



Revisión

Semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow): composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow) seeds: chemical composition and processing. Aspects related to other areas

Carlos Alberto **Padrón Pereira**^{1*}, Rafael Antonio **Oropeza González**²,
Adriana Isabel **Montes Hernández**²

¹Asociación RVCTA. Avenida Andrés Bello N° 101-79, Sector La Pastora, Municipio Valencia, Estado Carabobo, C. P. 2001, Venezuela.

²Investigador(a) independiente. 310 Alfred Avenue, Portage La Prairie, Manitoba, R1N 0H1, Canadá.

*Autor para correspondencia: carlospadron1@gmail.com

Aceptado 21-Marzo-2015

Resumen

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un cultivo con alto potencial para contribuir con la seguridad alimentaria en todas las regiones del mundo. El cultivo posee notable capacidad de adaptación a diferentes regiones agroecológicas y gradiente altitudinal. Aunque los principales países productores son Perú, Bolivia y Ecuador, la producción de quinua se está expandiendo a otros continentes y actualmente se cultiva en varios países. En Venezuela no se cultiva. La semilla de quinua es reconocida como nutritiva gracias a la cantidad y calidad de su contenido de proteína, especialmente por su alto contenido en lisina, como también en hierro, potasio, vitaminas B2, B5 y E, entre otros constituyentes. Quinoa tiene una variedad de usos en la industria procesadora de alimentos. En este trabajo se compiló información de la literatura que fue revisada, con el propósito de aportar una visión general sobre la composición química y el procesamiento de semillas de quinua. Nuevas investigaciones han reafirmado la cantidad, calidad de sus componentes químicos y nuevos fitoquímicos se han descubierto. Existe considerable desarrollo e innovación tecnológica que ha dado valor agregado a la quinua.

Palabras claves: compuestos bioactivos, “el grano de oro de los Andes”, “grano madre”, pseudocereales, quinua, requerimiento de datos de alta calidad, supergrano.

Abstract

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is a crop with high potential to contribute to food security in all world regions. The crop has a remarkable adaptability to different agroecological regions and altitudinal gradient. While the main producers are Peru, Bolivia and Ecuador, quinoa production is expanding to other continents and it is currently being cultivated in several countries. The crop is not cultivated in Venezuela. Quinoa seed is recognized as nutritious, thanks to both quantity and quality of its protein content, especially its high content of lysine, as well as its content of iron, potassium, vitamins B2, B6 and E, among others constituents. Quinoa has a variety of uses in food processing industry. In this work, information was compiled from the literature which was reviewed, in order to provide an overview on chemical composition and processing of seeds of quinoa. New research has reaffirmed the quantity and quality of its chemical components and new phytochemicals have been discovered. The development and technological innovation has added value to quinoa.

Key words: bioactive compounds, high quality data requirements, “mother grain”, pseudocereals, quinoa, supergrain, “the golden grain of the Andes”.

INTRODUCCIÓN

La región de los Andes es considerada centro de origen de numerosas especies nativas como la quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow), el cultivo fue durante miles de años el principal alimento de las culturas antiguas de los Andes y está distribuido en diferentes zonas agroecológicas de la región (BI/FAO, 2013). La palabra quinua proviene de la lengua quechua y significa “grano madre” (FAO, 2014). Hasta un periodo reciente, la quinua estuvo considerada únicamente como un alimento de los pueblos andinos, antes de ser mundialmente reconocida en la década de los 70, especialmente por los vegetarianos, en virtud de sus características dietéticas (Chevarria-Lazo *et al.*, 2014). Cabe destacar que, en el desarrollo de Sistemas Ecológicos Cerrados de Soporte de Vida (CELSS, ‘Controlled Ecological Life Support System’) de la NASA (National Aeronautics and Space Administration) con respecto al uso de plantas para soportar la vida humana en el espacio, entre los criterios de selección que estas deben cumplir se encuentran la producción de alimentos y la nutrición (Tibbitts y Alford, 1982); resultados indicaron que la quinua puede ser una excelente cultivo para CELSS debido a la alta concentración de proteína, facilidad de uso,

versatilidad en la preparación y el potencial para incrementar en gran medida los rendimientos en ambientes controlados (Schlick y Bubenheim, 1993). Mucho tiempo fue clasificada como un cultivo de subsistencia, situación que explica la conservación de una diversidad de prácticas agrícolas tradicionales de las comunidades andinas, en razón de no poder integrarlas en un modelo de agricultura convencional; este modelo agroecológico es el que se impone también como el más idóneo en un medio ambiente frágil sometido a fuertes limitaciones abióticas (Chevarria-Lazo *et al.*, 2014); en este contexto revisten importancia características biogeográficas y sociales que afectan (Bazile *et al.*, 2014). En la actualidad la quinua se encuentra en franco proceso de expansión porque representa un gran potencial para mejorar las condiciones de vida de la población de los Andes y del mundo moderno (BI/FAO, 2013). Chevarria-Lazo *et al.* (2014) describieron, que en 2011, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró al 2013, el “Año Internacional de la Quinua”, en virtud de la propuesta presentada en Roma a la FAO por el Estado Plurinacional de Bolivia; de esta manera se reconoció el rol que puede jugar esta planta en la seguridad alimentaria mundial; la declaración oficial del “2013-Año Internacional de la Quinua” por la ONU-FAO, resalta e insiste sobre el

reconocimiento del rol de los pueblos andinos en la creación y la conservación de la biodiversidad de la quinua. En junio de 2013 Google cedió 329000 accesos para “teff recipes” y más de 28 millones para “quinua recipes” (Taylor *et al.*, 2014).

La quinua, quinoa o quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una planta asociada a la subfamilia Chenopodioideae y familia(s) Chenopodiaceae y/o Amaranthaceae (Abugoch-James, 2009; Bhargava y Srivastava, 2013; Sukhorukov y Zhang 2013) (Fig. 1) que posee características intrínsecas sobresalientes, entre ellas, su amplia variabilidad genética asociada a distintas zonas geográficas con contextos ecológicos específicos, determinando en su conjunto la capacidad de sobrevivencia y creando a lo largo del tiempo múltiples formas dentro de la misma especie (BI/FAO, 2013; Bazile y Baudron, 2014). La diversidad de la quinua, a escala continental, ha sido asociada con 5 grandes ecotipos: Tierras Altas (Perú y Bolivia), Valles Inter-Andinos (Colombia, Ecuador y Perú), Salares (lagos salados; Bolivia, Chile, Argentina), Yungas (Bolivia) y Costa/Tierras Bajas (Chile) (Bazile *et al.*, 2013). Las colecciones del germoplasma están dispersas en el mundo, las más grandes corresponden a los países andinos (Bolivia, Perú, Argentina, Ecuador, Chile y Colombia) y se conservan recursos genéticos en bancos de semillas *ex situ* en más de 20 países (Alemania, Australia, Brasil, Canadá, Eslovaquia, España, Estados Unidos, Hungría, India, Japón, Kenia, Portugal, Reino Unido, Suecia, Turquía y Uruguay, entre otros) (Chevarria-Lazo *et al.*, 2014). La planta se adapta a diversos climas, el cultivo puede crecer con humedades relativas desde 40 % hasta 88 % y soportar temperaturas desde -4 °C hasta 38 °C; es una planta eficiente al uso de agua, tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo (BI/FAO, 2013). Sus semillas han mostrado capacidad de germinar a temperaturas cercanas a cero y tolerancia a exposiciones breves a heladas en algunos casos, y accesiones que provienen de zonas salinas y áridas tienen en general mayor tolerancia al estrés hídrico y la salinidad, producto de su adaptación (Ceccato *et al.*, 2014).

Mecanismos homeostáticos en estas plantas contribuyen a la tolerancia (Razzaghi *et al.*, 2015). La División de Estadística de la FAO registra a través de la Base de Datos FAOSTAT, datos para 245 países (reconocidos o no), de los cuales solo 3, concentran la mayor parte de la producción mundial de quinua; Perú y Bolivia, cuya producción considerablemente se ha incrementado en ambos países desde el año 2008, para el 2013 fue de \approx 52 y 50 mil toneladas, respectivamente, lo que representó el 99,2 % de la producción mundial; el resto porcentual se atribuyó a Ecuador (800 t) (FAOSTAT, 2015), y cualquier otro dato de producción de los 242 países restantes no ameritó y no ha ameritado un dato en la Base de Datos FAOSTAT. El cultivo comenzó a extenderse por todos los continentes desde los años 80, la quinua atrajo el interés de investigadores de Europa y Norteamérica, y hubo varios intentos por introducirla a partir de los años 80 en latitudes altas, los intentos iniciales condujeron siempre a fracasos de los primeros ensayos con materiales de Perú y Bolivia (latitudes cercanas al ecuador terrestre) que no alcanzaban a madurar en el verano de las altas latitudes (Bazile y Baudron, 2014). En los años 90, cultivares seleccionados de 10 países diferentes fueron ensayados: 8 de Perú, 4 de Bolivia, 2 de Ecuador, Reino Unido, Dinamarca y Chile, y 1 de Argentina, Brasil, Colombia y Países Bajos; el mejor cultivar de cada país participante se utilizó como control local (Valencia-Chamorro, 2003). En Estados Unidos los ensayos actuales de quinua se desarrollan con material chileno y aunque las extensiones en superficie parecen importantes, quedan reducidas por el volumen de venta de quinua en ese país importado de América del Sur (Bazile y Baudron, 2014). En Alemania, iniciales experimentos de campo se llevaron a cabo hace 20 años (Aufhammer *et al.*, 1995; Lee *et al.*, 1996). Actualmente en Canadá, la quinua se cultiva en las provincias de las praderas canadienses (Alberta, Saskatchewan y Manitoba). La Northern Quinoa Corporation en Canadá realizó pruebas de variedad y fitomejoramiento, y desarrolló variedades mejor adaptadas a las condiciones canadienses (El Hafid *et al.*, 2005; Peterson y



Figura 1.- Plantas de quinua (Distrito de Cabana, Provincia de San Román, Departamento de Puno, Perú).

Murphy, 2014). Canadá cultiva, produce alimentos en base a quinua y exporta.

