

PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN GRANOS TRES CULTIVARES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) SOMETIDOS A TRES TIPOS DE PROCESAMIENTO

Juan Larico Vera^{1,3,5}, Félix Alonso Astete^{2,3,5}, Robinson Leoncio Tacora⁴

¹ Escuela Profesional Ingeniería Agronómica; juanlaricovera@yahoo.es / ² Escuela Profesional Ingeniería Agroindustrial / ³ Facultad de Ciencias Agrarias / ⁴ Investigador independiente de la Región Puno - Perú / ⁵ Universidad Nacional del Altiplano Puno - Perú.

INFORMACIÓN DEL ARTICULO

Art. Recibido 20 de abril 2014
Art. Aceptado 02 de junio 2014
Publicado: 30 Junio del 2014

PALABRAS CLAVE:

* *Chenopodium*
* quinua
* ácidos grasos
* procesamiento

RESUMEN

Granos perlados de tres cultivares de quinua, Pasankalla, Negra Collana y Salcedo INIA, fueron sometidos a tres procesos de transformación: cocción húmeda (CH), expandido por explosión (EPE) y cocción por extrusión (CPE). El contenido de ácidos grasos en los productos transformados y en granos perlados no procesados fueron obtenidos con el método de cromatografía de gases. En granos perlados sin procesar, el porcentaje de ácidos grasos saturados fue en promedio 12.93% mientras que los ácidos grasos esenciales en los tres cultivares se mostraron dentro de los rangos esperados, con pocas excepciones. Los procesos de transformación no han causado los mismos efectos en los contenidos de ácidos grasos esenciales, ni ha sido el mismo efecto en los tres cultivares. En Salcedo INIA, el contenido de ácido oleico ha sido favorecido por el EPE y CPE, mientras que los contenidos de ácido linoleico y ácido linolénico fueron desfavorecidos. El ácido araquidónico fue sustancialmente desfavorecido por el EPE. En el cultivar Negra Collana el contenido del ácido oleico ha sido desfavorecido, mientras que los contenidos de los ácidos linoleico y linolénico fueron favorecidos y el ácido araquidónico fue sustancialmente desfavorecido por el EPE. En Pasankalla, los contenidos de ácidos oleico, linolénico y araquidónico se mostraron favorecidos, mientras que el contenido del ácido linoleico no fue favorecido.

ARTICLE INFO

Article Received April 20, 2014
Article Accepted June 2, 2014
Published: June 30, 2014

KEY WORDS:

* *Chenopodium*
* quinua
* fatty acids
* processing

FATTY ACID PROFILE IN GRAINS OF THREE CULTIVARS OF QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd.) PROCESSED WITH THREE COOKING TECHNIQUES

ABSTRACT

Pearled grains of three crops of Quinoa: «Pasankalla», «Negra Collana» and «Salcedo INIA» were subjected to three transformation processes: wet cooking (WC), expanded blast (EB) and extrusion cooking (EC). The fatty acids content in processed products and non-processed pearled grains were obtained with the gas method of chromatography. In raw pearled grains, the percentage of saturated fatty acids was 12.93% on average. The percentages of essential fatty acids in the three crops were within expected ranges, with few exceptions. The processing did not cause the same effects in essential fatty acids content in the three crops. With «Salcedo INIA» variety, EB and EC processes favor oleic acid content; while unfavorable to the content of linoleic and linolenic acid. Arachidonic acid content was substantially unfavored by EB process. In the Negra Collana crop, oleic acid content was disadvantaged, while the content of linoleic and linolenic acids were favored and arachidonic acid was substantially unfavored by the EB process. In the Pasankalla crop, the contents of oleic, linoleic and arachidonic acid were favored, while the content of linoleic acid was disadvantaged.

INTRODUCCIÓN

El valor nutritivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Wild.) ha sido ampliamente reconocido debido a su alto contenido proteico y composición única de aminoácidos que incluyen a la lisina, un aminoácido esencial deficiente en muchos granos alimenticios. Incluso se ha considerado que la quinua puede proporcionar mayor versatilidad en la satisfacción de las necesidades alimenticias de los humanos en futuras misiones espaciales a largo plazo (Schlick y Bubenheim, 1993). Además de las proteínas, los ácidos grasos poliinsaturados son importantes especialmente para mantener la salud y fluidez de las membranas de todas las células y para producir las prostaglandinas que regulan muchos procesos corporales, como la inflamación y la coagulación de la sangre. Las grasas también son necesarias en la dieta para que las vitaminas liposolubles de los alimentos puedan ser absorbidas y para regular el metabolismo del colesterol (Borges, *et al.*, 2010).

