 34,41 a 41,09%, ácido linoléico de 44,00 a 47,94%)¹⁰. Al analizar el aceite de sacha inchi por RMN H¹, se halló que los grupos acilos ω -3 se encuentran en una concentración de 54-55% y superior a la suma de los grupos saturados, acilos ω -6 y ω -9¹¹. El ácido linoleico interviene en el crecimiento de linfocitos, macrófagos y neutrófilos; además, es el precursor del ácido araquidónico, que por la acción de la ciclooxigenasa sintetiza prostaglandinas PG2, y por el efecto de la lipooxigenasa, leucotrienos (LTB4)¹².

La mezcla de aceites y grasas, permite obtener productos finales con características propias, que podría ser considerada un método de modificación de los aceites y grasas, sobre todo debido a las interacciones que tienen lugar entre los triacilglicérols que promueven alteraciones en las propiedades físicas de los productos grasosos¹³.

La interesterificación es un proceso que modifica la distribución natural de los ácidos grasos en las moléculas de los triglicéridos. La composición de los ácidos grasos permanece idéntica a la grasa o mezcla original, pero las propiedades físicas, como punto de fusión, contenido de grasa sólida y forma de cristalización, son modificados¹⁴.

Por lípido estructurado, se entiende una molécula de triacilglicérido o de fosfolípido cuya composición de ácidos grasos ha sido determinada por un proceso de laboratorio o industrial, y cuyo objetivo es modificar, en el sentido de mejorar o de disminuir la biodisponibilidad de uno o de todos los ácidos grasos componentes del triacilglicérido o del fosfolípido¹⁵. Las

interesterificaciones de lípidos estructurados se realizan, generalmente, con la finalidad de incorporar cadenas medias de triglicéridos a la molécula de glicerol y obtener un producto menos calórico, pero en este caso se afecta la importante concentración de ácidos grasos esenciales, como los ω -3; por tal motivo es importante considerar al aceite de sachá inchi como una alternativa para la fabricación de éstos, ya que otra lo es el aceite de pescado¹⁶. El objetivo del presente trabajo fue el de realizar la interesterificación química del aceite de castaña con el de sachá inchi, con el objeto de obtener una nueva formulación de lípidos estructurados.

PARTE EXPERIMENTAL

Materiales

Se adquirió castañas procedentes de Tamshiyacu (Distrito de Sargento Lores- Maynas -Perú), las cuales fueron prensadas para obtener el aceite respectivo.

Mezclas e interesterificación

Se realizaron mezclas binarias de los aceites en estudio, para lo cual se realizó una planificación con cinco experimentos, de acuerdo a la tabla 1, en donde X1 y X2 representan a los aceites de sachá inchi y castaña, respectivamente; a éstas se les realizó la reacción de interesterificación, colocando 100 ml de muestra en un frasco erlenmeyer de dos bocas, una de las cuales estuvo acoplada al sistema de vacío. Se adicionó 0,40% de metóxido de sodio, el cual fue previamente secado en un rotavapor a vacío a la temperatura de 80 °C. La reacción se realizó a la temperatura de 65 °C y por espacio de una hora. Al finalizar la reacción se adicionó unos 3ml de agua para inactivar al catalizador. Posteriormente, se realizó la filtración, adicionando 2 g de sulfato de sodio anhidro.

Tabla 1. Diseño experimental de las mezclas

	X1	X2
C - 1	1	0
S -	0	1
C - $\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$
C - $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
C - $\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$