Todos los cultivos son aptos para unos climas y para otros no, a menos que artificialmente sean creadas condiciones apropiadas para su crecimiento y buena cosecha,

como ocurre en los invernaderos; Venezuela es un país tropical y boreal en toda su extensión continental y marítima, centros poblados como Pueblo Nuevo (más septentrional), situado en la Península de Paraguaná (Estado Falcón) y San Carlos de Río Negro (más meridional) en el

Estado Amazonas, son calurosos pero llueve 10 veces más en la localidad amazónica; a pesar de su condición tropical, Venezuela no es uniformemente cálida debido al control climático que ejerce el relieve de los sistemas montañosos andino, costero, coriano y guayanés; Mucuchíes (2900 m de altitud) es la capital municipal más alta del país y Mérida (1600 m en su Plaza Bolívar) es la capital estatal de mayor elevación; muchos asentamientos y actividades humanas de montaña están presentes en casi todas las entidades federales; en Venezuela, el cruce de las porciones territoriales representadas por los pisos térmicos y las provincias pluviométricas permitió detectar 37 tipos climáticos o climas (muy pocos, poco probables), estos 37 climas de Venezuela con sentido térmico abarcan 7 clasificaciones de temperatura media anual en intervalo general de $< 3,0$ a $\geq 26,0$ °C y con sentido pluviométrico 7 clasificaciones de precipitación media anual en intervalo general de < 300 a ≥ 3300 mm (Silva-León, 2010), esto, sumado a las características intrínsecas sobresalientes de la quinua, hace que sea posible seleccionar y adaptar variedades. A pesar de lo expuesto, en Venezuela, aunque hace 20 años se documentó que buenos resultados se produjeron en ensayos con quinua llevados a cabo en áreas de Mérida y Maracay con miras a futura introducción en los estados Mérida, Trujillo y Lara (FAO, 1994), no se cultiva, no existen estudios formales publicados relacionados con el agro y su consumo está restringido a la adquisición por medio de ofertas en detal (Fig. 2) y en páginas web con precios elevados; con abastecimiento por importaciones minoritarias de los proveedores. A la fecha, el precio al por menor en bolívares “fuertes” de 1 kg de quinua perlada es ≈ 1400 , cebada en grano 360, trigo en grano 240 y arroz pulido 25.

El fruto de la quinua es un aquenio constituido por el perigonio que envuelve a una sola semilla, (1 fruto = 1 semilla), la semilla es el fruto maduro sin el perigonio y presenta 3 partes definidas: episperma, embrión y perisperma (Mujica *et al.*, 2001; Gomaa, 2014). El episperma está constituido por 4 capas, una externa de superficie rugosa, quebradiza, la cual se desprende fácilmente al frotarla, en ella se ubica

la saponina que le da el sabor amargo al grano y cuya adherencia a la semilla es variable con los genotipos, la segunda capa es muy delgada y lisa, la tercera capa es de coloración amarillenta, delgada y opaca y la cuarta capa, translúcida, está constituida por un solo estrato de células, esta última unida a un perisperma compacto con ausencia de espacios de aire; el embrión, formado por 2 cotiledones y la radícula, constituye \approx el 30 % del volumen total de la semilla, en el se encuentra la mayor cantidad de proteína y envuelve al perisperma (constituido por almidón) como un anillo (Prego *et al.*, 1998; Mujica *et al.*, 2001; Jiménez de Erramouspe *et al.*, 2010). En granos sin procesar, el espesor del episperma varía desde 20 μm en la parte central de las caras hasta más de 100 μm en los extremos cerca del embrión, la capa más externa del episperma es la de mayor espesor (Quiroga-Ledezma y Escalera-Vásquez, 2010). Por su carácter de semilla amilácea y que botánicamente es asignada a la clase Dicotyledoneae se considera un pseudocereal o pseudograno y no un cereal (Shoenlechner *et al.*, 2005; Abugoch-James, 2009). Rojas y Pinto (2013) y Rojas *et al.* (2014) compilando información señalaron que los granos de quinua en madurez fisiológica expresan amplia diversidad de colores, entre ellos: blanco, crema, amarillo, anaranjado, rosado, rojo, púrpura, café claro, café oscuro, café verdoso, negro; y en la colección nacional de quinua de Bolivia se han caracterizado 66 colores de grano; en relación a la forma de grano de quinua, indican existen 4: lenticular, cilíndrica, elipsoidal y cónica, y que la variación del diámetro del grano varía desde 1,36 mm a 2,66 mm. Por su diámetro se clasifica de acuerdo a El Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) de Perú, en 4 categorías: tamaño ‘extra grande’ (mayor a 2,0 mm), tamaño ‘grandes’ (mayor a 1,70 hasta 2,0), tamaño ‘medianos’ (mayor a 1,40 hasta 1,69) y tamaño ‘pequeños’ (menor a 1,40) (INDECOPI, 2009) (Fig. 3). Ante la amplia diversidad de colores, formas y tamaños de granos de quinua, en la comercialización se diferencian 3 colores: quinuas blancas, quinuas cafés y quinuas negras en razón de que los granos de quinua tienen la



Figura 2.- Quinoa perlada para la venta al por menor en establecimientos comerciales de Valencia, Estado Carabobo, Venezuela.

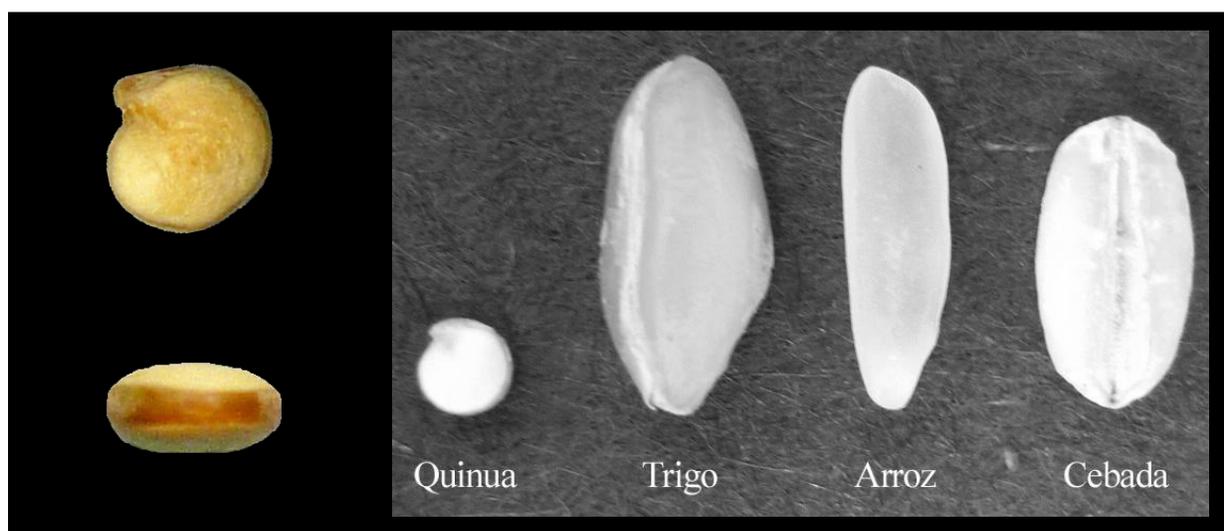


Figura 3.- Semilla de quinoa perlada y comparación del tamaño con algunos cereales.

particularidad de que luego de ser desaponificados adquieren estos 3 colores comerciales, por lo que el consumo es mezclas de variedades o cultivares de quinoa (o mezcla entre los 3 colores) (Rojas y Pinto, 2013; Rojas *et al.*, 2014). No obstante, pueden ser separados según el color de la semilla y según el criterio culinario para el cual se emplearán (López *et al.*, 2012) (Fig. 4).

En un sentido, la calidad de proteína de la quinoa es superior a las proteínas de los cereales, su calidad nutritiva representada por su composición de aminoácidos esenciales tanto en calidad como en cantidad, le convierte en un alimento ideal para el organismo (BI/FAO, 2013; Rojas *et al.*, 2014), y resalta el alto contenido en ácidos grasos esenciales y minerales Ca, Mg, Fe,



Figura 4.- Quinua negra y roja ofertada bajo la marca GoGo Quinoa™ de Cie 2 Ameriks Inc. (Saint Laurent, Québec, Canadá).

Cu y Zn (Jacobsen *et al.*, 2003) entre otros constituyentes químicos. En otro sentido, la quinua presenta diversidad de formas de utilización tradicional, no tradicional y en innovaciones industriales (BI/FAO, 2013; Rojas y Pinto, 2013), y su procesamiento puede no afectar o afectar positiva o negativamente a sus componentes químicos (Villacrés *et al.*, 2013). En tales sentidos, se recopiló información de la literatura con miras a aportar una visión general sobre la composición química y el procesamiento de semillas de quinua con miras a generar inquietudes para despertar iniciativas de cualquier índole.

CONTENIDO

- 1.- Composición química
 - 1.1.- Aminoácidos esenciales
 - 1.2.- Ácidos grasos esenciales
 - 1.3.- Minerales

- 1.4.- Vitaminas
- 1.5.- Compuestos bioactivos y propiedades antioxidantes en quinua
- 2.- Procesamiento de la quinua
 - 2.1.- Quinua perlada
 - 2.2.- Quinua cocida
 - 2.3.- Extruidos de quinua
 - 2.4.- Pan de quinua
 - 2.5.- Pastas de quinua
 - 2.6.- Bebidas de quinua
 - 2.7.- Otros productos

REVISIÓN DE LA LITERATURA

1.- Composición química

Nowak *et al.* (2015) realizaron una revisión con el propósito de evaluar los datos de composición existentes sobre quinua que fueron compilados de acuerdo a la normativa

Cuadro 1.- Composición proximal de fracciones de granos de quinua.

Componente	Grano integral	Grano molido	Afrecho	Embrión	Perisperma
Proteína	12,9 (100)	13,3 (96)	6,1 (4)	23,5 (57)	7,2 (39)
Lípidos	6,5 (100)	6,7 (95)	3,9 (5)	10,2 (49)	5,0 (46)
Azúcares	63,7 (100)	64,6 (93)	54,2 (7)	43,1 (20)	78,2 (73)
Fibra dietética	13,9 (100)	12,7 (84)	26,6 (16)	18,9 (45)	8,5 (39)
FDS	4,3 (100)	4,4 (96)	2,1 (4)	7,5 (61)	2,2 (35)
FDI	9,6 (100)	8,3 (79)	24,5 (21)	11,4 (38)	6,3 (41)
Cenizas	3,0 (100)	2,7 (76)	9,2 (24)	4,3 (51)	1,1 (25)

Los contenidos están expresados en g/100 g base seca. El número entre paréntesis representa el porcentaje del contenido en cada fracción con respecto al contenido total en el grano integral. FDS: fibra dietética soluble. FDI: fibra dietética insoluble.

internacional; encontraron un número limitado de datos que cumplieron con los criterios de calidad del conjunto de datos; en general, observaron amplias variaciones en el contenido de nutrientes de la quinua por 100 g de porción comestible, por ejemplo: proteína (9,1-15,7 g), grasa total (4,0-7,6 g) y fibra dietética (8,8-14,1 g); las variaciones de los valores de nutrientes entre diferentes variedades y entre las diferentes fuentes de datos fueron considerables; los resultados mostraron el potencial nutricional de la quinua, pero también demostraron que más datos analíticos de alta calidad sobre la quinua son necesarios, especialmente para minerales y vitaminas. Las semillas de quinua pueden presentarse como: integrales (con cáscara o cubierta), descascaradas (cáscara removida) o como descascaradas con posterior lavado (saponinas extraídas) denominada por Stikic *et al.* (2012) como “purificadas”; en cada caso, la composición química será diferente; al respecto, estos autores en su trabajo discutieron que la proteína de quinua varía de 15,16 a 17,41 % dependiendo del procedimiento usado para la purificación de las semillas, la remoción de la cubierta significativamente redujo el contenido de proteína de 17,41 a 15,69 %, y posteriormente, aunque no fue significativo estadísticamente, con el lavado con agua para extracción de saponinas

la reducción alcanzó 15,16 %; la misma tendencia a disminuir los valores en función del procedimiento usado ocurrió con la fibra y cenizas, mientras que para grasa aumentó. Ando *et al.* (2002) durante la molienda de granos integrales, separaron en fracciones el afrecho y el embrión del episperma, la relación porcentual obtenida fue: afrecho 8,2; embrión 30,1; perisperma 58,8 y 2,9 de pérdidas; posteriormente, caracterizaron los componentes químicos para cada fracción de las semillas; la composición proximal de las fracciones se presenta en el Cuadro 1, donde se aprecia que el afrecho contiene cantidades de todos los componentes, por lo que el procedimiento usado para la remoción de la cubierta influirá como lo señalaron Stikic *et al.* (2012) en los resultados finales; en tal sentido como expresaron Nowak *et al.* (2015), datos analíticos de alta calidad sobre la quinua son necesarios.