Las dos familias de Ácidos Grasos Esenciales, Omega-3 y Omega 6, deben ser obtenidas a través de la alimentación, el organismo humano no puede sintetizarlos, aunque puede convertir un Omega-3 en otro Omega-3. Existen tres tipos principales de Omega-3, Ácido Alfa-linolénico, Ácido Eicosapentaenoico y Ácido Docosahexaenoico. El organismo humano convierte el ácido alfa-linolénico en los ácidos Eicosapentaenoico y Docosahexaenoico que son los más utilizados. Los ácidos grasos esenciales Omega-6, tales como el ácido linoleico, son necesarios para el desarrollo del cerebro y el déficit de los mismos podría afectar el desarrollo de los niños, sin embargo las dietas occidentales contienen altas cantidades de este ácido graso y por lo general no se requiere suplementar (Coronado, *et al.*, 2006).

En pruebas de genotipos de la región andina, se ha encontrado que el contenido de grasa en los granos de quinua varía entre 3.67% y 8.92% con una media de 5.68% (Bonifacio y Saravia, 2006). La presencia de ácidos grasos esenciales constituyen la mayor fracción en los lípidos de los granos de quinua, el ácido oleico (Omega 9) se presenta entre 21.1 y 26.04%, el ácido linoleico (Omega 6) entre 50.2 y 56.9% y el ácido linolénico (Omega 3) entre 3.9 y 7.8% (Koziol, 1992; Ruales y Nair, 1993; Wood *et al.*, 1993; Przybylski *et al.*, 1994; Repo-Carrasco *et al.*, 2003; Rubio, 2005).

Existen escasos trabajos reportando el contenido de ácidos grasos esenciales en granos de quinua sometidos a algún tipo de procesamiento. Rubio (2005) no encontró diferencias sustanciales en el contenido de ácidos grasos esenciales en granos de quinua pulida (21.31%) y quinua no pulida (21.60%), en un genotipo proveniente de Mata Redonda, Región VI, Chile. De modo similar, el contenido de ácido linoleico en quinua pulida (56.94%) no fue diferente del contenido en quinua no pulida (56.64%). El contenido de ácido linolénico en quinua pulida (5.01%) fue ligeramente mayor al contenido en quinua no pulida (4.66%).

El objetivo del presente trabajo fue determinar el perfil de ácidos grasos esenciales en granos perlados de tres cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild.) de la Región Puno, sometidos a tres tipos de procesamiento: cocción húmeda, expandido por explosión y cocción por extrusión.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Departamento de Puno, durante los meses de Noviembre del 2011 a Marzo del 2013. Granos perlados de tres cultivares de quinua, INIA 415 Pasankalla, INIA 420 Negra Collana y Salcedo INIA, de la campaña 2011-2012, en la Región Puno, fueron sometidos a tres tipos de transformación: cocción húmeda (CH), expandido por explosión (EPE) y cocción por extrusión (CPE). El contenido de ácidos grasos en los productos de los tres procesos de transformación y en granos perlados no procesados fueron obtenidos para cada una de los cultivares. La obtención de granos perlados y el procesamiento de cocción húmeda fueron realizados en las instalaciones del mega laboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano. El procesamiento de expandido por explosión se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa Fortigrano E. I. R. L. en la ciudad de Puno. El procesamiento de cocción por extrusión se realizó en las instalaciones de la empresa Aliprofood S. A. C. de la ciudad de Juliaca.

Obtención de granos perlados de quinua

Para la obtención de granos perlados se siguieron los siguientes pasos: selección y limpieza de granos removiendo todas las impurezas, remojo de los granos limpios durante tres minutos, escarificación por frotación manual de los granos en agua hasta obtener espuma, enjuague de los granos con abundante agua y secado durante tres días. Esta operación se realiza con el propósito de remover el contenido de saponina. (Elaboración Propia)

Cocción húmeda

La cocción húmeda consistió en someter los granos de quinua, previamente lavados y secados, a cocción en agua por 45 minutos, con una relación quinua-agua de 1:4, para todas las muestras de quinua, luego los granos cocidos se dejaron enfriar y secar bajo sombra. Los productos se envasaron y sellaron en bolsas de polipropileno y fueron almacenados en lugar fresco y seco. (Elaboración Propia)

