

Perfil de ácidos grasos en aceite de *Chenopodium quinoa* Willd del Noroeste Argentino



AUTORES: CERVILLA^{1,A}, NATALIA S.; MIRANDA VILLA¹, PATRICIA P.; MUFARI^{1,2}, JÉSICA R., CALANDRI^{1,2}, EDGARDO L.; GUZMÁN^{1,2}, CARLOS A.

^AE-mail: nataliasc_cba19@hotmail.com

¹ Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA, FCEF y N-UNC). Av. Vélez Sarsfield 1600, CP (5016), Córdoba, Argentina.

² Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos Córdoba (ICYTAC). Juan Filloy s/n, Ciudad Universitaria, CP (5016), Córdoba, Argentina.

Resumen / Abstract

La quinoa es un grano andino de reconocido valor nutricional. Posee cantidades destacables de lípidos y ha sido considerada una semilla potencial para la extracción de aceite comestible. El objetivo de la investigación fue determinar el perfil de ácidos grasos en granos de quinoa cruda y cocida con el uso de vapor y presión. Los granos procedieron de la provincia de Salta y fueron acondicionados para obtener la harina. A partir de ésta se realizó la extracción del aceite para la obtención de los ésteres metílicos. El perfil de ácidos grasos se determinó por cromatografía gaseosa. Los resultados mostraron una alta concentración en ácido linoleico (51 a 76 %), seguido por el ácido oleico (17 a 30 %). Esta característica asemeja este aceite los de maíz y soja. Las elevadas concentraciones de ácidos grasos poliinsaturados, hace que estos aceites sean sensibles a la oxidación lipídica; sin embargo, poseen estabilidad como consecuencia de la alta concentración de antioxidantes naturales. Así mismo, no se encontró un efecto de la cocción sobre el perfil de ácidos grasos. Por otro lado, la relación de ácidos grasos poliinsaturados/ácidos grasos saturados (AGPI/AGS) estuvo entre 4 y 8, y la de $\omega 6/\omega 3$ fue de 9:1 a 12:1, siendo superior a la recomendación de la OMS.

The quinoa is an Andean grain with a recognized nutritional value. It possesses remarkable amounts of lipids and has been considered a potential grain for edible oil extraction plant. The aim of the research was to determine the profile of fatty acids in raw and cooked quinoa steam and pressure. The beans came from the province of Salta and were conditioned to produce meal. Oil extraction to obtain methyl esters was performed. The fatty acid profile was determined by gas chromatography. The results showed a high concentration of linoleic acid (51-76 %) followed by oleic acid (17-30 %). This feature likens the corn oil and soybean. These high concentrations of polyunsaturated fatty acids, which cause these oils sensitive to lipid oxidation; however, it possess stability due to the high concentration of natural antioxidants. Also, not an effect of cooking on fatty acid profile was found. On the other hand, the PUFA/SFA ratio was between 4 and 8, and the $\omega 6/\omega 3$ was 9:1-12:1, higher than the WHO recommendation.

Palabras claves / Key words

Quinoa; aceite; ácidos grasos omega 3 y 6.

Quinoa; oil; fatty acids omega 3 and 6.

• Introducción

La quinoa es un pseudocereal típico de las regiones andinas de Sudamérica. Se ha cultivado desde épocas antiguas

ocupando un lugar importante en la alimentación del imperio Incaico (Cusack, 1984). Sin embargo, su producción fue reducida casi en su totalidad después de la conquista española, con la introduc-

ción de especies foráneas (como trigo y cebada) cuyo desarrollo se produjo en desmedro de la quinoa (Fano y Benavides, 1992). Durante muchos años su cultivo estuvo subvaluado, sin embar-

go, desde que se hicieron públicas sus cualidades nutricionales, la demanda mundial ha crecido de manera sostenida. Nutricionalmente, la quinoa presenta en promedio 14 % de proteínas, 5 % de lípidos, entre 60 y 70 % de almidón y 10 % de fibra dietaria (Alandia Borda *et al.*, 1979; Koziol, 1992; Abugoch, 2009; Vega-Gálvez *et al.*, 2010). El contenido de aceite es similar al del maíz. El aceite se localiza en el germen de los granos, que representa el 34 % de toda la semilla y la envuelve como un anillo (Mujica *et al.*, 2001); esta localización hace que sea fácilmente removido mediante pulido, dando lugar a la obtención de una fracción que contiene 19 % de aceite (Koziol, 1993). La cantidad relativamente alta de aceite, convierte a estos granos en una fuente potencial para su extracción (Koziol, 1992, 1993; Repo-Carrasco *et al.*, 2003).