En el Cuadro 2 se presentan resultados sobre la composición química proximal de semillas de quinua determinados por diversos autores. Miranda *et al.* (2013) evaluaron la composición química de semillas de 2 genotipos de quinua (‘Regalona Baer’ y ‘Villarrica’) de Costa/Tierras Bajas (Chile) en 2 localidades con condiciones medioambientales y de suelo diferentes; Temuco: con clima templado-frío,

Cuadro 2.- Composición química proximal de semillas de quinua.*

Humedad	Proteína	Grasa	Fibra cruda	Cenizas	Carbohidratos	Referencia
-	12,9-13,3	6,5-6,7	-	2,7-3,0	-	Ando <i>et al.</i> (2002)
-	12,55-21,02	-	-	-	-	Bhargava <i>et al.</i> (2007)
13,25	11,14	5,80	3,88	2,29	63,65	Cerezal-Mezquita <i>et al.</i> (2012)
5,04-11,86	13,40-17,32	6,86-9,64	-	2,01-3,31	-	Cervilla <i>et al.</i> (2012a)
12,53	15,23	5,23	5,87	1,96	-	Demin <i>et al.</i> (2013)
10,96	11,95	7,19	-	2,15	-	Doğan y Karwe (2003)
11,5-11,7	17,4-18,8	6,49-5,80	2,4-2,6	3,5-3,7	69,3-70,4	Fischer <i>et al.</i> (2013)
14,7	11,7	12,4	2,2	3,0	55,3	Gallego-Villa <i>et al.</i> (2014)
-	9,15-15,53	-	-	-	-	González <i>et al.</i> (2012)
-	16,0-20,2	4,4-7,5	1,8-3,1	-	-	González-Martín <i>et al.</i> (2013)
-	13,50	-	-	2,20	-	Hofmanová <i>et al.</i> (2014a)
-	-	-	-	0,55-5,38	-	Koyro y Eisa (2008)
-	14,6	5,6	-	-	-	Kozioł (1992)
11,52	12,60	6,02	3,03	1,53	-	Milovanović <i>et al.</i> (2014)
7,74-15,18	11,32-16,10	5,88-7,15	1,33-2,81	3,15-3,65	56,73-68,36	Miranda <i>et al.</i> (2011)
7,77-15,17	11,13-16,18	5,57-7,06	1,21-2,85	3,18-3,70	56,54-68,12	Miranda <i>et al.</i> (2012a)
6,56-12,26	18,18-19,68	2,97-5,65	2,11-5,70	3,31-4,89	56,08-62,47	Miranda <i>et al.</i> (2013)
12	3,5	5,6	-	3	.	Pachauri <i>et al.</i> (2012)
-	16,41	9,71	1,92	3,03	68,92	Palombini <i>et al.</i> (2013)
7,8	15,6	4,6	-	2,3	-	Ranhotra <i>et al.</i> (1993)
8,26-11,51	11,32-14,72	3,95-6,85	1,81-7,04	2,27-3,12	59,4-70,8	Repo-Carrasco-Valencia <i>et al.</i> (2010a)
10,13	13,18	6,51	-	2,34	-	Repo-Carrasco-Valencia <i>et al.</i> (2010b)
10,78-12,62	13,96-15,47	4,69-6,85	1,92-3,38	3,04-5,46	68,84-75,82	Repo-Carrasco-Valencia y Serna (2011)
10,08-11,43	15,16-17,41	4,79-5,79	5,69-10,32	2,22-7,06	-	Stikic <i>et al.</i> (2012)
11,8	13,1	-	-	2,2	-	Sundarrajan (2014)
8,3-10,8	14,5-18,2	4,7-7,1	-	3,6-6,5	-	Vidueiros <i>et al.</i> (2015)

Los contenidos están expresados en g/100 g peso seco, excepto la humedad (g/100 g peso fresco).

* Los valores de este cuadro u otros presentados pueden abarcar variaciones por resultados de: diversos cultivares y genotipos de distintas regiones, ecotipos cultivados en diferentes regiones, un mismo genotipo cosechado en años distintos, un mismo cultivar cosechado bajo diferentes condiciones para su desarrollo, semillas no tratadas o con tratamiento previo a la determinación de su composición química y la metodología de análisis, entre otras causas de variación.

menor temperatura, mayor humedad relativa, pluviosidad 367,7 mm y suelo con mayor retención de agua y más rico en fósforo y potasio que Vicuña: en zona árida (con irrigación), pluviosidad 1,9 mm y suelo arenoso, más salino y con menor materia orgánica; en general, el contenido de humedad de las semillas fue mayor para los 2 genotipos en la localidad Temuco; la mayor humedad relativa y pluviosidad explicó la diferencia con respecto a las semillas cosechadas en Vicuña; con respecto a la proteína, los autores no encontraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) por causa de las condiciones agroclimáticas; en contraposición, González *et al.* (2012) en el análisis de cómo una región de cultivo y/o clima estacional puede afectar la calidad nutricional de las semillas de quinua, determinaron que el contenido de proteína varió de 9,15 a 15,53 g/100 g de masa seca para semillas del noroeste argentino (en Encalilla) y de 9,62 a 15,46 g/100 g de masa seca para semillas de Tierras Altas (Bolivia/Argentina). Las propiedades nutricionales de semillas de 21 accesiones de quinua recolectadas en diferentes ecorregiones del Noroeste de Argentina pero cultivadas en un mismo entorno mostraron un amplio intervalo de variación con solamente diferencias sutiles según la región de origen de las poblaciones (Vidueiros *et al.*, 2015). Por otra parte, de acuerdo a valores obtenidos por Fischer *et al.* (2013) en ensayos de restricción hídrica (4 niveles de disponibilidad de agua: 20, 40, 60 y 95 %) para evaluar los efectos sobre la composición química de semillas de 3 genotipos de quinua bajo 2 condiciones experimentales (de campo y en invernadero), la restricción no produjo cambios significativos en los contenidos de proteína, fibra y cenizas pero sí en los de grasa con un incremento en semillas irrigadas a 20 % de disponibilidad de agua. En el caso de Miranda *et al.* (2013), el contenido de grasa fue mayor para los 2 genotipos en la localidad Vicuña, por lo que fue afectado por la localidad, mientras que la fibra cruda no fue afectada y los carbohidratos y cenizas sí; los autores comentaron que los valores de cenizas encontrados se correlacionan con contenidos de cenizas de semillas de quinua obtenidas bajo

distintas condiciones de salinidad. Repo-Carrasco-Valencia y Serna (2011) para semillas de 4 variedades de quinua informaron valores porcentuales en base seca de 1,92 a 3,38 para fibra cruda y de 13,56 a 15,99 para la fibra dietética total, esta última correspondió a valores de fibra dietética soluble de 1,41 a 1,60 y de fibra dietética insoluble de 11,99 a 14,39 entre los que no se encontraron diferencias significativas entre las variedades; para los contenidos de proteína comentaron que hubo diferencias entre las variedades. Cabe destacar por una parte, que Gómez-Caravaca *et al.* (2012) en ensayos sobre los efectos de las variables agronómicas irrigación y salinidad en saponinas de semillas de quinua, observaron que en situaciones de déficit severo en agua el contenido de saponinas disminuyó 45 % y en condiciones de salinidad 50 %; y por otra parte, que el contenido de almidón en quinua y sus características difieren entre variedades, para 13 variedades Wu *et al.* (2014a) informaron valores entre 47,4 y 66,1 g/100 g.

En el Cuadro 3 se establece una comparación de la composición química proximal de semilla de quinua con algunos cereales. Las semillas de quinua son una excelente fuente de proteínas, lípidos y carbohidratos, el embrión ocupa una mayor proporción de la semilla que en los cereales comunes, por lo que el contenido de proteína y aceite son relativamente altos (Repo-Carrasco-Valencia, 2011), y comparado con otros granos es bajo en carbohidratos, aunque su mayor componente son los carbohidratos representando entre el 60 y 74 % de la materia seca, donde el almidón ocupa entre el 58,1 y 64,2 %, del cual \approx 10-21 % (dependiendo de la variedad) es amilosa; el contenido de proteína de la quinua se encuentra estrechamente cercano entre los del trigo y la avena, mientras que los de arroz, maíz y cebada son menores (Arendt y Zannini, 2013), como se aprecia en el cuadro. La quinua, el amaranto (*Amaranthus caudatus*) y el maíz morado (*Zea mays* L.) andino han mostrado mayor contenido de proteínas que el arroz (Nascimento *et al.*, 2014). Entre comparación de semillas de especies diferentes del mismo género, C. quinua cv. Sandowal versus C. album, Geşiński y Nowak (2011) caracterizaron contenidos de proteína de

Cuadro 3.- Comparación de la composición química proximal de semilla de quinua con algunos cereales.

Proximales* (g/100 g)	Quinua ¹	Trigo ²	Arroz ³	Maíz ⁴	Cebada ⁵	Avena
Humedad	13,28	10,94	11,62	10,37	10,09	8,22
Proteína	14,12	13,68	7,13	9,42	9,91	16,89
Grasa	6,07	2,47	0,66	4,74	1,16	6,90
Carbohidratos†	64,16	71,13	79,95	74,26	77,72	66,27
Cenizas	2,38	1,78	0,64	1,20	1,11	1,72

* USDA/ARS (2014). ¹ No cocida. ² *Durum*. ³ Blanco, grano largo, regular, crudo, no enriquecido. ⁴ Blanco. ⁵ Perlada, cruda. † Incluye fibra cruda.