Expandido por explosión

El expandido por explosión abarcó las siguientes etapas, hidratación de los granos de quinua al 10%, pre-calentamiento del equipo de expandido por 30 minutos con el fin de homogeneizar la temperatura de la cámara de capacidad de 1 kg, alimentación de la cámara del equipo con 900g de granos de quinua hidratados, calentamiento de la cámara herméticamente cerrada hasta alcanzar una presión de 190 lb/pulg², al alcanzar la cámara la referida presión, se retira la fuente de calor y se abre la tapa del equipo de expandido provocando que los granos expandidos de quinua salgan explosivamente y caigan en el dispositivo de recepción del producto, luego se seleccionó el producto expandido, removiendo los granos no expandidos. La quinua expandida fue envasada y sellada en bolsas de polipropileno y almacenada en lugar fresco y seco. (Elaboración Propia)

Cocción por extrusión

La cocción por extrusión ha consistido en las siguientes etapas: acondicionamiento, en la cual los granos de quinua previamente lavados y secados fueron hidratados añadiendo agua en una relación de 2 ml/Kg y esperar unos 10 minutos; alimentación del equipo extrusor con la harina de quinua hidratada; extrusión con un equipo de extrusión de doble anillo a una temperatura de 220°C y a

una presión de 80 lb/pulg², utilizando los mismos parámetros para los tres cultivares; enfriamiento del producto extruido por 10 minutos, molienda y envasado del producto en bolsas de polipropileno, sellado y almacenamiento en lugar fresco y seco. (Elaboración Propia)

Contenido de extracto etéreo

El contenido del extracto etéreo de los productos de los tres tipos de transformación de cada uno de los tres cultivares, INIA 415 Pasankalla, INIA 420 Negra Collana y Salcedo INIA, además de muestras de granos de quinua perlada sin transformar, fue determinado en el Laboratorio de Análisis de la Estación Experimental Illpa del INIA-MINAG, mediante el método gravimétrico, de acuerdo a la *Norma Técnica Peruana NTP 209.263*.

Perfil de los ácidos grasos

Los productos de los tres tipos de transformación de cada uno de los tres cultivares, INIA 415 Pasankalla, INIA 420 Negra Collana y Salcedo INIA, además de muestras de granos de quinua perlada sin transformar fueron sometidos a la determinación del perfil de ácidos grasos. La determinación fue realizada por el Laboratorio de Nutrición y Análisis Sensorial del Instituto Nacional de Laboratorios de Salud (INLASA) del Ministerio de Salud y Deportes de la República de Bolivia. El método de determinación fue el de cromatografía de gases, de acuerdo a la *norma ISO 17764*.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Contenido de extracto etéreo

En la Tabla 1, se muestra el contenido de extracto etéreo en los productos de los tres tipos de transformación para cada uno de los tres cultivares, INIA 415 Pasankalla, INIA 420 Negra Collana y Salcedo INIA, además de muestras de granos de quinua perlada sin transformar.

Los granos perlados sin procesar, en promedio de los tres cultivares, presentaron 8.09% de extracto etéreo, con un rango de 7.10% a 9.08%. Estos valores son ligeramente mayores a los reportados en pruebas de genotipos de la región andina, donde el contenido de grasa en los granos de quinua varía entre 3.67% y 8.92% con una media de 5.68% (Bonifacio y Saravia, 2006).

En el tipo de proceso EPE se observa que hay una disminución de aproximadamente 70.5% del contenido graso, en promedio de los tres cultivares. Este resultado podría explicarse como consecuencia de la volatilización de algunos ácidos grasos debido a la alta temperatura (Luna, 2005). Estos resultados son similares a los mostrados por Mujica et al. (2006) quien hace referencia de que los granos extruidos de quinua tienen un porcentaje de grasa de 2.46% se observa el efecto que produce el proceso de cocción por extrusión

en el contenido de grasa, el cual ha sido disminuido en aproximadamente 8.5%.

El efecto en el contenido de grasa de la quinua por el proceso de cocción húmeda es considerable ya que existe una disminución en un 50.9% aproximadamente, siendo más sensibles a este proceso los cultivares Pasankalla y Salcedo INIA. El proceso de cocción húmeda ha presentado la menor disminución de contenido de grasa de quinua, ya que solamente hubo una disminución promedio del 7.5%.

Perfil de ácidos grasos esenciales

En la Tabla 2 se muestra el perfil de ácidos grasos en muestras de granos de quinua de los tres cultivares, Salcedo INIA, INIA 420 Negra Collana y INIA 415 Pasankalla, bajo tres tipos de procesamiento y en granos sin procesar, expresados en porcentaje promedio en relación al contenido de grasa de los granos de quinua.