En la composición de los aceites, prevalecen los triacilglicéridos (TG) (95 %), que consisten en una molécula de glicerol esterificada con tres de ácidos grasos (AG). Las características físicas y químicas de los aceites y grasas están influenciadas por el tipo y proporción de los AG presentes en los TG (Angelo, 1996). Desde el punto de vista químico, los AG son ácidos carboxílicos de cadena larga que se clasifican según su grado de saturación, longitud de cadena y posición de los dobles enlaces. Se tiene así, ácidos grasos saturados (AGS) e insaturados (AGI) y dentro de estos últimos, los hay monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI) (Zambiasi, *et al.*, 2007; Thompson *et al.*, 2008; Castro Gonzáles, 2002). En la segunda clasificación se incluyen los ácidos grasos de cadena corta, media y larga, según el número de átomos de carbono del AG. El último carbono de la cadena se denomina omega (ω), y a partir de la posición del primer doble enlace, contando desde este carbono, surgen tres familias de AGP: ω -3, ω -6 y ω -9. Los AG ω -3 y ω -6 son considerados ácidos grasos esenciales (AGE) ya que cumplen funciones vitales, pero el cuerpo humano carece de las enzi-

mas que insertan enlaces dobles en esas posiciones; y deben ser aportados por los alimentos que integran la dieta (Ettinger, 2001; Castro Gonzáles, 2002; Thompson *et al.*, 2008).

En los aceites vegetales predominan AGPI, especialmente el ácido linoleico (C18:2 ω -6), a excepción de los aceites procedentes del coco y la palma, pues en ellos predominan los ácidos grasos saturados (láurico, mirístico, palmítico) (Zambiasi *et al.*, 2007; Thompson *et al.*, 2008). Las altas concentraciones de AGPI de los aceites vegetales los vuelven susceptibles a la oxidación lipídica por la actividad de las lipooxigenasas. La quinoa es fuente de AGE, el principal es el ácido linoleico (C18:2 ω 6) y representa el 48-56 % del total de los AG. El otro AGE, es el ácido α -linolénico, el cual se encuentra en cantidades que rondan el 7 %. De los AGMI, el principal es el ácido oleico (C18:1 ω 9), cuya proporción oscila entre el 20 y 29 %. Dentro de los AGS prevalece el ácido palmítico (C16:0) (10-12 %) (Wood *et al.*, 1993; Przybylski *et al.*, 1994; Jahaniaval *et al.*, 2000; Ryan *et al.*, 2007; Vera *et al.*, 2014). La relación Poliinsaturados/Saturados en el aceite de tres variedades de quinoa se estableció en valores que oscilaron entre 5,38; 5,48 y 5,23 (Wood *et al.*, 1993).

Si bien existe vasta información sobre la composición química de semillas de quinoa, la mayoría de los trabajos de investigación no hacen referencia a cultivos argentinos. Tampoco se conoce de qué manera las condiciones de procesamiento de los granos, modifican el valor nutritivo de los mismos. El objetivo del presente trabajo fue determinar el perfil de ácidos grasos de quinoa con y sin cocción (vapor y presión) proveniente del noroeste argentino (NOA).

• Materiales y Métodos

Material vegetal: Los frutos de quinoa utilizados provinieron de los depar-

tamentos Molinos (Cosechas 2007 y 2008) y La Poma (Cosechas 2009, 2010 y 2011), de la provincia de Salta, República Argentina.