17,6 y 14,2 g/100 g, respectivamente, mientras que Pachauri *et al.* (2012) para *C. quinoa* y 3 especies de *C. album* contenidos respectivos de 3,5 y 2,5-3,3 g/100 g, estos autores justificaron el bajo valor obtenido en quinua, probablemente a que utilizaron semillas comerciales con la cubierta removida. El consumo de proteína vegetal en lugar de proteína animal puede desempeñar un papel en el control de peso y la reducción de riesgo de enfermedades crónicas (Marsh *et al.*, 2013). Valcárcel-Yamani y Lannes (2012) describieron en base a resultados compilados, que el contenido de lípidos en quinua es mayor que el de algunos cereales, con valores de contenidos entre un intervalo de 5,2 a 9,7 % que superan al del maíz (4,7 %) y menores que el de soya (18,9 %). Similar información recopiló Abugoch-James (2009), quien describió que la composición en lípidos en semillas de quinua varía de 1,8 a 9,5 % y que el contenido de aceite en quinua (7 %) es mayor al del maíz (4,9 %) y menor al de la soya (20,9 %), en base seca. Comparando en el Cuadro 3 con el valor de la avena, el valor de quinua resulta menor, sin embargo, mayores valores para quinua se han determinado (Cuadro 2); al respecto, Banás *et al.* (2007) comentaron que la comparación de la avena con otros cereales es infrecuente en razón de variedades que pueden contener de 3 a 11 % e incluso líneas existentes con contenidos de aceite mayores a 18 %. Las semillas de quinua pueden

ser consideradas una buena fuente de fibra dietética (Repo-Carrasco-Valencia y Serna, 2011). Repo-Carrasco-Valencia *et al.* (2010b) informaron para carbohidratos digeribles 58,97 % y para fibra dietética 8,87 % (7,85 % insoluble; 1,02 % soluble), similar a lo determinado por Ranhotra *et al.* (1993) en harina de quinua, 8,9 % de fibra dietética total (7,7 % insoluble; 1,2 % soluble) quienes además señalaron que a diferencia de la soya y guisantes, quinua no es una fuente significativa de fibra soluble. En intervalos de 7,8-16,0 y 48,2-57,4 g/100 g base seca, publicaron Vidueiros *et al.* (2015) para fibra dietética total y carbohidratos, respectivamente, en semillas de 21 accesiones de quinua.

En semillas de quinua, las albúminas y las globulinas son las mayores fracciones de proteína (44 a 77 % del total de la proteína) y la de las prolaminas es baja (0,5 a 7,0 %) (Kozioł, 1992; Arendt y Zannini, 2013). Cabe destacar, que mejorar la calidad nutricional de los productos sin gluten es esencial, ya que los disponibles en el mercado son de mala calidad nutricional (Alvarez-Jubete *et al.*, 2010). Bajo porcentaje de prolaminas indicó que la quinua puede ser libre de gluten; Zevallos *et al.* (2014a) describieron, que la enfermedad celíaca es una enteropatía provocada por el gluten en dietas en las que se encuentran el trigo, el centeno y la cebada; el tratamiento consiste en una estricta dieta sin gluten; la quinua ha sido recomendada como

parte de una dieta sin gluten, no obstante, datos *in vitro* sugieren que las prolaminas de quinua pueden estimular las respuestas inmunes innata y adaptativa en pacientes celíacos; en tal sentido, los autores evaluaron los efectos *in vivo* del consumo de quinua en 19 pacientes celíacos adultos a los que se les suministró, en su usual dieta sin gluten, 50 gramos de quinua diariamente por 6 semanas; concluyeron que la adición de quinua a la dieta sin gluten de pacientes celíacos fue bien tolerada y no exacerbó la condición, hubo tendencia positiva hacia la mejoría con respecto a parámetros histológicos y serológicos, particularmente un efecto hipocolesterolémico, y sugirieron que consumir 50 gramos de quinua al día por 6 semanas con seguridad pueden ser tolerados por pacientes celíacos, aunque para el consumo a largo plazo más estudios son requeridos para determinar los efectos. Información recopilada sobre aspectos relacionados con la enfermedad celíaca y la dieta sin gluten fue discutida por Zevallos *et al.* (2014b). Algunos productos elaborados con quinua pueden estar certificados como orgánicos, como libres de gluten o contener trigo.

1.1.- Aminoácidos esenciales

En el Cuadro 4 se muestran resultados de composición de aminoácidos esenciales en semillas de quinua obtenidos por algunos autores, el valor promedio de los valores para isoleucina informados por Fischer *et al.* (2013) es ≈ 61 % menor al indicado por Koziol (1992) y en contraste el valor promedio de los valores del triptófano es ≈ 144 % mayor. González *et al.* (2012) en su trabajo resaltaron que la concentración de aminoácidos esenciales varió de 179,9 a 357,2 g/kg de proteína para semillas de quinua del noroeste argentino (en Encalilla) y de 233,7 a 374,5 g/kg de proteína para semillas de Tierras Altas (Bolivia/Argentina), por lo que factores medioambientales y climáticos influyeron en la composición en aminoácidos esenciales, e incluso fue más afectada que el nivel de proteína, destacaron los autores. Entre 18 aminoácidos evaluados por Fischer *et al.* (2013) en razón de posibles cambios por efecto de la

restricción hídrica en la composición de semillas de 3 genotipos de quinua, encontraron que solo en los esenciales histidina y treonina se produjeron cambios significativos disminuyendo sus contenidos en semillas irrigadas a 95 % de disponibilidad de agua. Diferencias notables en el contenido de aminoácidos lo atribuyeron Cervilla *et al.* (2012b) a variaciones en la expresión genómica ocasionada por las condiciones ambientales y del suelo, incluso en una misma zona geográfica. En 6 genotipos cultivados en Chile, Miranda *et al.* (2012a) determinaron los aminoácidos esenciales, excepto triptófano. Stikic *et al.* (2012) tampoco lo determinaron, en Serbia, en una nueva variedad obtenida a partir de variedades locales de Chile y Perú seleccionada por precocidad y adaptación a las condiciones europeas, recientemente registrada (Puno KVL 37). El triptófano en semillas de quinua ha sido determinado por Koziol (1992), Abugoch *et al.* (2008) y Fischer *et al.* (2013). Por otra parte, Thanapornpoonpong *et al.* (2008) en ensayos de fertilización, evaluaron la influencia de varias aplicaciones de nitrógeno sobre las proteínas de semillas de quinua de 2 variedades y sus composiciones en aminoácidos, las proteínas fueron fraccionadas en base a diferencias de solubilidad; la aplicación de nitrógeno afectó las fracciones de proteína, pero el contenido o la cantidad total de aminoácidos esenciales no cambió después de la aplicación de nitrógeno; los autores manifestaron que para la dieta humana, la fertilización con aplicación de nitrógeno podría ser una ventaja para mejorar los valores nutricionales por incrementar el contenido de proteína y mantener el contenido de aminoácidos esenciales.

La calidad de la proteína depende en gran parte de la composición de sus aminoácidos y su digestibilidad; si una proteína es deficiente en uno o más aminoácidos esenciales, su calidad es más baja y el más deficiente de los aminoácidos esenciales de una proteína se denomina “aminoácido limitante”, el aminoácido limitante determina la eficiencia de utilización de la proteína presente en un alimento o en combinación de alimentos y si un aminoácido esencial es insuficiente en la dieta, éste limita la

Cuadro 4.- Composición de aminoácidos esenciales en semillas de quinua.

Phe	His	Ile	Leu	Lys	Met	Thr	Trp	Val	Referencia
7,7-8,0*	2,3-2,6	3,9-4,3	7,0-7,3	5,2	2,8-3,0**	4,3-4,4	3,6	4,8-5,0	Abugoch <i>et al.</i> (2008)
3,2-3,4	3,7-3,9	1,7-2,1	4,9-5,3	5,1-5,7	0,4-0,9	4,4-5,4	1,9-2,5	2,0-3,2	Fischer <i>et al.</i> (2013)
4,34	1,99	-	7,50	4,58	2,25	3,49	-	6,00	Gallego-Villa <i>et al.</i> (2014)
3,50	3,80	2,39	5,63	6,98	1,75	4,01	-	2,83	Gęsiński y Nowak (2011)
6,9*	3,2	4,9	6,6	6,1	5,3**	3,7	0,9	4,5	Kozioł (1992)
3,9-4,5	2,7-3,5	2,9-3,8	6,4-7,2	4,1-4,8	1,4-1,9	3,2-3,6	-	4,3-4,9	Miranda <i>et al.</i> (2012a)
3,05	2,19	2,93	5,12	4,27	1,89	2,25	-	3,47	Palombini <i>et al.</i> (2013)
4,52	4,09	3,02	6,88	6,30	2,27	4,41	-	3,67	Ranhotra <i>et al.</i> (1993)
4,7	2,6	5,0	8,3	3,9	2,2	3,0	-	5,3	Stikic <i>et al.</i> (2012)

Los contenidos están expresados en g/100 g de proteína. * Fenilalanina + tirosina. ** Metionina + cisteína.

utilización de otros aminoácidos para formar proteína (Latham, 2002). La importancia de las proteínas en especies de pseudocereales se basa en su calidad (Valcárcel-Yamani y Lannes, 2012). La calidad nutricional de la proteína está determinada por las proporciones de aminoácidos esenciales los cuales no pueden ser sintetizados en el organismo y por tanto se deben suministrar en la dieta, si uno de estos aminoácidos esenciales es limitante los otros se descomponen y son excretados, lo que resulta en un crecimiento pobre y la pérdida de nitrógeno (Vega-Gálvez *et al.*, 2010). Los 9 aminoácidos indispensables son: fenilalanina (+ tirosina), histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina (+ cisteína), treonina, triptófano y valina; el requisito de lisina ha recibido mayor atención dada su importancia nutricional como aminoácido limitante en los cereales, especialmente trigo; de los aminoácidos aromáticos, fenilalanina y tirosina, el primero es nutricionalmente indispensable mientras que el segundo, como un producto metabólico del catabolismo de la fenilalanina, depende de que exista suficiente fenilalanina para suplir las

necesidades de ambos aminoácidos, lo anterior también aplica para los aminoácidos azufrados, metionina y cisteína (WHO/FAO/UNU, 2007). Tirosina y cisteína, sumados a taurina, glicina, arginina, glutamina y prolina se consideran condicionalmente indispensables (Marsh *et al.*, 2013).

En el Cuadro 5 se compara la composición de aminoácidos esenciales de semilla de quinua con algunos cereales. La quinua es proveedora de todos los aminoácidos esenciales (Quiroga *et al.*, 2014). Los granos de quinua poseen todos los aminoácidos esenciales (Martínez, 2014). Acorde a los valores sobre composición de aminoácidos en quinua indicados por el USDA/ARS (2014) y en base al estimado de requerimientos establecido por la WHO/FAO/UNU (2007) para un adulto, la proteína de quinua suple 192 % de la histidina, 119 % de la isoleucina, 101 % de la leucina, 120 % de la lisina, 137 % de la metionina, 130 % de la treonina, 197 % del triptófano y 108 % de la valina.

El contenido de lisina para quinua es alrededor de 2 veces mayor que el del trigo y el

Cuadro 5.- Comparación de la composición de aminoácidos esenciales de semilla de quinua con algunos cereales.