Los granos perlados sin procesar, en promedio de los tres cultivares, presentaron 12.93% de ácidos grasos saturados, predominando el ácido palmítico (11.71%) seguido del ácido esteárico (1.22%); igualmente presentaron en promedio 26.96% de ácido oleico, el cual es un ácido monoinsaturado. Presentaron también el 58.87% de ácidos grasos poliinsaturados predominando el ácido linoleico (50.67%), seguido del ácido linolénico (6.98%) y del ácido araquidónico (1.22%). Estos resultados son próximos a los reportados en la literatura, Wood et al. (1993) y Przybylski et al. (1994) señalan que el contenido de ácidos grasos saturados en granos de quinua es alrededor del 11%.

El contenido de ácidos grasos en granos perlados de quinua sin procesar y en granos de quinua sometidos a tres tipos de procesamiento para el cultivar Salcedo INIA se presenta en la Tabla 3, para el cultivar INIA 420 Negra Collana se presenta en la Tabla 4 y para el cultivar INIA 415 Pasankalla se presenta en la Tabla 5. El contenido de ácido Oleico en granos de quinua sin procesar en los tres cultivares, estuvo dentro del rango reportado en la literatura (21.1% a 26.04%), aunque el cultivar INIA 420 Negra Collana presentó un mayor porcentaje (28.69%), seguido de los cultivares Salcedo INIA (26.80%) e INIA 415 Pasankalla (25.40%). A su vez, el contenido de ácido linoleico se mostró alrededor del menor valor del rango reportado en la literatura (50.25% a 56.4%), así el cultivar INIA 420 Negra Collana presentó el mayor porcentaje (52.03%), seguido de los cultivares INIA 415 Pasankalla (51.37%) y Salcedo INIA (48.60%). Por otra parte, el contenido de ácido linolénico en granos perlados de quinua sin procesar en los tres cultivares analizados estuvo también dentro del rango reportado en la literatura (3.9% a 7.8%), aunque el cultivar Salcedo INIA presentó un mayor porcentaje (9.18%) seguido de los cultivares INIA 415 Pasankalla (7.83%) e INIA 420 Negra Collana (3.93%).

Tabla 1. Contenido el extracto etéreo de los productos de los tres tipos de transformación de cada uno de los tres cultivares, INIA 415 Pasankalla, INIA 420 Negra Collana y Salcedo INIA, además de muestras de granos de quinua perlada sin transformar.

Ácidos grasos	Tipos de procesamiento			
	SP	CPE	EPE	CH
Salcedo INIA	7.10 ±0.14	7.46 ±0.12	2.40 ±0.16	4.00 ±0.18
INIA 420 Negra Collana	8.38 ±0.18	7.00 ± 0.16	2.38 ±0.17	3.90 ±0.13
INIA 415 Pasankalla	9.08 ±0.20	8.00 ±0.17	2.39 ±0.11	4.02 ±0.17
Promedio	8.09 ±0.18	7.48 ±0.15	2.39 ±0.15	3.97 ±0.16

SP granos perlados de quinua sin procesar.

CPE granos perlados de quinua procesados por cocción por extrusión.

EPE granos perlados de quinua procesados por expandido por explosión.

CH granos perlados de quinua procesados por cocción húmeda.

Tabla 2. Contenido medio de ácidos grasos, expresado en porcentaje en relación al contenido de grasa de los granos de quinua, en promedio de los tres cultivares Salcedo INIA, INIA 420 Negra Collana e INIA 415 Pasankalla, sometidos a tres tipos de procesamiento y en muestras de granos sin procesar.

Método	Ácidos Grasos		SP	CPE	EPE	CH
Saturados						
ISO 17764	Ácido Palmítico	C16:0	11.71 ±0.18	12.07 ±0.33	12.49 ±0.22	11.38 ±0.07
ISO 17764	Ácido Esteárico	C16:1	1.22 ±0.11	0.81 ±0.02	1.04 ±0.07	0.82 ±0.03
Total			12.93 ±0.24	12.88 ±0.33	13.53 ±0.16	12.20 ±0.07
Monoinsaturados						
ISO 17764	Ácido Oleico	C18:1WS	26.96 ±0.49	28.14 ±0.57	28.12 ±0.74	28.50 ±0.75
Total			26.96 ±0.49	28.14 ±0.57	28.12 ±0.74	28.50 ±0.75
Poliinsaturados						
ISO 17764	Ácido Linoleico	C18:2WS	50.67 ±0.54	49.95 ±1.17	50.08 ±1.01	49.49 ±0.74
ISO 17765	Ácido Linolénico	C18:3	6.98 ±0.79	6.92 ±0.72	7.43 ±0.71	7.17 ±0.82
ISO 17764	Ácido Araquidónico	C20:4W6	1.22 ±0.12	1.25 ±0.09	0.66 ±0.08	1.31 ±0.09
Total			58.87 ±0.41	58.13 ±0.69	58.16 ±0.54	57.97 ±0.26

SP granos perlados de quinua sin procesar.