Análisis químicos

Los aceites crudos y los interesterificados fueron sometidos al análisis de ácidos grasos, siendo esterificados de acuerdo a la técnica de Hartman & Lago¹⁷; los ésteres resultantes fueron analizados por cromatografía gaseosa, en un equipo VARIAN 450-GC, columna de sílica fundida supelcowax de 60 m y 0,25 mm. de diámetro interior, conteniendo 0,25 m de polietilenglicol, detector de ionización de llama (FID), helio como gas de arrastre a un flujo de 1,5 ml/min, programación de temperatura de la columna con calentamiento a 1°C/min de 170°C hasta 225°C, temperatura del detector de 260°C, razón de división split de la muestra en el inyector de 1/20. El índice de yodo, se calculó a partir de la composición en ácidos grasos¹⁸. El índice de saponificación fue calculado a partir de la composición en ácidos grasos, en función de la definición del índice, que corresponde al número de miligramos de hidróxido de potasio necesarios para saponificar 1 g de aceite o grasa¹⁹. Los índices de yodo, de peróxido, de acidez, se determinaron de acuerdo a lo indicado por el AOAC¹⁸.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se presenta las características físicas de las mezclas de aceites de sachu inchi y castaña, antes y después de la interesterificación; aunque se esperaba un incremento alto del punto de fusión, este no se observó. En líneas generales, se incrementó las muestras en un grado, como se observa en la figura 1. Del mismo modo las únicas muestras que presentan un incremento en viscosidad fueron las C- (de 13,02 a 15,68) y la C- $\frac{1}{2}$ de 15,04 a 17,00). Debe notarse que todas las grasas permanecían líquidas a temperatura ambiente, después de la interesterificación. Por otro lado, en los índices de refracción se observó un cambio interesante, esto debido al rearrreglo en las moléculas de las mezclas interesterificadas, C- $\frac{2}{3}$, C- $\frac{1}{2}$ y C- $\frac{1}{3}$, donde se deduce que existen interacciones marcadas, y que según la literatura²⁰, indica que este índice y el peso molecular medio guardan relación con la estructura estereoespecífica de los triglicéridos.

Tabla 2. Características físicas del aceite de sachu inchi (*Plukenetia vulubilis* L), de la castaña (*Bertholletia excelsa*) y de sus mezclas, antes y después de interesterificar.

Muestra	Antes de interesterificar			
	Viscosidad η (cp)	Densidad ρ (gr/cm ³)	PF (°C)	IR
C - 1	14,01 ± 0,65	0,90 ± 0,11	6,00 ± 0,20	1,469 ± 0,02
S - 1	14,94 ± 0,98	0,92 ± 0,21	2,87 ± 0,12	1,478 ± 0,03
C - $\frac{2}{3}$	13,02 ± 0,99	1,09 ± 0,08	5,50 ± 0,50	1,471 ± 0,01
C - $\frac{1}{2}$	15,04 ± 0,88	1,11 ± 0,01	4,93 ± 0,12	1,473 ± 0,00
C - $\frac{1}{3}$	16,02 ± 1,01	1,21 ± 0,03	4,07 ± 0,12	1,474 ± 0,00
Muestra	Después de interesterificar			
	Viscosidad η (cp)	Densidad ρ (gr/cm ³)	PF (°C)	IR
C - 1	13,97 ± 1,02	0,86 ± 0,01	7,00 ± 0,0	1,470 ± 0,01
S - 1	14,83 ± 0,90	0,89 ± 0,02	3,93 ± 0,23	1,478 ± 0,00
C - $\frac{2}{3}$	15,68 ± 1,03	0,94 ± 0,01	6,60 ± 0,17	1,470 ± 0,02
C - $\frac{1}{2}$	17,00 ± 0,95	0,91 ± 0,01	6,10 ± 0,17	1,470 ± 0,02
C - $\frac{1}{3}$	15,15 ± 0,99	1,07 ± 0,02	5,07 ± 0,29	1,474 ± 0,03

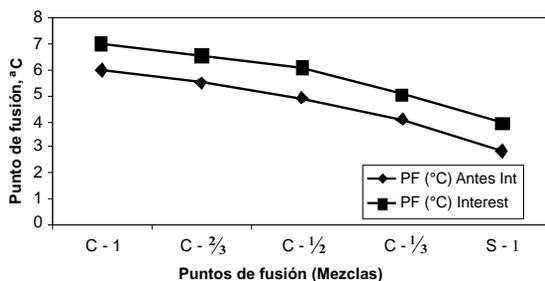


Figura 1. Puntos de fusión de las mezclas antes y después de la interesterificación.