Aminoácido (mg/g de proteína)*	Quinoa ¹	Trigo ²	Arroz ³	Maíz ⁴	Cebada ⁵	Avena	WHO/FAO/UNU Requerimiento
Fenilalanina	42,0	49,8	53,4	49,2	56,1	53,0	38**
Histidina	28,8	23,5	23,6	30,5	22,5	24,0	15
Isoleucina	35,7	39,0	43,2	35,8	36,5	41,1	30
Leucina	59,5	68,3	82,6	122,6	67,9	76,0	59
Lisina	54,2	22,1	36,2	28,1	37,2	41,5	45
Metionina	21,9	16,2	23,6	20,9	19,2	18,5	16
Treonina	29,8	26,8	35,8	37,6	34,0	34,0	23
Triptófano	11,8	12,9	11,6	7,1	16,6	13,9	6
Valina	42,1	43,4	61,0	50,6	49,0	55,5	39

* USDA/ARS (2014). ¹ No cocida. ² *Durum*. ³ Blanco, grano largo, regular, crudo, no enriquecido. ⁴ Blanco. ⁵ Perlada, cruda. ** Fenilalanina + tirosina.

maíz, es particularmente alto relacionado a los granos de los cereales donde es el aminoácido limitante en la mayoría (Valcárcel-Yamani y Lannes, 2012). Geşiński y Nowak (2011) en la comparación de *C. quinoa* con *C. album* notaron que ambas especies mostraron mayores contenidos de lisina que en granos de los cereales. La quinua presenta altos niveles de histidina, isoleucina, fenilalanina (también tirosina) y similarmente leucina y triptófano (Valcárcel-Yamani y Lannes, 2012). Abugoch-James (2009) señaló que el contenido de histidina en la proteína de la semilla de quinua es mayor al de las proteínas del trigo y la cebada, como se aprecia en el Cuadro 5. Respecto al triptófano, Comai *et al.* (2007) determinaron el contenido de triptófano proteico y no proteico en harina de quinua y de trigo, arroz, maíz, cebada, avena, centeno, espelta, sorgo y mijo; el contenido de triptófano proteico de quinua fue mayor al de los cereales excepto al del trigo y la espelta que fue similar; el triptófano libre en la harina de quinua presentó un valor similar al del trigo, avena y sorgo (Kalblank), menor a cebada, espelta y mijo perla,

pero mayor al del arroz, maíz, centeno y sorgo (híbrido DK 34-Alabama).

1.2.- Ácidos grasos esenciales

En el Cuadro 6 se muestra la composición de ácidos grasos esenciales en semillas de quinua, acorde a determinaciones de algunos autores. Entre 6 ecotipos distribuidos entre el norte, centro y sur de Chile, Miranda *et al.* (2012a) encontraron que entre todos los ácidos grasos saturados y no saturados, el ácido linoleico fue el predominante, seguido del ácido oleico, palmítico y α -linolénico; los ecotipos del norte presentaron menor contenido del ácido linoleico y a su vez mayor de α -linolénico respecto a las otras 2 zonas, lo que reveló que genotipos de quinua difieren en su contenido de ácidos grasos por su distribución geográfica. Con respecto al color de las semillas, en 3 cultivares de quinua de colores blanco, rojo y negro, Tang *et al.* (2015a) calcularon un rendimiento en aceite de 6,58 a 7,17 % con contenido predominantemente de ácidos grasos insaturados (89,42 %) y con concentraciones

Cuadro 6.- Composición de ácidos grasos esenciales en semillas de quinua.

Ácido linoleico (C18:2)	Ácido α -linolénico (C18:3)	Referencia
52,0	9,8	Ando <i>et al.</i> (2002)
53,1	6,2	Kozioł (1992)
45,17-54,18	4,64-8,30	Miranda <i>et al.</i> (2012a)
51,653	2,873	Palombini <i>et al.</i> (2013)
50,2	4,8	Repo-Carrasco <i>et al.</i> (2003)
52,3	3,9	Ruales y Nair (1993)
44,2-57,5	3,2-9,4	Vidueiros <i>et al.</i> (2015)
52,3	8,1	Wood <i>et al.</i> (1993)

Los contenidos están expresados en g/100 g de grasa.

mayores en semillas oscuras; y su vez apreciaron que la actividad antioxidante de extractos lipofílicos de semillas de quinua se correlacionó positivamente con los ácidos grasos poliinsaturados.

Peiretti *et al.* (2013) estudiaron el perfil de ácidos grasos de las semillas y plantas de quinua durante el crecimiento; entre los ácidos grasos de las plantas durante el crecimiento, el ácido α -linolénico fue el más abundante (385-473 g/kg del total de ácidos grasos), mientras que el contenido de ácido linoleico, el cual varió desde 146 hasta 176 g/kg del total de ácidos grasos, disminuyó con el crecimiento hasta la fase de brotación y luego aumentó.

En el Cuadro 7 se presenta una comparación de la composición de ácidos grasos esenciales de semilla de quinua con algunos cereales. Se consideran ácidos grasos esenciales al ácido linoleico (LA) C18:2, ω -6 y al ácido α -linolénico (ALA) C18:3, ω -3; el LA es un precursor del ácido araquidónico (AA) y el ALA es un precursor de los ácidos eicosapentaenoico (EPA) docosahexaenoico (DHA) y docosapentaenoico (DPA) (Saunders *et al.*, 2013a). Tang *et al.* (2015a) han estimado la proporción de ácidos grasos ω -6: ω -3 en semillas de quinua en 1:6. En semillas de quinua, valores de 2560 y 270 mg/100 materia seca para ácidos

linoleico y linolénico, respectivamente, fueron determinados por Sundarrajan (2014) y ambos valores superaron al de semillas de amaranto, y a su vez fueron menores a los obtenidos para lupino (*Lupinus angustifolius*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule*). Valcárcel-Yamani y Lannes (2012) en su comparación (g/100 g), el contenido de ácido linoleico fue el ácido graso más abundante en quinua con un intervalo de 48,2-56,0 donde el límite menor superó al intervalo de amaranto (47,5-47,8) y el límite mayor al de trigo (55,1) y maíz (55,0); respecto al ácido α -linolénico presentaron un intervalo (3,8-8,3) en el que el límite mayor superó ampliamente a los valores de las 3 especies citadas (0,9; 3,8 y 0,9 respectivamente); donde corresponda, la información es coincidente con la información en el Cuadro 7. Abugoch-James (2009) por su parte, al comparar el contenido de ácido linoleico en quinua mediante un intervalo (48,1-52,3 %), los valores fueron menores al valor de contenido de ácido linoleico en maíz con el que comparó (57,7 %), lo que no coincide con el Cuadro 7, y sería concordante con Valcárcel-Yamani y Lannes (2012) solo si se compara con el límite menor del intervalo para quinua (48,2) y no con el mayor (56); para el ácido α -linolénico el intervalo para quinua usado por Abugoch-James (2009) (4,6-8,0) superó ampliamente el valor del maíz (2,2),

Cuadro 7.- Comparación de la composición de ácidos grasos esenciales de semilla de quinua con algunos cereales.

Ácido graso esencial (mg/g de grasa)*	Quinua ¹	Trigo ²	Arroz ³	Maíz ⁴	Cebada ⁵	Avena
Ácido linoleico (C18:2)	490,4	376,5	221,2	442,4	435,3	351,3
Ácido α -linolénico (C18:3)	42,8	19,4	47,0	13,7	47,4	16,1

* USDA/ARS (2014). ¹ No cocida. ² *Durum*. ³ Blanco, grano largo, regular, crudo, no enriquecido. ⁴ Blanco. ⁵ Perlada, cruda.

como se aprecia en el cuadro. Los intervalos para quinua y los valores para maíz empleados por Valcárcel-Yamani y Lannes (2012) y Abugoch-James (2009) para comparación fueron similares a pesar de diferencias que puedan surgir en una interpretación.

1.3.- Minerales

La composición de minerales en semillas de quinua en base a contenidos divulgados por diversos autores se presenta en el Cuadro 8. Stikic *et al.* (2012) publicaron la composición mineral de semillas de quinua integrales, luego descascaradas y posteriormente purificadas (como se explicó previamente); la remoción de la cáscara o cubierta redujo de manera significativa estadísticamente, los contenidos de calcio, sodio, potasio, manganeso, y no fueron afectados los contenidos de fósforo, magnesio, hierro, cobre y zinc; en semillas purificadas (lavadas para extracción de saponinas luego de descascaradas) se redujeron los contenidos de sodio, potasio, hierro y manganeso, mientras que los demás minerales no fueron afectados. Estos resultados son coincidentes con los de Konishi *et al.* (2004) quienes publicaron valores para semillas de quinua integral y descascarada; las coincidencias fueron la reducción de calcio y potasio, y no fueron coincidentes respecto a los contenidos de fósforo, magnesio, hierro y zinc, donde la remoción de la cáscara si afectó; no publicaron valores para sodio, manganeso y cobre. La composición mineral evaluada entre semillas de 2 genotipos de quinua en Chile por Miranda *et al.*

(2013) registraron diferencias significativas cuando estas fueron analizadas de plantas cultivadas en una región fría o en una región árida; los contenidos de Mg y Na en ambos genotipos fueron más altos en la región fría, aún cuando los suelos registraron menor contenido de Mg y Na intercambiable que los suelos de la región árida; el contenido de P, Ca, Fe, Cu y Zn fue mayor en los 2 genotipos de la región árida, aún cuando los valores de Fe en los suelos fueron menores en esa región; y por otra parte, el contenido de Mn de 1 genotipo presentó un mayor valor en la región fría mientras que el del otro genotipo fue mayor en la región árida; estos resultados confirman la acción de un mecanismo selectivo para el control de la distribución de minerales en semillas de quinua en base a condiciones medioambientales y de los suelos, y cabe destacar que, el contenido de K (como el del sodio) fue menor en los 2 genotipos en la región árida y en esta región el suelo fue más salino y presentó menor K intercambiable (a diferencia del sodio). Razzaghi *et al.* (2015) evaluaron el crecimiento de plantas de quinua bajo diferentes condiciones de salinidad y encontraron que la salinidad incrementó la asimilación de Na⁺ y K⁺, y además, las plantas demostraron mecanismos homeostáticos los cuales contribuyeron con la tolerancia. Esta tolerancia a la salinidad se diferencia entre genotipos de quinua, algunos son considerados sensibles y otros tolerantes (Bonales-Alatorre *et al.*, 2013), y se ha sugerido que suelos salinos-sódicos pueden ser adecuados para el cultivo de la quinua (Panuccio *et al.*, 2014).

Cuadro 8.- Composición de minerales en semillas de quinua.

Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	Zn	Ref.
220	-	-	-	-	-	-	300	-	1
67,55	0,21	2,61	7,56	3,92	-	31,31	424,41	2,70	2
62,8-93,8	-	26,1-33,4	861,1-956,2	183,9-191,2	-	-	348,6-378,0	-	3
55,1-86,3	-	14,2-15,0	656,0-732,0	467,9-502,0	-	-	404,9-411,0	4,0	4
148,7	5,1	13,2	926,7	249,6	10,0	-	383,7	4,4	5
111-302	1,6-2,5	5,7-34,2	1064-2710	164,8-176,8	2,38-4,47	<0,01-11,33	288,8-460,2	7,67-9,56	6
172,8	-	-	765,2	189,6	1,8	31,7	-	-	7
108,41	1,55	10,28	935,70	298,24	3,41	7,31	45,86	-	8
70	0,7	6,3	855	161	3,5	2,7	462	3,2	9
68,55	-	2,95	-	-	-	-	-	2,95	10
87,4	1,0	8,1	1200	-	-	-	530	3,6	11
210-450	0,21-0,29	2,41-4,96	486-952	140-152	1,21-1,94	79-220	230-280	1,84-1,87	12
-	-	0,6-5,8	-	-	-	-	-	0,9-4,1	13

Los contenidos están expresados en mg/100 g peso seco. Ref.: referencias. 1_Demin *et al.* (2013), 2_Gallego-Villa *et al.* (2014), 3_González-Martín *et al.* (2013), 4_Konishi *et al.* (2004), 5_Kozioł (1992), 6_Miranda *et al.* (2013), 7_Pachauri *et al.* (2012), 8_Palombini *et al.* (2013), 9_Ranhotra *et al.* (1993), 10_Repo-Carrasco-Valencia *et al.* (2010b) 11_Ruales y Nair (1993), 12_Stikic *et al.* (2012), 13_Vidueiros *et al.* (2015).

La comparación de la composición de minerales de semilla de quinua con algunos cereales se tabula en el Cuadro 9. El potasio es el mineral más abundante en semillas de quinua (Miranda *et al.*, 2013; Palombini *et al.*, 2013), y a criterio de Nascimento *et al.* (2014), la quinua, el amaranto, el maíz morado andino y el arroz son fuentes pobres de potasio; y además la quinua, el amaranto y el maíz morado andino son fuentes ricas en hierro, cobre, manganeso y zinc, mejores que el arroz. Stikic *et al.* (2012) en la comparación de sus resultados con los informados por otros autores en diferentes cereales, concluyeron que el contenido de potasio en semilla integral de quinua fue mayor que en arroz, maíz y cebada; el hierro también mayor que en trigo, arroz, maíz y cebada; los valores de sodio, magnesio, cobre y manganeso similares a

otros cereales y la concentración de zinc fue ligeramente menor; la información coincide con valores expuestos en el Cuadro 9; por otra parte, los autores también manifestaron que el contenido mineral de las semillas del genotipo que evaluaron fue menor que el contenido mineral en semillas de quinua presentado por Konishi *et al.* (2004), esto se aprecia en el Cuadro 8.

1.4.- Vitaminas

En el Cuadro 10 se presenta la composición de vitaminas en semillas de quinua determinada por algunos autores. En semillas de 6 ecotipos chilenos de quínoa, cultivados en 3 zonas de producción con condiciones edafoclimáticas distintas (2 de Tierras Altas del

Cuadro 9.- Comparación de la composición de minerales de semilla de quinua con algunos cereales.

Minerales (mg/ 100 g)*	Quinoa ¹	Trigo ²	Arroz ³	Maíz ⁴	Cebada ⁵	Avena
Calcio, Ca	47,00	34,00	28,00	7,00	29,00	54,00
Cobre, Cu	0,59	0,55	0,22	0,31	0,42	0,63
Hierro, Fe	4,57	3,52	0,80	2,71	2,50	4,72
Potasio, K	563,00	431,00	115,00	287,00	280,00	429,00
Magnesio, Mg	197,00	144,00	25,00	127,00	79,00	177,00
Manganeso, Mn	2,03	3,01	1,09	0,49	1,32	4,92
Selenio, Se (µg/100 g)	8,50	89,40	15,10	15,50	37,70	-
Sodio, Na	5,00	2,00	5,00	35,00	9,00	2,00
Fósforo, P	457,00	508,00	115,00	210,00	221,00	523,00
Zinc, Zn	3,10	4,16	1,09	2,21	2,13	3,97

* USDA/ARS (2014). ¹ No cocida. ² *Durum*. ³ Blanco, grano largo, regular, crudo, no enriquecido. ⁴ Blanco. ⁵ Perlada, cruda.

Cuadro 10.- Composición de vitaminas en semillas de quinua.

B1	B2	B3	E	C	Referencia
0,38	0,39	1,06	5,37	4,00	Kozioł (1992)
0,349-0,648	0,056-0,081	0,562-1,569	2,445-4,644	-	Miranda <i>et al.</i> (2011)
"	"	"	"	12,402-23,065	Miranda <i>et al.</i> (2012b)
0,35-0,83	0,06-0,09	1,39-2,44	-	22,39-49,30	Miranda <i>et al.</i> (2013)
-	-	-	1,16	-	Palombini <i>et al.</i> (2013)
0,29	0,30	1,24	-	-	Rahontra <i>et al.</i> (1993)
0,4	-	-	2,6	16,4	Ruales y Nair (1993)
-	-	-	1,32	-	Sundarrajan (2014)

Los contenidos están expresados en mg/100 g peso seco.

Norte: Ancovinto y Cancosa; 2 del Centro: Cahuil y Faro; y 2 del Sur: La Regalona y 'Villarrica'), Miranda *et al.* (2012b) encontraron diferencias estadísticas significativas en el contenido de

vitaminas; el ecotipo 'Villarrica' tuvo el mayor contenido de vitamina E y C, el mayor de vitamina B1 y B3 fue encontrado en el ecotipo Regalona, y el mayor de vitamina B2 en el

ecotipo Ancovinto; estos resultados fueron relevantes en el sentido que se puede afirmar que la quinua tiene propiedades “típicas” de la zona de cultivo. Para indagar en lo anterior, en un trabajo posterior (Miranda *et al.*, 2013) los genotipos Regalona Baer y ‘Villarrica’ fueron cultivados tanto en el centro-norte (Vicuña) como en el sur (Temuco) de Chile, regiones con condiciones medioambientales distintas, árida y fría, respectivamente; los contenidos de vitaminas (B1, B2, B3 y C) en los 2 genotipos cultivados en 2 regiones distintas variaron significativamente, en este sentido, B1 en mayor contenido se encontró en Regalona Baer de la región árida, seguido de ‘Villarrica’ en la misma región; B2, en mayor contenido se encontró en ‘Villarrica’ de la región árida aunque no fue significativo con su cultivo en la región fría; con B3 ocurrió lo mismo que con B1, y por otra parte, estas 2 vitaminas presentaron los más bajos contenidos en ‘Villarrica’ de la región fría lo cual coincide con los bajos contenidos de B1 y B3 determinados para el ecotipo ‘Villarrica’ del sur de Chile en el trabajo de investigación previo de Miranda *et al.* (2012b); con respecto al contenido de vitamina C, para los 2 genotipos se presentaron diferencias significativas entre las regiones de manera opuesta, el contenido fue mayor para ‘Villarrica’ en la región fría y en la región árida fue mayor para Regalona Baer (Miranda *et al.*, 2013). En semillas de 3 cultivares de quinua de colores blanco, rojo y negro, Tang *et al.* (2015a) informaron que el contenido total de tocoferol varió desde 37,49 hasta 59,82 mg/g y la quinua negra tuvo el más alto contenido de vitamina E, seguida de la quinua roja y blanca.

En el Cuadro 11 se presenta una comparación de la composición de vitaminas de semilla de quinua con algunos cereales. El valor de B1 para quinua es menor al del trigo, maíz y avena, y mayor al de arroz y cebada; B5 en quinua es menor con respecto al trigo, arroz y avena, y mayor al maíz y cebada; B3 en quinua es menor en todos los cereales, excepto en el caso de la avena; respecto a las vitaminas B2, E y folato total, quinua supera los contenidos de los cereales en el cuadro, y lo mismo para B6, excepto en el caso del maíz. En parte, de manera similar,

Rahontra *et al.* (1993) al comparar sus valores obtenidos de vitaminas en semillas de quinua, notaron que los de B1 y B3 fueron menores a los de la mayoría de los granos más comunes y con B2 ocurrió lo contrario. La quinua es una buena fuente de vitaminas, especialmente del complejo B y de vitamina C (Jancurová *et al.*, 2009; Miranda *et al.*, 2013). Aunque la quinua posee altos contenidos de ácidos grasos insaturados, que son susceptibles a la oxidación, la grasa o el aceite de quinua es muy estable debido al alto contenido de vitamina E (Stikic *et al.*, 2012). En este sentido, Tang *et al.* (2015a) han expresado que la actividad antioxidante de extractos lipofílicos de semillas de quinua se correlacionó positivamente con los tocoferoles totales. Palombini *et al.* (2013) no encontraron diferencia significativa entre los contenidos de α -tocoferol en quinua (BRS Piabiru) y amaranto (BRS Alegria). Mayores contenidos de α -tocoferol ($\mu\text{g/g}$ materia seca) exhibieron harinas de quinua (13,2) y cañihua (13,9) cuando fueron comparadas con los de harinas de amaranto (7,9) y lupino (10,1) (Sundarrajan, 2014). Alvarez-Jubete *et al.* (2009) también encontraron altos contenidos de vitamina E (μg α -tocoferol equivalentes/g) mayores en granos de quinua (24,7) que en amaranto (15,4), seguido de trigo sarraceno (6,3).

1.5.- Compuestos bioactivos y propiedades antioxidantes en quinua

Los antioxidantes son compuestos que inhiben o retrasan la oxidación de otras moléculas a través de la inhibición del inicio o la propagación de reacciones de oxidación en cadena; los antioxidantes naturales puede ser compuestos fenólicos (tocoferoles, flavonoides y ácidos fenólicos), compuestos de nitrógeno (alcaloides, derivados de la clorofila, aminoácidos y aminos) o carotenoides, como también el ácido ascórbico (Velioglu *et al.*, 1998). Los compuestos fenólicos o polifenoles constituyen un amplio grupo de sustancias químicas, considerados metabolitos secundarios de las plantas, con diferentes estructuras químicas y actividad; muchas de las propiedades beneficiosas descritas

Cuadro 11.- Comparación de la composición de vitaminas de semilla de quinua con algunos cereales.

Vitaminas (mg/100 g)*	Quinua ¹	Trigo ²	Arroz ³	Maíz ⁴	Cebada ⁵	Avena
Tiamina, B1	0,360	0,419	0,070	0,385	0,191	0,763
Riboflavina, B2	0,318	0,121	0,049	0,201	0,114	0,139
Niacina, B3	1,520	6,738	1,600	3,627	4,604	0,961
Ácido pantoténico, B5	0,772	0,935	1,014	0,424	0,282	1,349
Piridoxina, B6	0,487	0,419	0,164	0,622	0,260	0,119
α-Tocoferol, E	2,440	-	0,110	-	0,020	-
Folato total (µg/100 g)	184	43	8	-	23	56

* USDA/ARS (2014). ¹ No cocida. ² *Durum*. ³ Blanco, grano largo, regular, crudo, no enriquecido. ⁴ Blanco. ⁵ Perlada, cruda.

en los alimentos de origen vegetal asociadas principalmente a la actividad antioxidante, como el rol protector en enfermedades cardiovasculares y cáncer como también en los procesos de envejecimiento, están relacionadas con la presencia y con el contenido de este grupo de compuestos fitoquímicos (Tsimidou, 1998; Martínez-Valverde *et al.*, 2000). Los términos “actividad antioxidante” y “capacidad antioxidante” tienen diferentes significados: la actividad antioxidante se refiere a la cinética de una reacción entre un antioxidante y el prooxidante o radical que reduce o atrapa, mientras que la capacidad antioxidante mide la eficacia de la transformación termodinámica de la reacción de un prooxidante con un antioxidante (Apak, *et al.*, 2013). En la literatura, ocasionalmente, no se distinguen los términos. Cantidades significativas de componentes bioactivos han sido identificados en granos de quinua (Fuentes y Paredes-González, 2014).