CPE granos perlados de quinua procesados por cocción por extrusión.

EPE granos perlados de quinua procesados por expandido por explosión.

CH granos perlados de quinua procesados por cocción húmeda.

Tabla 3. Contenido de ácidos grasos, expresado en porcentaje en relación al contenido de grasa de los granos de quinua, del cultivar Salcedo INIA, sometido a tres tipos de procesamiento y en muestras de granos sin procesar.

Método	Ácidos Grasos		SP	CPE	EPE	CH
Saturados						
ISO 17764	Ácido Palmítico	C16:0	11.52 ±0.09	11.82 ±0.10	11.90 ±0.11	11.58 ±0.06
ISO 17764	Ácido Esteárico	C16:1	1.61 ±0.02	0.86 ±0.03	1.22 ±0.05	0.74 ±0.03
Total			13.13 ±0.10	12.68 ±0.13	13.12 ±0.16	12.32 ±0.09
Monoinsaturados						
ISO 17764	Ácido Oleico	C18:1WS	26.80 ±0.18	30.41 ±0.14	31.02 ±0.15	27.40 ±0.12
Total			26.80 ±0.18	30.41 ±0.14	31.02 ±0.15	27.40 ±0.12
Polinsaturados						
ISO 17764	Ácido Linoleico	C18:2WS	48.60 ±0.25	46.71 ±0.21	47.95 ±0.22	48.23 ±0.14
ISO 17765	Ácido Linolénico	C18:3	9.18 ±0.09	7.50 ±0.10	7.89 ±0.09	9.13 ±0.08
ISO 17764	Ácido Araquidónico	C20:4W6	1.38 ±0.04	1.40 ±0.05	0.38 ±0.05	1.34 ±0.06
Total			59.16 ±0.39	55.61 ±0.36	56.22 ±0.35	58.70 ±0.28

PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN GRANOS TRES CULTIVARES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) SOMETIDOS A TRES TIPOS DE PROCESAMIENTO

SP granos perlados de quinua sin procesar.
 CPE granos perlados de quinua procesados por cocción por extrusión.
 EPE granos perlados de quinua procesados por expandido por explosión.
 CH granos perlados de quinua procesados por cocción húmeda.

Tabla 4. Contenido de ácidos grasos, expresado en porcentaje en relación al contenido de grasa de los granos de quinua, del cultivar INIA 420 Negra Collana, sometido a tres tipos de procesamiento y en muestras de granos sin procesar.

Método	Ácidos Grasos		SP	CPE	EPE	CH
Saturados						
ISO 17764	Ácido Palmítico	C16:0	11.22 ±0.10	11.06 ±0.08	12.24 ±0.11	11.31 ±0.09
ISO 17764	Ácido Esteárico	C16:1	0.85 ±0.05	0.80 ±0.06	1.12 ±0.05	0.89 ±0.04
Total			12.07 ±0.15	11.86 ±0.08	13.36 ±0.16	12.20 ±0.13
Monoinsaturados						
ISO 17764	Ácido Oleico	C18:1WS	28.69 ±0.21	26.89 ±0.18	27.05 ±0.14	26.64 ±0.19
Total			28.69 ±0.21	26.89 ±0.18	27.05 ±0.14	26.64 ±0.19
Polinsaturados						
ISO 17764	Ácido Linoleico	C18:2WS	52.03 ±0.26	54.45 ±0.23	54.07 ±0.28	52.40 ±0.27
ISO 17765	Ácido Linolénico	C18:3	3.93 ±0.07	4.20 ±0.10	4.79 ±0.11	3.93 ±0.09
ISO 17764	Ácido Araquidónico	C20:4W6	1.55 ±0.04	1.46 ±0.02	0.72 ±0.05	1.58 ±0.03
Total			57.51 ±0.37	60.11 ±0.35	59.58 ±0.43	57.91 ±0.39

SP granos perlados de quinua sin procesar.
 CPE granos perlados de quinua procesados por cocción por extrusión.
 EPE granos perlados de quinua procesados por expandido por explosión.
 CH granos perlados de quinua procesados por cocción húmeda.