Obtención de harina de quinoa: Para la clasificación y limpieza de los granos se utilizó un tamiz vibratorio (Zonytest), provisto de tres mallas: 12, 16, 20 (ASTM) y el colector. Posteriormente, los granos retenidos en la malla 16 fueron de-saponificados mediante lavado por flujo ascendente de agua. El secado se realizó en secador de lecho fluidizado (Sherwood Scientific) a una temperatura de 50 °C hasta alcanzar una humedad de 12 ± 1 % en granos crudos y de $7 \pm 0,7$ % en granos cocidos (Cervilla *et al.*, 2014).

La molienda se realizó en un molino de martillos marca Fritsch potencia 1590 W, frecuencia en vacío 2850 rpm una criba de 0,25 mm. Para la obtención de harinas precocidas, 300 g de semillas fueron dispuestas sobre un soporte metálico perforado y se colocaron en el interior de una marmita para cocción a presión (Marmicoc) con 750 mL de agua potable, se calentó con llama directa en un anafe industrial (F.J. Calabro) durante 700 s. (Cervilla *et al.*, 2014). Luego, los granos cocidos fueron secados y molidos, tal como se describió para granos crudos.

Extracción del aceite: Los aceites que se usaron para la determinación del perfil de ácidos grasos, fueron obtenidos mediante extracción con un equipo Soxhlet durante 8 h, utilizando n-hexano como solvente. Los balones empleados para la extracción fueron recubiertos con papel de aluminio para proteger la muestra de la luz artificial.

Obtención de ésteres metílicos: Para la saponificación de los ácidos grasos se colocaron en un balón, 0,5 mL de aceite, 20 mL de KOH 1N en metanol y se llevaron a reflujo por 45 min. Luego se colocó en ampolla de decantación y se

agregaron 40 mL de hexano, se agitó para la extracción y se lo dejó reposar. Se recuperó la fase inferior para continuar. Luego se realizó la esterificación en un balón, agregando 30 mL de H₂SO₄ 1N en metanol. Se llevó a reflujo por otros 45 min, se dejó enfriar y se agregaron 40 mL de hexano dejando precipitar las sales. Por último, se colocó en ampolla de decantación y se recuperó la fase orgánica superior que contenía los metil-ésteres. Se secó la muestra con sulfato de sodio, se filtró y se evaporó el solvente a sequedad, en evaporador rotatorio (Gunstone, 2007).

Determinación del perfil de ácidos grasos por cromatografía gaseosa:

Las muestras se diluyeron en hexano y fueron analizadas en un cromatógrafo de gases con espectrómetro de masa, Perkin Elmer, Modelo Clarus 600; los datos fueron adquiridos empleando el programa TurboMass 5.4.2. El cromatógrafo de gases estuvo equipado con una columna Carbowax (60 m, 0,25 mm ID, 0,25 µm de partícula), marca Perkin Elmer. La temperatura del inyector fue de 250 °C, gas carrier helio (49,6 psi). La temperatura de la columna comenzó a 180 °C por 5 minutos y luego se incrementó hasta 200 °C a una velocidad de

4 °C/min, se mantuvo 5 minutos y luego se incrementó hasta 230 °C a una velocidad de 23 °C/min y permaneció en esas condiciones por 6 minutos. El cromatograma se obtuvo entre 30 y 400 de relación masa carga.

• **Resultados y discusión**

El ácido palmítico (C 16:0) fue el principal AGS presente en los aceites de quinoa estudiados. El contenido osciló entre 9 y 11 % (Tabla 1). Otros AGS fueron identificados en algunos lotes en concentraciones bajas. Así, fue posible detectar ácido esteárico (C18:0) en los aceites crudos (sin refinar) de los lotes 2007 al 2009. En este último la concentración fue especialmente baja, 0,08% y en los otros fue de 6 %. El ácido araquídico (C20:0) se detectó en el lote 2010 en aceite crudo y cocido (ver Tabla 1).