De ahí que la estructura del aceite de castaña presenta alta concentración de C18:2 en las tres posiciones *sn* (*sn-1*, *sn-3* y *sn-3*) del triglicérido⁷, y su índice de refracción así lo refleja y que cuando mezclado con el aceite de sacha inchi, (que tiene 1,478), se van a producir los resultados observados en esta tabla y en la figura 2; posiblemente influenciados por la alta cantidad de linolénico en las tres posiciones *sn* del triglicérido¹¹.

En la tabla 3 se presenta las características físico-químicas de los aceites de sacha inchi y castaña antes y después de la interesterificación; se observa una disminución de la acidez, y de peróxidos en las interesterificadas, esto debido posiblemente a la disminución de ácidos grasos libres y ácidos peroxidados. El incremento del índice de yodo en las esterificadas tendría su explicación debido a la pérdida por calentamiento de algunos ácidos grasos en el proceso.

Tabla 3. Características físico-químicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia vulubilis* L), de la castaña (*Bertholletia excelsa*) y de sus mezclas, antes y después de interesterificadas.

Muestra	Antes de interesterificar			
	I.A	I.P	II	I.S
C - 1	0,05 ± 0,00	1,96 ± 0,26	96,74 ± 1,03	54,31 ± 0,17
S - 1	0,35 ± 0,01	5,29 ± 0,26	149,43 ± 1,39	55,25 ± 1,00
C - 2/3	0,14 ± 0,00	1,90 ± 0,01	119,89 ± 0,45	55,81 ± 0,18
C - 1/2	0,18 ± 0,02	3,67 ± 0,16	122,42 ± 1,10	56,20 ± 0,09
C - 1/3	0,24 ± 0,01	3,87 ± 0,03	128,58 ± 0,51	55,34 ± 0,56
Muestra	Después de interesterificar			
	I.A	I.P	II	I.S
C - 1	0,02 ± 0,02	1,61 ± 0,09	124,27 ± 0,99	163,13 ± 1,01
S - 1	0,01 ± 0,01	2,59 ± 0,03	119,42 ± 1,02	155,43 ± 1,21
C - 2/3	0,04 ± 0,02	1,28 ± 0,13	163,30 ± 1,06	162,45 ± 0,94
C - 1/2	0,04 ± 0,04	0,79 ± 0,11	159,01 ± 1,11	163,47 ± 0,28
C - 1/3	0,03 ± 0,05	3,27 ± 0,14	177,90 ± 1,08	156,70 ± 0,14

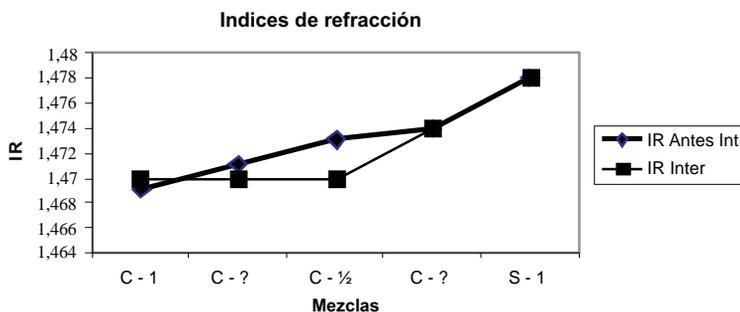


Figura 2. Índices de refracción de las mezclas antes y después de la interesterificación.

En las tablas 4 y 5, se presenta las concentraciones de los ácidos grasos de las mezclas de aceite de sacha inchi y castaña antes y después de la interesterificación. En líneas generales, se observa una mejora de la fracción de ácidos grasos insaturados en las muestras interesterificadas. Como era de esperar, no hay una gran diferencia en la composición de los ácidos grasos de las muestras interesterificadas en comparación con las originales.

Tabla 4. Perfil de ácidos grasos (%) del aceite de sacha inchi (*Plukenetia vulubilis* L), castaña (*Bertholletia excelsa*) y sus mezclas, antes de interesterificar.