Tabla 5. Contenido de ácidos grasos, expresado en porcentaje en relación al contenido de grasa de los granos de quinua, del cultivar INIA 415 Pasankalla, sometido a tres tipos de procesamiento y en muestras de granos sin procesar.

Método	Ácidos Grasos		SP	CPE	EPE	CH
Saturados						
ISO 17764	Ácido Palmítico	C16:0	12.40 ±0.11	13.32 ±0.08	13.32 ±0.06	11.25 ±0.10
ISO 17764	Ácido Esteárico	C16:1	1.20 ±0.03	0.77 ±0.01	0.79 ±0.04	0.82 ±0.05
Total			13.60 ±0.14	14.09 ±0.09	14.11 ±0.10	12.07 ±0.14
Monoinsaturados						
ISO 17764	Ácido Oleico	C18:1WS	25.40 ±0.22	27.12 ±0.18	26.30 ±0.23	31.46 ±0.16
Total			25.40 ±0.22	27.12 ±0.18	26.30 ±0.23	31.46 ±0.16
Polinsaturados						
ISO 17764	Ácido Linoleico	C18:2WS	51.37 ±0.27	48.70 ±0.25	48.21 ±0.25	47.83 ±0.23
ISO 17765	Ácido Linolénico	C18:3	7.83 ±0.09	9.06 ±0.10	9.60 ±0.12	8.46 ±0.07
ISO 17764	Ácido Araquidónico	C20:4W6	0.74 ±0.02	0.90 ±0.01	0.88 ±0.04	1.00 ±0.01
Total			59.94 ±0.37	58.66 ±0.36	58.69 ±0.41	57.29 ±0.31

SP granos perlados de quinua sin procesar.
 CPE granos perlados de quinua procesados por cocción por extrusión.
 EPE granos perlados de quinua procesados por expandido por explosión.
 CH granos perlados de quinua procesados por cocción húmeda.

Efecto de los sistemas de procesamiento en el contenido de ácidos grasos esenciales

Los efectos de los sistemas de procesamiento en el contenido de ácidos grasos en los granos de quinua de los tres cultivares en estudio se muestra en la Tabla 6 para el cultivar Salcedo INIA, en la Tabla 7 para el cultivar INIA 420 Negra Collana y en la Tabla 8 para el cultivar INIA 415 Pasankalla, los resultados están expresados en porcentaje de incremento o de decremento en relación al contenido en los granos no procesados (NP), Dichos efectos no han sido los mismos para los diferentes ácidos grasos y para los tres cultivares en estudio.

El contenido del ácido Palmítico está dentro de los niveles normales de la quinua ya que este ácido graso es el menos saludable pues es el que más aumenta los niveles de colesterol en la sangre (Ferrini, 2009), se observa que el expandido por explosión, la cocción por extrusión y la cocción húmeda no afectan considerablemente su contenido, esto debido a que no existe una disminución significativa del contenido de extracto etéreo lo que conlleva a una mantenimiento de sus componentes.

En el cultivar Salcedo INIA el contenido del ácido oleico ha sido favorecido por los sistemas de procesamiento. Así, los granos de quinua sometidos al EPE han mostrado un incremento en 15.75%, igualmente los granos sometidos a CPE y CH mostraron incrementos en el contenido de este ácido graso en 13.47% y 2.24% respectivamente en relación a los granos no procesados, estos resultados son convenientes en la alimentación humana, ya que este ácido ejerce una acción beneficiosa en los vasos sanguíneos reduciendo el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares (Carrero, et. al., 2005). Mientras que los contenidos de los ácidos linoleico y linolénico no fueron favorecidos por los sistemas de procesamiento en este cultivar pero conservando un contenido considerable de estos ácidos grasos, respaldando de este modo al grano de quinua como una buena alternativa para la alimentación

en sus productos transformados como el expandido, el extruido y el graneado ya que los ácidos linoleico y linolénico se consideran ácidos grasos esenciales, porque no pueden ser biosintetizados y son necesarios para importantes funciones corporales, como el crecimiento y el buen estado de la piel y el pelo, por este motivo deben ser proporcionados en la dieta diaria (Lawson, 1999 citado por Salfate, 2006). A su vez, el ácido araquidónico fue sustancialmente desfavorecido por el procesamiento por expandido por explosión, la poca cantidad de este compuesto se debe a que el ácido araquidónico se encuentra principalmente en los aceites de pescado y no frecuentemente en los productos vegetales (Salfate, 2006)

En el cultivar INIA 420 Negra Collana el contenido del ácido oleico no ha sido favorecido por los sistemas de procesamiento, mientras que los ácidos linoleico y linolénico sí fueron favorecidos, en especial el ácido linolénico que mostró un incremento de 21.88% en los granos sometidos a EPE. Entretanto, el ácido araquidónico también fue sustancialmente desfavorecido por el procesamiento por expandido por explosión.