Los aceites estudiados presentaron cierta regularidad en las concentraciones de los principales ácidos grasos y estos mostraron valores cercanos a los publicados en diversos trabajos de investigación (Tabla 2), excepto los aceites obtenidos de semillas de la cosecha 2011. Estos últimos tuvieron valores más altos de ácido linoleico (C18:2 ω-6) y menores

concentraciones de ácido oleico (C18:1 ω-9) y ácido α-linolénico (C18:3 ω-9) (Tabla 1). El aceite de quinoa, al igual que otros aceites vegetales presentó alta concentración de ácido linoleico (C18:2 ω-6), entre 51-59 % entre los lotes 2007 a 2010 y el lote 2011 entre 71 y 76 %. El ácido oleico fue el AG que siguió en concentración al linoleico. La cantidad de éste osciló entre 24-30 % para la mayoría de los lotes, y en el 2011, se encontró entre 11 y 17 % (Tabla 1). Lo mismo ocurrió con el ácido α-linolénico, el mencionado lote mostró la concentración más baja, entre 2 y 3 %, mientras que los restantes, cantidades similares a las publicadas en bibliografía (Tabla 2), entre 5 y 7 %.

Además, en los trabajos citados en la Tabla 2 fueron detectados otros AG como son el ácido behénico, erúxico, lignocérico y nervónico. El ácido erúxico (C22:1) es un ácido graso que se ha relacionado con el desarrollo de enfermedades del miocardio o glándulas suprarrenales. El desarrollo de las patologías es proporcional a la ingesta de ácido erúxico a través de la dieta (Zambano, 2012). En la quinoa se han determinado contenidos de ácido erúxico inferiores al 2 % (Tabla 2). La Food and Drugs Administration (FDA), establece

Tabla 1 - Principales ácidos grasos de los aceites de quinoa extraídos

Nombre Común	LOTE										
	2007		2008		2009		2010		2011		
	A	AC	A	AC	A	AC	A	AC	A	AC	
16:0	Palmitico	9,6	9,8	10,1	8,7	8,7	8,7	9,2	10,2	9,3	11,0
16:1	Palmitoleico	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-
18:0	Esteárico	0,6	-	0,6	-	0,1	-	1,03	-	-	-
18:1 (ω-9)	Oleico.	28,2	25,5	30,2	23,5	25,1	25,6	27,6	28,7	16,7	11,0
18:2 (ω-6)	Linoleico	53,3	58,6	50,7	58,9	58,9	59,4	55,0	53,2	71,4	76,4
18:3 (ω-3)	α-Linolénico	6,9	4,8	7,1	6,7	6,7	6,4	5,7	6,0	2,6	1,6
20:0	Araquídico	-	-	-	-	-	-	0,3	0,4	-	-
20:1	Gadoleico	-	1,4	1,5	1,8	1,8	-	1,2	1,3	-	-
20:2	Eicosadienoico	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-
20:4	Araquidónico	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AGS		10,2	9,8	10,7	8,7	8,8	8,7	10,5	10,6	9,3	11,0
ÁGM		28,2	36,7	31,7	25,3	26,9	25,6	28,8	30	16,7	11,0
AGP		61,7	63,4	57,8	65,6	65,6	65,8	60,7	59,3	74	78
ω6/ω3		7,7	12,2	7,1	8,8	8,8	9,3	9,6	8,9	27,5	47,8
AGP/AGS		6,0	6,5	5,4	7,5	7,5	7,6	5,8	5,6	8,0	7,1

A: Aceite crudo (sin refinar); AC: aceite obtenido de semillas cocidas. (-) corresponde a ácidos grasos que no han sido identificados durante la cromatografía.

un límite del 2 % para aceites vegetales comestibles (Wood *et al.*, 1993). El Código Alimentario Argentino, es más flexible al establecer este límite y lo fija en 5 % (Código Alimentario Argentino, Art. 525).

Las variaciones en los perfiles de AG podrían deberse a variaciones en las condiciones agronómicas de las plantas y también a factores genéticos (Ayorinde *et al.*, 1989).

El aceite de quinoa se asemeja a los aceites de maíz y soja, principalmente por las concentraciones semejantes de ácido oleico, linoleico y linolénico. En realidad el maíz presenta concentraciones menores que la soja y la quinoa (Tabla 2). Se asemeja también al aceite de amaranto en cuanto a las concentraciones de ácido oleico y linoleico, pero el amaranto

posee casi el doble de ácido palmítico y presenta apenas vestigios de ácido linolénico (Ayorinde *et al.*, 1989).