Ácidos grasos	Muestras antes de interesterificar				
	S-1	C-1	C- ⅓	C-½	C- ⅓
Ac. Caprílico (C 8:0)	0,020	0,260	0,030	0,029	0,031
Ac. Láurico (C 12:0)	-----	0,003	0,002	-----	-----
Ac. Mirístico (C 14:0)	0,210	0,050	0,030	0,042	0,038
Ac. Palmítico (C 16:0)	3,425	12,903	12,624	9,778	7,541
Ac. Palmitoleico(C16:1)	0,897	2,747	3,060	2,181	1,765
Ac. Esteárico (C 18:0)	2,589	-----	0,971	0,007	0,008
Ac. Oleico (C 18 -1)	8,126	34,748	2,428	7,163	6,623
Ac. Linoleico (C18 -2)	31,499	37,306	52,448	45,214	41,015
Ac. Linolénico (C 18 -3)	53,178	6,412	28,081	35,095	36,644
Ac. Araquídico (C 20:0)	0,011	0,220	0,037	0,139	0,115
Σ Ac. grasos saturados	1,138	0,533	1,07	0,217	0,192
Σ Ac. grasos insaturados	98,817	94,116	98,641	99,431	93,588

Tabla 5. Perfil de ácidos grasos (%) del aceite de sacha inchi (*Plukenetia vulubilis* L), castaña (*Bertholletia excelsa*) y sus mezclas, después de interesterificar.

Ácidos grasos	Muestras después de interesterificar				
	S-1	C-1	C- ⅓	C-½	C- ⅓
Ac. Caprílico (C 8:0)	0,018	0,02	0,066	0,041	0,026
Ac. Láurico (C 12:0)	-----	0,004	0,014	0,007	0,002
Ac. Mirístico (C 14:0)	0,015	0,055	0,056	0,057	0,032
Ac. Palmítico (C 16:0)	3,528	13,029	11,799	12,830	7,101
Ac. Palmitoleico(C16:1)	0,808	2,970	2,653	2,391	1,536
Ac. Esteárico (C 18:0)	2,680	-----	0,060	0,010	0,012
Ac. Oleico (C 18 -1)	8,596	34,139	8,699	9,266	15,887
Ac. Linoleico (C18 -2)	32,320	42,527	51,59	52,73	37,356
Ac. Linolénico (C 18 -3)	51,712	6,997	24,797	21,959	37,490
Ac. Araquídico (C 20:0)	0,017	0,169	0,209	0,169	0,106
Σ Ac. grasos saturados	0,823	0,239	0,339	0,284	0,178
Σ Ac. grasos insaturados	98,836	99,519	99,538	99,176	99,37