En el cultivar INIA 415 Pasankalla, los contenidos de los ácidos oleico, linolénico y araquidónico se mostraron favorecidos por los sistemas de procesamiento, en especial el ácido linolénico que mostró un incremento de 22.61% en los granos sometidos a EPE y 15.71% en aquellos sometidos a CPE. Entretanto el contenido del ácido linoleico no fue favorecido.

Estos valores determinan que la quinua en sus presentaciones ya procesadas contienen al igual que el grano crudo de quinua un importante contenido de este compuesto y que lo califica como una buena alternativa para su uso debido a que se han observado efectos fisiológicos beneficiosos de los ácidos grasos omega-3 en el corazón, circulación, respuesta inmunológica y prevención del cáncer (Salfate, 2006) que lo hace necesario para la alimentación diaria.

Tabla 6. Efecto de los tipos de procesamiento en el contenido de ácidos grasos en muestras de granos de quinua del cultivar Salcedo INIA, expresados en porcentaje de incremento o de decremento en relación al contenido en los granos no procesados (NP).

Ácidos grasos	CPE	EPE	CH
Saturados			
Ácido Palmítico	2.60 ±0.13	3.30 ±0.18	0.52 ±0.25
Ácido Esteárico	-46.58 ±1.22	-24.22 ±2.05	-54.04 ±1.30
Monoinsaturados			
Ácido Oleico	13.47 ±0.22	15.75 ±0.21	2.24 ±0.23
Polinsaturados			
Ácido Linoleico	-3.89 ±0.07	-1.34 ±0.06	-0.76 ±0.22
Ácido Linolénico	-18.30 ±0.25	-14.05 ±0.08	-0.54 ±0.18
Ácido Araquidónico	1.45 ±0.80	-72.46 ±2.55	-2.90 ±1.34

SP granos perlados de quinua sin procesar.
 CPE granos perlados de quinua procesados por cocción por extrusión.
 EPE granos perlados de quinua procesados por expandido por explosión.
 CH granos perlados de quinua procesados por cocción húmeda.

Tabla 7. Efecto de los tipos de procesamiento en el contenido de ácidos grasos en muestras de granos de quinua del cultivar INIA 420 Negra Collana, expresados en porcentaje de incremento o de decremento en relación al contenido en los granos no procesados (NP).

Ácidos grasos	CPE	EPE	CH
Saturados			
Ácido Palmítico	-1.43 ±0.24	9.09 ±0.03	0.80 ±0.16
Ácido Esteárico	-5.88 ±1.70	31.76 ±1.46	4.71 ±0.94
Monoinsaturados			
Ácido Oleico	-6.27 ±0.06	-5.72 ±0.18	-7.15 ±0.01
Polinsaturados			
Ácido Linoleico	4.65 ±0.08	3.92 ±0.01	0.71 ±0.02
Ácido Linolénico	6.87 ±0.76	21.88 ±0.64	0.00 ±0.26
Ácido Araquidónico	-5.81 ±1.60	-53.55 ±1.69	1.94 ±1.09

SP granos perlados de quinua sin procesar.

CPE granos perlados de quinua procesados por cocción por extrusión.

EPE granos perlados de quinua procesados por expandido por explosión.

CH granos perlados de quinua procesados por cocción húmeda.

Tabla 8. Efecto de los tipos de procesamiento en el contenido de ácidos grasos en muestras de granos de quinua del cultivar INIA 415 Pasankalla, expresados en porcentaje de incremento o de decremento en relación al contenido en los granos no procesados (NP).