La alta concentración de AGPI hace que estos aceites se vuelvan especialmente sensibles a la oxidación lipídica, sin embargo, poseen estabilidad ante los fenómenos oxidativos debido a la relativamente alta concentración de antioxidantes naturales. Así, el aceite de quinoa posee entre 690 a 754 ppm de α -tocoferol y de 760 a 930 ppm de γ -tocoferol en aceite crudo (sin refinar) (Koziol, 1992).

Cervilla *et al.* (2013) estudiaron la estabilidad oxidativa de harinas de quinoa obtenidas de la molienda de granos crudos y cocidos por un período de 4 meses y medio y llegaron a la conclusión que a pesar del elevado contenido

lipídico de las harinas y del predominio de AGPI, los niveles de ácidos grasos libres y dienos conjugados se mantuvieron bajos durante todo el período de tiempo y condiciones de almacenamiento estudiadas (envase de papel de aluminio a 25 °C).

El método de cocción no parece afectar de igual manera los contenidos en ácidos grasos, observándose diferencias entre lotes e incluso, entre distintos ácidos grasos aún en un mismo lote. Rodas y Bressani (2009) no encontraron una tendencia única del efecto de la cocción en medio húmedo, sobre el perfil de ácidos grasos de aceite de granos de amaranto cocidos y crudos de tres variedades. De los métodos de procesamiento efectuados en dicha investigación, el expandido fue el que mostró mayor efecto sobre la reducción de los

Tabla 2 - Perfil de ácidos grasos de aceites de quinoa según Bibliografía.

Ácido graso	Valores promedio en aceite crudo*	Przybylski et al., 1994	Wood et al., 1993	Ryan et al., 2007	Jahaniaval et al., 2000		
					Quinoa	Maíz	Soja
C12:0 Laúrico		0,1	-	-	-	-	-
C14:0 Mirístico		0,2	0,2		0,3	-	0,12
C16:0 Palmítico	9,4	9,6	8,3	9,2	11,4	11,6	12,7
C16:1 Palmitoleico	0,3	-	-	0,3	0,1	0,1	0,1
C18:0 Esteárico	1,1	0,6	0,7	0,6	0,8	1,9	4,0
C18:1 ω 9	25,6	21,1	20,8	29,5	25,6	27,8	21,7
C18:2 ω 6	57,9	56	54,3	48,1	52,8	56,5	53,9
C18:3 ω 3	5,8	6,7	8,2	8,0	7,0	1,65	7,23
C20:0 Eicosanoico	0,3	0,1	0,6	0,5	0,3	0,4	0,3
C20:1 ω 9	1,5	1,2	1,5	1,6	1,0	0,1	0,04
20:4 Araquidónico	1,5						
C20:2 ω 6		0,3	0,2	-	-	-	-
C22:0 Behénico	-	0,7	1,0	0,7	0,24	0,1	0,1
C22:1 ω 9	-	1,3	1,9	1,4	0,5	0,1	-
C22:2 Docosodienoico		0,3					
C24:0 Lignocérico	-	0,3	0,4			0,1	-
C24:1 Nervónico	-	0,2	0,2	-	-	-	-

*Media calculada con los resultados obtenidos para los cinco lotes estudiados en el presente trabajo.

Tabla 3 - Efecto del procesamiento en el contenido de los principales ácidos grasos del aceite de quinoa. Valores expresados en porcentaje. Signos positivos (+) indican incremento; signos negativos (-) indican disminución del contenido en la semilla cocida, respecto a la semilla sin cocer. Comparación con datos bibliográficos.

AG	Lote					Vera <i>et al.</i> , 2014. Cocción Húmeda			Rango Pérdida y aumento
	2007	2008	2009	2010	2011	Salcedo	Negra Collana	Pasankalla	
C16:0	2,2	-13,6	0,2	11,2	18,3	0,5	0,8	-9,3	-14 a 18
C18:1 (ω -9)	-9,5	-22,1	1,2	4,0	-33,7	2,2	-7,2	23,9	-34 a 4
C18:2 (ω -6)	9,9	16,4	0,7	-3,2	6,9	-0,8	0,7	-6,9	-3 a 16
C18:3 (ω -3)	-30,4	-5,0	-4,5	6,2	-37,8	-0,5	0	8,1	-38 a 6

AG (180 a 200 °C por 20 a 30 s). Así mismo, Vera *et al.* (2014) publicaron que no existe un efecto claro y diferenciado entre el perfil de ácidos grasos de aceite de quinoa cruda y sometida a cocción húmeda, aunque observaron menores variaciones en la concentración de ácidos grasos que los hallados en el presente trabajo (Tabla 3).