El contenido de fenólicos totales en semillas de quinua determinado por Miranda *et al.* (2011) en 6 ecotipos chilenos (con antelación identificados por zonas en el texto) varió de 14,22 a 65,53 mg ácido gálico/100 g de materia seca; el ecotipo Faro presentó el mayor contenido y a su vez el mejor resultado en actividad antioxidante

(menor valor IC₅₀ con 461,89 µg/mL); los autores citan que factores genéticos, procesos agrotécnicos y condiciones medioambientales pueden influenciar la presencia de compuestos fenólicos y generar variación en la capacidad antioxidante. Lo anterior fue confirmado, en parte, en un trabajo posterior realizado, donde para 2 localidades diferentes en Chile (Temuco y Vicuña), valores de 12,39 (Temuco) y 19,20 mg ácido gálico/100 g de materia seca (Vicuña) y de 22,87 (Temuco) a 31,92 mg ácido gálico/100 g de materia seca (Vicuña) determinaron Miranda *et al.* (2013) para los genotipos ‘Regalona Baer’ y ‘Villarrica’, respectivamente; se aprecia que para ambos genotipos los mayores valores en compuestos fenólicos totales se obtuvieron en la localidad Vicuña, el mayor valor correspondió a ‘Villarrica’ (31,92 mg ácido gálico/100 g de materia seca), genotipo que también presentó mayor actividad antioxidante. Los contenidos de glucósidos de flavonoides de 17 variedades de quinua de Tierras Altas chilenas y Tierras Bajas creciendo bajo las mismas condiciones fueron determinados por Graf *et al.* (2015), y encontraron que los contenidos fueron significativamente mayores en Tierras Altas; concluyeron que el contenido de glucósidos de flavonoides puede ser regulado genotípicamente

en quinua. Ha sido documentado en ensayos de restricción de agua que la capacidad antioxidante de semillas de quinua se incrementa en la medida en que a más bajos niveles de disponibilidad de agua son sometidas las plantas (Fischer *et al.*, 2013). Gómez-Caravaca *et al.* (2012) en ensayos sobre los efectos de las variables agronómicas irrigación (25, 50 y 100 % agua) y salinidad a distintas concentraciones en compuestos fenólicos de semillas de quinua, observaron que la irrigación con restitución del 25 % del agua, con y sin la adición de sal, estuvo asociado con incrementos en los compuestos fenólicos libres de 23,16 y 26,27 %, respectivamente, y en contraste los compuestos fenólicos enlazados no fueron afectados por las condiciones; lo que sugirió que la irrigación y la salinidad pueden regular la producción de compuestos bioactivos en quinua. El contenido de compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante fue determinado en granos de 15 variedades y/o cultivares de quinua del Departamento de Puno (Perú) por Repo de Carrasco y Encina-Zelada (2008); la variación fue de 35,29 a 139,94 mg ácido gálico/100 g y la capacidad antioxidante osciló entre 117,49 y 2400,55 μg Trolox/g de muestra, para ambas determinaciones los mayores valores correspondieron a la variedad o cultivar PIQ031046. En la determinación de la capacidad antioxidante total en semillas de quinua de Bolivia por 2 métodos: la habilidad de reducir iones Fe (FRAP, 'Ferric Reducing Ability of Plasma') y decoloración del radical ABTS^{•+} [2,2'-azinobis (3-etil-benzotiazolina-6-ácido sulfónico)], conocidos como ensayos FRAP y ABTS (expresados como μmol Trolox/g peso seco), Peñarrieta *et al.* (2005) y Tejeda *et al.* (2008) informaron, respectivamente, para FRAP valores de 3,8 y 2,8; y para ABTS de 2,9 y 0,4; adicionalmente, sobre compuestos fenólicos totales, Tejeda *et al.* (2008) tabularon un valor de 0,02 μmol de ácido gálico equivalente/g peso seco.

Es necesario destacar algunas consideraciones de Halvorsen *et al.* (2002), cuya obra, a criterio de Paško *et al.* (2009), es genuinamente esencial en este campo de la investigación; en estudios previos, 3 métodos

entre otros, se han utilizado para evaluar la capacidad antioxidante total en plantas alimenticias, el de la capacidad antioxidante equivalente en Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico) conocido como TEAC ('Trolox Equivalent Antioxidant Capacity'), el ensayo FRAP y el de capacidad de absorbancia de radicales de oxígeno (ORAC, Oxygen Radical Absorbance Capacity); los ensayos TEAC y ORAC se basan en la habilidad del antioxidante para reaccionar con, o neutralizar, los radicales libres generados en los sistemas de ensayo, mientras que el ensayo FRAP mide la reducción del ion férrico (Fe^{+3}) a ferroso (Fe^{+2}) en presencia de antioxidantes, por lo que los valores en el ensayo expresarán la correspondiente concentración de antioxidantes donantes de electrones; eligieron el uso de FRAP por ser el único ensayo que mide directamente antioxidantes o reductores en una muestra, mientras que los otros ensayos son más indirectos porque miden la inhibición de especies reactivas (radicales libres) generados en la mezcla de reacción y los resultados también dependen fuertemente del tipo de especies reactivas utilizadas; el contraste entre los ensayos ha sido difícil de estandarizar y ha generado resultados diferentes entre laboratorios. En base a lo anterior, Paško *et al.* (2009) midieron la actividad antioxidante en semillas de quinua empleando diferentes ensayos y en orden a facilitar comparaciones expresaron los resultados del FRAP en $\text{mmol Fe}^{+2}/\text{kg}$ peso seco, los resultados fueron: FRAP 4,97 Fe^{+2}/kg peso fresco, ABTS TEAC₅₀ 27,19 $\text{mmol Trolox}/\text{kg}$ peso seco, y DPPH (radical DPPH[•], 1,1-difenil-2-picrilhidracilo) TEAC₅₀ 38,84 $\text{mmol Trolox}/\text{kg}$ peso seco; comparando con la literatura, el valor del FRAP en quinua fue < en avena y mayor > en arroz; con ABTS la capacidad antioxidante fue > la de cañihua y el trigo, similar a la del centeno, y < la capacidad antioxidante de la cebada, avena y trigo sarraceno; en el trabajo, los autores también determinaron la capacidad antioxidante de semillas de 2 cultivares de amaranto y observaron que los valores DPPH fueron significativamente menores que los de ABTS mientras que para quinua ocurrió lo contrario; el contenido de

polifenoles totales para quinua fue determinado (3,75 mg ácido gálico equivalente/g peso seco); para todos los métodos de actividad antioxidativa usados hubo correlación entre la capacidad antioxidante y los polifenoles totales. En base a resultados de polifenoles totales y los potenciales antioxidantes estudiados en cereales y pseudocereales por Gorinstein *et al.* (2007), estos autores dieron soporte a otros que mostraron que alto contenido de polifenoles totales incrementa el potencial antioxidante y hay una correlación lineal entre el contenido de fenólicos y el potencial antioxidante. Taylor *et al.* (2014) tabularon un resumen de capacidades y/o actividades antioxidantes distinguiendo ensayos, basados en la literatura, para sorgo, mijo y pseudocereales.

El tipo de disolvente, diferentes mezclas de disolventes y la relación en volumen de estos en la determinación de compuestos fenólicos, flavonoides y determinación de la actividad antioxidante genera resultados distintos, y diferencias significativas en los contenidos de compuestos fenólicos, flavonoides y la actividad antioxidante se han encontrado entre semillas de quinua de 2 colores (rojo y amarillo); las rojas presentaron mayores contenidos de los compuestos bioactivos y mayor actividad (Brend *et al.*, 2012). Tang *et al.* (2015b) encontraron que las semillas de quinua negras y rojas poseen mayor concentración de fenólicos y actividad antioxidante que las semillas blancas.

El contenido de fenoles totales en harina integral de quinua determinado por Asao y Watanabe (2010) fue 1,11 mg ácido gálico equivalente/g; estos autores también determinaron valores en harinas de los pseudocereales amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) (0,51 mg ácido gálico equivalente/g), trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench) (1,35 mg ácido gálico equivalente/g) y de 6 cereales (trigo *Triticum aestivum* L., arroz *Oryza sativa* L., cebada *Hordeum vulgare* L. y 3 especies de mijo de géneros distintos *Setaria*, *Echinochloa* y *Panicum*) donde los contenidos se ubicaron en el intervalo 0,16-0,36 ácido gálico equivalente/g para todos; los pseudocereales presentaron mayor contenido de fenoles totales que los cereales, y la

quinua fue superada solo por el trigo sarraceno; la actividad antioxidante fue evaluada en todas las harinas mediante 2 metodologías y quinua presentó la mayor actividad (superó al trigo sarraceno y demás especies evaluadas). En otro trabajo realizado por Alvarez-Jubete *et al.* (2010), coincidentemente con el trabajo de Asao y Watanabe (2010), la quinua también fue superada en contenido de fenoles totales por el trigo sarraceno y superó al trigo y al amaranto; en la evaluación de la capacidad antioxidante por 2 métodos, la de la quinua superó a la del amaranto; pero en contraposición, la del trigo sarraceno superó la de la quinua. Los 2 trabajos citados concuerdan en resultados con los de Paško *et al.* (2008) y Paško *et al.* (2009) quienes informaron mayor actividad antioxidante en semillas de quinua que en semillas de 2 cultivares de amaranto ('Aztek' y 'Rawa'), y también coinciden con los de Vollmannová *et al.* (2013), mayor capacidad antioxidante en 5 cultivares de quinua que en 5 cultivares de amaranto. Palombini *et al.* (2013) publicaron para semillas de quinua y amaranto valores de contenido fenólico total de 62,90 y 21,80 mg ácido gálico equivalente/100 g, respectivamente, y quinua presentó mayor capacidad antioxidante. Asociado a lo expuesto, el orden dado por Vollmannová *et al.* (2013) para contenido de polifenoles totales fue: trigo sarraceno > amaranto > quinua, y para capacidad antioxidante total: trigo sarraceno > quinua > amaranto; estos autores concluyeron que sus resultados confirman una influencia significativa del cultivar en el contenido de polifenoles totales, así como en la capacidad antioxidante total de semillas de pseudocereales. Chlopicka *et al.* (2012) tabularon valores promedios de contenido fenólico total (mg/g peso seco) para harinas de trigo (T) 6,96; trigo sarraceno (TS) 7,25; amaranto (A) 2,71 y quinua (Q) 2,8; el orden fue TS > T > Q > A, y comparando con Asao y Watanabe (2010) TS > Q > A > T y con Alvarez-Jubete *et al.* (2010) TS > Q > T > A. Entre harinas de un mismo tipo de grano puede haber variación en el contenido fenólico total dependiendo de si es harina integral o refinada, Yu *et al.* (2013) encontraron en la comparación de harinas de trigo integrales y