Ácidos grasos	CPE	EPE	CH
Saturados			
Ácido Palmítico	7.42 ±0.30	7.42 ±0.48	-9.27 ±0.01
Ácido Esteárico	-35.83 ±0.58	-34.17 ±1.79	-31.67 ±2.21
Monoinsaturados			
Ácido Oleico	6.77 ±0.19	3.54 ±0.01	23.86 ±0.43
Polinsaturados			
Ácido Linoleico	-5.20 ±0.01	-6.15 ±0.01	-6.89 ±0.03
Ácido Linolénico	15.71 ±0.05	22.61 ±0.12	8.05 ±0.31
Ácido Araquidónico	21.62 ±2.07	18.92 ±2.68	35.14 ±1.61

SP granos perlados de quinua sin procesar.

CPE granos perlados de quinua procesados por cocción por extrusión.

EPE granos perlados de quinua procesados por expandido por explosión.

CH granos perlados de quinua procesados por cocción húmeda.

CONCLUSIONES

La quinua presenta buenas características funcionales para la alimentación humana así también como materia prima para diferentes tipos de procesamiento, los procesos de transformación afectan negativamente en el contenido de ácidos grasos pero su contenido sigue siendo alto, siendo el proceso de expandido por explosión el que presenta mejor contenido de ácidos grasos. Los cultivares con mejor contenido de ácidos grasos principalmente en el contenido del ácido Linoleico, son el cultivar INIA 415 Pasankalla y INIA 420 Negra Collana, por lo que este grano sin proceso y procesado constituye un alimento que contribuye a la nutrición y la salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bonifacio, A. y Saravia, S. 2006. Informe final de actividades del Proyecto Quinua: Cultivo Multipropósito para los países andinos. PNUDPROY/INT/OI/KO1. Proyecto quinua: cultivo multipropósito para los países andinos: PNUD-PROY/INT/OL/KOL fond0 fiduciario Pérez-Guerrero. La Paz, Bolivia.

Borges, T. J.; Bonomo, R. C.; Paula, C. D.; Oliveira, L. C. y Cesário, M. C. 2010. Características físico-químicas, nutricionais e formas de consumo da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Temas Agrarios, 15(1): 9-23.

Carrero, J.; Bautista, E.; Baró, L.; Fonollá, J.; Jiménez, J.; Boza, J. Y López-Huertas, E. 2005. Efectos Cardiovasculares de los Ácidos Grasos Omega-3 y Alternativas para Incrementar su Ingesta. Nutrición Hospitalaria XX (1) 63-69

Coronado, M. H.; Vega y León, S.; Rey, T.G.; García, B. F. y Díaz, G. G. 2006. Los ácidos grasos Omega-3 y Omega-6: Nutrición, bioquímica y salud. REB, 25(3):72-79.

Ferrini, G., 2009. Efecto del Perfil de Ácidos Grasos de la Ración Sobre la cantidad y Distribución de Lípidos en la Carne Pollo. Memoria presentada para optar el título de Doctor en veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona. Pág. 186.

- Koziol, M. 1992. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 5(1): 35-68.
- Luna, G. 2005. Efecto del proceso de cocción extrusión en la fracción indigestible, capacidad antioxidante, polifenoles totales, fitatos y algunas propiedades funcionales en 3 variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Tesis de Maister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Mujica, A.; Ortiz, R.; Bonifacio, A.; Saravia, R.; Corredor, G. Y Romero, A. 2006 Informe final, Proyecto Quinoa: Cultivo Multipropósito para los Países Andinos. PNUD- PROY/INT/
- Przybylski, R. y G. Chauhan & N Eskin. 1994. Characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa*) lipids. *Food Chemistry*, 51: 187-192.
- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C. e Jacobsen, S. 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*, 19(1-2): 179-189.
- Ruales J and Nair BM, 1993. Saponins, phytic acid, tannins and protease inhibitors in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *J.Sci.FoodAgric*, 54:211-219.
- Rubio, Z. Y. P. 2005. Extracción de aceite de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y su caracterización de dos ecotipos provenientes del secano costero de la región VI de Chile, Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos, Facultad de ciencias químicas y farmacéuticas, Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Salfate, T. 2006. Ácidos Grasos Omega-3 y Omega-6 en las Raciones Alimenticias del Programa de Alimentación Escolar de la JUNAEB. Tesis presentada para optar el grado de Licenciado en Ciencias de los Alimentos. Universidad Austral de Chile.
- Schlick, G. y Bubenheim, D.L. 1993. Quinoa: an emerging new crop with potential for cells. NASA Technical Paper 3422.
- Wood, S.; Lawson, L.; Fairbanks, D.; Robison, L. y Andersen, W. 1993. Seed lipid content and fatty acid composition of three quinoa cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*. United Nations University, 6(1):41-44.