La relación entre el contenido de AGP y AGS se expresa como índice P/S. En la dieta, es importante el valor del índice sea superior a 1, debido al carácter esencial del ácido graso linoleico (ω -6) (OMS, 1982). Entre los 5 lotes de semillas aquí estudiadas, tal relación se mantuvo entre 5,4 y 8 tanto en aceites crudos como cocidos, similares a los publicados por Álvarez Jubete *et al.* (2009) y algo superior a los hallados por Wood *et al.* (1993). También, la relación ω 6/ ω 3 fue mayor en los aceites analizados en el presente estudio que los encontrados por Álvarez Jubete *et al.* (2009). Es importante conocer estos índices durante el desarrollo de planes de alimentación saludables, para cubrir las recomendaciones de grasas con una correcta relación, no sólo de AGP/APS, sino también entre AG ω 6/ ω 3. La dieta moderna es rica en ω 6 y deficiente en ω 3, por ello la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda, como mínimo, utilizar aceites que garanticen relaciones ω 6/ ω 3 de 5:1 a 10:1 (Ettinger, 2000). En el presente trabajo esas relaciones se encontraron entre 8:1 a 12:1.

Bibliografía

- Andinos, Centro Internacional de Investigaciones para el desarrollo (CUD) Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), Bogotá, Colombia, 13, 149, 153,177, 1979.
- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica – ANMAT. Capítulo VII. Alimentos Grasos - Aceites alimenticios. Art. 525. Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoo/capitulo_ix.pdf.
 - Alvarez Jubete, L., Arendt, E.K., Gallagher, E. (2009). Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, (60): S4, 240-257.
 - Angelo St. A. J. (1996). Lipid Oxidation in Food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, (36): 3, 175-224.
 - Ayorinde, F.O., Ologundeb, M.O., Nanaa, E.Y., Bernarda, B.N., Afolabib, O.A., Okebe, O.L & Sheparda, R.L. (1989). Determination of Fatty Acid Composition of Amaranthus Species. *JAOCS*, (66): 12, 1812-1814.
 - Castro González, M.I. (2002). Ácidos grasos omega 3: beneficios y fuentes. *Interciencia, Asociación Interciencia Venezuela*, (27): 3, 128-136.
 - Castro-González, M.I., Maafs-Rodríguez, A.G. & Pérez-Gil Romo, F. (2013). Variación del contenido de lípidos y perfil de ácidos grasos en atún, trucha marina y pámpano sometidos a seis técnicas de cocción. *Archivos latinoamericanos de Nutrición*, (63): 1, 74-86.
 - Cervilla, N.S., Mufari, J.R., Calandri, E.L. y Guzmán, C.A. (2013). Composición nutricional y estabilidad oxidativa de harinas y sopas de quinoa. *Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales*, (3), 5, 61-66.
 - Cervilla, N.S, Mufari, J.R, Calandri, EL., Guzmán CA, García, J.O. Optimización del proceso de molienda de semillas de quinoa, con y sin tratamiento hidrotérmico. III Reunión Interdisciplinaria de Tecnología y Procesos Químicos-RIITeQ 13-16 de Abril de 2014. Los Cocos, Córdoba, Argentina. ISBN 978-950-33-1112-7
 - Cusack, D. (1984) Quinoa: grain of the Incas. *Ecologist*, (14), 21-31.
 - Ettinger, S. (2001). Macronutrientes: carbohidratos, proteínas y lípidos. En: Kathleen Mahan, L & Escott-Stump, S. (Eds.), *Nutrición y Dietoterapia de Krause* (pp. 33-72). Lugar: Mc Graw Hill.
 - Fano, H., Benavides, M. (1992). Los Cultivos Andinos en perspectiva. Producción y Utilización en el Cuzco. Centro Internacional de la papa (CIP). 1ª Edición. Lima, 6, 7.