CONCLUSIONES

- Existe una ligera modificación de las propiedades físicas de las mezclas binarias de aceite de castaña y de sacha inchi, lo cual se refleja en los puntos de fusión y el cambio del índice de refracción.
- Tanto las mezclas C- , C-½ y C- , interesterificadas o no, serían muy buenos alimentos funcionales.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, por el apoyo financiero.
- Al LSNB – PIBA- IIAP, por el servicio de análisis de cromatografía gaseosa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Flores, S. Cultivo de frutales nativos amazónicos: Manual para el extensionista. Lima: Mirigraf S.R.L., 1997; 63-69.
2. Regitano D'arce, M.A.B., Siqueira, F.M. Obtenção do leite e farinhas de castanha do Pará. In: Congresso e exposição latinoamericana sobre processamento de óleos e gorduras. Campinas, *Anais. Sociedade Brasileira de Óleos e Gorduras*, 1995; 265-267.
3. Pechnik, E., Borges, P., Siqueira, R. Estudo sobre a castanha do Pará. *Arquivos Brasileiros de Nutrição*, 1950; 7 (1): 7-42.
4. Tateo, F. La composizione acídica della materia grassa estratta dai semi di *Bertholletia excelsa*. *Industrie Alimentari*, 1971; 10: 68–70.
5. Sotero, V.; García, D.; Gioielli, L. Fraccionamiento de aceite de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) *Conocimiento*, Iquitos, 2001; 7 (1): 95-104.
6. Lehninger, A.L. Bioquímica: componentes moleculares das células. 2ª ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1: 192, 1976.
7. Franzke, C.L., Kroll, J., Göbell, R. Studien zur lyceridstruktur von Fetten II. Mitt. Strukturentersuchungen an ausgewählten nufetten mit Hilfe von Lipasen. *Die Nahrung*, Berlin, 1978; 22:351-358.
8. Macbride, J.F. Euphorbiaceae. In: Flora of Peru. Botanical series vol. 13, part. IIIA, N° 1. Field Museum of Natural History, 1951; 115-118.
9. Rodríguez, A.; Corazon-Guivin, M.; Cachique, D. Diferenciación morfológica y por ISSR (Inter simple sequence repeats) de especies del género *Plukenetia* (Euphorbiaceae) de la Amazonía peruana: propuesta de una nueva especie. *Rev. Perú. Biol.*, 2010; 17 (3): 325-330.
10. Merino, C.; Vásquez, P.; Maco, M.; Del Castillo, D.; Vásquez, G.; Cachique, D.; Pasquel, A.; Sotero, V. Caracterización química de nueve accesiones de *Plukenetia volubilis* L. de los Departamentos de Loreto y San Martín. *Folia Amazónica*, 2008; 17(1-2):38.
11. Guillén, M.; Ruiz, A.; Cabo, N.; Chirinos, P.; Pascual, G. Characterization of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil by FTIR spectroscopy and ¹NMR Comparison with lined oil. *JAOCS*, 2003; 80(8): 755-776
12. Gonzales, J.; Valenzuela, F. Vallejo, L. Nutrientes específicos en el paciente séptico (ii): nucleótidos, lípidos: ácidos grasos omega 3 y lípidos estructurados. 12p. in <http://membres.multimania.fr/trinche/nutrisseptico1.html> (accesado dic 2011).
13. Timms, R.E. Phase behaviour of fats and their mixtures. *Progress in Lipid Research*, 1984; 23: 1–38.
14. Gioielli, L.A. Modificação de óleos e gorduras por interesterificação. *Alimentação*, 1986; 82: 25–28.
15. Valenzuela, A.; Sanbhueza, J. Estructuración de Lípidos y Sustitutos de Grasas, ¿Lípidos Del Futuro? *Mundo alimentario*. julio/agosto, 2009; 25-31.
16. Díaz Gamboa, O.; Gioielli, L.A. Consistencia de lípidos estructurados a partir de aceite de pescado y grasa de palmaste. *Grasas y Aceites*, 2003; 54 (2): 122-129.
17. Hartman, L.; Lago, R.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Lab. Pract.*, 1973; 22: 475-477.

18. A.O.A.C. Official Methods of Analysis of AOAC International. Method 965.33. 18° Edition. Gaithersburg. Maryland – USA, 2005.
19. Singhal, R.S., Kulkarny, P.R. Effect of puffing on oil characteristics of amaranth (Rajgeera) seeds. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, Champaign, 1990; 67 (12): 952-954.
20. Bailey, A. Aceites y grasas industriales. Ed Reverté S.A. Barcelona. p.59-87. 1984.
21. Gorriti, A.; Arroyo, Quispe, F.; Cisneros B.; Condorhuaman, M.; Almora, Y.; Chumpitaz, V. Toxicidad oral a 60 días del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y linaza (*Linum usitatissimum* L) y determinación de la dosis letal en 50 roedores. *Rev. Perú Med. Exp. Salud Pública*, 2010; 27 (3): 352-360.
22. Hamaker, B.R.; Valles, C.; Gilman, R.; Hardmeier, R.M.; Clark, D.; García, H.H.; Gonzales, A.E.; Kohlsted, I.; Castro, M.; Valdivia, R.; Rodríguez, T.; Lescano, M. Amino acid and fatty acid profiles of the Inca Peanut (*Plukenetia volubilis*). *Cereal Chem.*, 1992; 69 (4): 461-463.