 - Gunstone, F.D., Hardwood, J.L., Dijkstra. (2007). *The lipid handbook*. CRC press, 3ª Edición, p.p 572.
 - Jahaniaval, F.; Kakuda, Y.; Marccone, M.F. (2000). Fatty Acid and Triacylglycerol Compositions of Seed Oils of Five Amaranthus Accessions and Their Comparison to Other Oils. *JAOCS*, (77): 8, 847-852.
 - Koziol, M.J. (1992). Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (Chenopodium quinoa Willd). *J. Food Comp. Anal.*, 5, 35-68.
 - Koziol, M.J. (1993). Quinoa: A potential new oil crop. In "New crops" (J. Janick and J. E. Simon, Eds.), pp. 328-336. Wiley, New York.
 - Mujica, A.; Jacobsen, S.; Izquierdo, J.; Marathe, J. P. (2001). Quinoa: ancestral cultivo andino, alimento del presente y del futuro. FAO. Chile.
 - Przybylski, R., Chauhan, G.S., Eskin, N.A.M. (1994). Characterization of quinoa (Chenopodium quinoa) lipids. *Food Chemistry* 51, 187-192.
 - Repo-Carrasco R., Espinoza C. y Jacobsen S.E. (2003). Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (Chenopodium quinoa) and Kañiwa (Chenopodium pallidicaule). *Food Reviews International*, 19, (1 y 2), p. 179-189.
 - Ruales, J and B.M. Nair, 1992. Nutritional quality of the proteina in quinoa (Chenopodium quinoa Willd) seed. *Plant Food Human Nutrition* 42, 1-12.
 - Repo-Carrasco, R. V; Cortez, G.; Onofre Montes, R.; Quispe Villalpando, L.; Ramos, I., 2007. Cultivos Andinos. De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación Iberoamericanos. León, E. A y Rosell C. M. (Editores). Córdoba, Argentina. pp. 273-277.
 - Rodas, B. y Bressani, R. (2009). Contenido de aceite, ácidos grasos y escualeno en variedades crudas y procesadas de grano de amaranto. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, (59): 1, 82-87.
 - Ryan, E., Galvin, K., O'Connor, T.P., Maguire, A.R. & O'Brien, N.M. (2007). Phytosterol, squalene, Tocopherol Content and Fatty Acid Profile of Selected Seeds, Grains, and Legumes. *Plant Foods Hum Nutr.*, (62), 85-91.
 - Thompson, J.L., Manore, M.M. y Vaughan, L.A. (2008). Lípidos: nutrientes esenciales que aportan energía. En: *Nutrición* (cap. 5, pp. 174-197). Madrid, España: Pearson Addison Wesley.
 - Valencia-Chamorro S.A. (2004). Quinoa. En: *Encyclopedia of Grain Science*. 1a edición USA: Editorial Advisory Board, p. 1-8.
 - Vega-Gálvez A., Miranda M., Vergara J., Uribe E., Puente L. y Martínez E. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (Chenopodium quinoa willd.), an ancient andean grain: a review. *J Sci Food Agric*. Disponible en: <http://www.quinoa-chile.cl/Descargas/Vega-Galvez%20et%20al%20JSAF%20DOI-2010.pdf>
 - Vera, L.J., Astete, F.A., Tacora, R.L. (2014). Perfil de ácidos grasos en granos de tres cultivares de quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) sometidos a tres tipos de procesamiento. *Rev. Investig. Altoandina*, (16): 1, 13-20.
 - Wood, S.G., Lawson, L.D., Fairbanks, L.R., Robinson, L.R. & Andersen, W.R. (1993). Seed Lipid Content and Fatty Acid Composition of Three quinoa cultivars. *Journal of food composition and análisis*, (6): 41-44.
 - Zambiasi, R.C., Przybylski, R., Weber Zambiasi, M. & Barbosa Mendonça, C. (2007). Fatty Acid Composition of vegetable oils and fat. *B. Ceppa, Curitiba*, (5):1, 111-120.
 - Zambrano, M.I. (2012). El aceite canola y sus efectos en la salud. *An Venez Nutr.*, (25): 2, 94-99 ■