refinadas de 5 marcas comerciales, que las refinadas presentaron significativamente menores valores de contenido fenólico total que las integrales; adicionalmente informaron para el ensayo DPPH, que las refinadas mostraron mayores valores que las integrales aunque de manera no significativa, y por el contrario, para el ensayo ORAC las integrales mostraron mayores valores que las refinadas de manera significativa; cabe destacar, que aunque en las comparaciones presentadas el TS superó en contenido fenólico, Chlopicka *et al.* (2012) argumentan citando a Şensoy *et al.* (2006) bajo contenido en TS blanco y alto en TS oscuro; otros resultados tabulados por Chlopicka *et al.* (2012) para T, TS, A y Q, respectivamente, fueron: de flavonoides totales ($\mu\text{g/g}$ peso seco) 70, 153, 65 y 92; de actividad antioxidante TEAC FRAP (mg Trolox/10 g peso seco) 158,3; 214,9; 38,6 y 58,7; y de actividad antioxidante TEAC DPPH (mmol Trolox/kg peso seco) 3,95; 8,80; 3,60 y 6,22. Nsimba *et al.* (2008) en la evaluación, por medio de 3 metodologías, de la potencia antioxidante de varios extractos y fracciones de quinua y amaranto, han sugerido que compuestos no fenólicos pueden desempeñar un mayor rol en la actividad; en resultados obtenidos por Brend *et al.* (2012), sugieren que la actividad antioxidante en semillas de quinua también deriva de proteínas y otros compuestos no fenólicos, y en el mismo sentido, Gorinstein *et al.* (2007) expresaron que los principales antioxidantes en pseudocereales son polifenoles, pero también las proteínas juegan un rol en la actividad antioxidante general; y por otra parte, Tang *et al.* (2015a) revelaron que compuestos lipofílicos contribuyen significativamente a la actividad antioxidante.

En el Cuadro 12 se presentan los flavonoides y ácidos fenólicos identificados en quinua acorde a información recopilada por Taylor *et al.* (2014) e identificados por Carciochi *et al.* (2014a). En semillas de quinua, los contenidos de flavonoides expresados en mg/kg (base seca) determinados por Paško *et al.* (2008) fueron los siguientes: rutina 360; orientina 1076; vitexina 709; morina 88,9; hesperidina 1,86 y neohesperidina 1,93; no determinaron isovitexina, pero si en brotes germinados; para ácidos

fenólicos (en la misma base) obtuvieron: ácido gálico 320; ácido *p*-hidroxibenzoico 76,8; ácido vanílico 43,4; ácido cafeico 40 y ácido cinámico 10; no determinaron ácido ferúlico, pero si en brotes germinados; cabe mencionar que la actividad antioxidante en los brotes germinados fue dependiente del tiempo de crecimiento y mayor cuando los brotes crecieron en condiciones naturales de iluminación que en la oscuridad. Entre 6 ecotipos, 2 variedades y 2 muestras comerciales de semillas de quinua, Repo-Carrasco-Valencia *et al.* (2010a) publicaron valores (mg/100 g) de contenido de flavonoides entre los siguientes intervalos: miricetina 0,22-1,24 en 7 de 10 muestras; quercetina 11,6-55,5 en las 10 muestras; kaempferol 0,45-54,2 en las 10 muestras; e isohamnetina o isorhamnetina 0,89-2,08 en 3 de 10 muestras; no determinaron ramnetina; para ácidos fenólicos en forma soluble (en la misma base) en las 10 muestras publicaron: ácido *p*-hidroxibenzoico 1,92-3,88; ácido vanílico 8,97-14,0; ácido cafeico 0,25-1,47; *p*-cumárico 2,26-9,50 y a diferencia de Paško *et al.* (2008) si determinaron en las semillas ácido ferúlico 12,0-20,0; no determinaron a los ácidos sinápico y protocatechuico en ninguna de las muestras. El ácido ferúlico es el más abundante ácido fenólico en cereales comunes como el trigo y se le atribuye, además de actividad antioxidante, actividad antimicrobiana, antiinflamatoria, anticancerígena, y como a otros antioxidantes, reducción del nivel de colesterol y triglicéridos (Boz, 2015). El ácido protocatechuico en semillas de quinua ha sido determinado por Alvarez-Jubete *et al.* (2010) en contenido de $9,7 \mu\text{mol/100 g}$ base peso seco, y también en brotes germinados ($9,0 \mu\text{mol/100 g}$ base peso seco). Rutina también ha sido identificada y cuantificada en semillas de 5 cultivares de quinua por Vollmannová *et al.* (2013) con valores en un intervalo de 170 a $367,52 \text{ mg/kg}$ de materia seca que mostró diferencias significativas entre los cultivares. El ácido *p*-hidroxibenzoico también ha sido cuantificado por Okarter (2012) con un valor de $15,2 \mu\text{mol/100 g}$. Carciochi *et al.* (2014a) publicaron un valor para flavonoides totales en semilla de quinua de $11,06 \text{ mg}$ de quercetina

Cuadro 12.- Flavonoides y ácidos fenólicos en semillas de quinua.

Flavonoides	Ácidos fenólicos
Miricetina	Cafeico
Quercetina	Ferúlico
Kaempferol	<i>p</i> -Hidroxibenzoico
Isohamnetina	Vainillínico
Rutina	Gálico
Orientina	Cinámico
Vitexina	Protocatechuico
Morina	<i>p</i> -Cumárico
Hesperidina	-
Neohesperidina	-

equivalente/100 g de materia seca, y para contenido fenólico total 39,29 mg ácido gálico equivalente/100 g base peso seco; posteriormente distinguieron (base en peso seco) para el flavonoide quercetina 0,23 mg/100 g y para kaempferol 0,15 mg/100 g; en las mismas unidades y base para ácidos fenólicos, entre los ácidos hidroxibenzoicos: el ácido *p*-hidroxibenzoico 0,22; ácido vanílico 0,88 y no determinaron ácido gálico; y entre los ácidos hidroxicinámicos: el ácido *p*-cumárico 0,09; ácido ferúlico 0,57 y no determinaron ácido cafeico. Los mismos autores en otra investigación informaron 25,0 mg de quercetina equivalente/100 g de materia seca, y para contenido fenólico total 103,6 mg ácido gálico equivalente/100 g base peso seco, optimizando las condiciones de extracción de flavonoides y compuestos fenólicos de semillas de quinua usando extracción asistida por ultrasonido (Carciochi *et al.*, 2014b). Los flavonoides quercetina y kaempferol han sido aislados e identificados en semillas de quinua de plantas cultivadas en Japón (Hirose *et al.*, 2010). La cantidad de compuestos fenólicos en muestras de semillas está fuertemente influenciada por el

genotipo (variedad/cultivar), el suelo, las condiciones ambientales, el estado de madurez a la cosecha y las condiciones de almacenamiento poscosecha (Carciochi *et al.*, 2014a). En el Cuadro 13 se muestran algunos de los compuestos fenólicos en especies de quinua blanca, roja y negra, entre otros que fueron identificados y cuantificados por Tang *et al.* (2015b) y la comparación de medias que realizaron estos autores; al comparar los 12 compuestos presentados, 9 en quinua roja y negra superaron en concentración a los de quinua blanca, solo el kaempferol y la epicatequina superaron los valores de las quinuas con color; el ácido vainillínico presentó mayor concentración en la quinua roja, seguidamente de la blanca y la negra, y para el *p*-hidroxibenzoico los valores en quinua roja y negra conformaron un grupo homogéneo que se diferenció del menor valor en la quinua blanca.

Cabe mencionar que en extractos de hojas de quinua Gawlik-Dziki *et al.* (2013) identificaron y cuantificaron ($\mu\text{g/g}$ peso seco) los siguientes compuestos fenólicos: ácido gálico (162,85), ácido *p*-hidroxibenzoico (10,28), ácido clorogénico (37,55), ácido vainillínico (22,67), ácido siríngico (18,69), ácido *p*-cumárico (33,31), ácido ferúlico (762,29), ácido sinapínico (193,48), ácido benzoico (1,49), ácido *o*-cumárico (2,29), kaempferol (46,00), quercetina (6,88) isorhamnetina (3,06) y rutina (62,12); estos extractos pueden ejercer un efecto quimiopreventivo y anticancerígeno.

Con relación a otros compuestos bioactivos, Lutz *et al.* (2013) en ecotipos de semillas de quinua de 3 diferentes regiones geográficas en Chile determinaron contenidos de las isoflavonas daidzeína 0,70 a 1,15 mg/100 g y genisteína 0,05 a 0,25 mg/100 g. Bhargava *et al.* (2007) para semillas de 27 líneas de germoplasma de quinua informaron un contenido de carotenoides de 1,69 a 3,88 mg/kg, y para hojas de 230,23 a 669,56 mg/kg. Koziol (1992) 0,39 mg/100 g peso seco, similar a uno de los informados por Bhargava *et al.* (2007) en semillas. Los carotenoides, principalmente *trans*-luteína (84,7 a 85,6 %) y zeaxantina fueron confirmados en semillas de quinua de distintos colores, y la concentración fue más alta en

Cuadro 13.- Identificación y concentración (mg/kg) de compuestos fenólicos libres individuales en especies de quinua blanca, roja y negra.*

Compuesto fenólico	Quinua blanca	Quinua roja	Quinua negra
Quercetina	5,27 ± 0,82 ^c	11,82 ± 0,41 ^b	12,99 ± 0,11 ^a
Kaempferol	2,56 ± 0,08 ^a	1,18 ± 0,08 ^c	1,58 ± 0,07 ^b
Epigallocatequina	1,55 ± 0,03 ^c	2,71 ± 0,04 ^b	3,21 ± 0,04 ^a
Epicatequina	4,62 ± 0,12 ^a	3,89 ± 0,11 ^c	4,23 ± 0,18 ^b
Biochanina A	0,67 ± 0,27 ^c	6,44 ± 0,45 ^a	2,42 ± 0,79 ^b
Vainillina	4,19 ± 0,09 ^c	6,65 ± 0,24 ^b	8,39 ± 0,39 ^a
Ácido cafeico	4,39 ± 0,02 ^c	4,94 ± 0,03 ^b	19,61 ± 0,02 ^a
Ácido ferúlico	37,52 ± 2,61 ^c	58,41 ± 1,82 ^a	47,21 ± 1,77 ^b
Ácido <i>p</i> -hidroxibenzoico	5,84 ± 0,72 ^b	17,24 ± 0,49 ^a	16,97 ± 0,31 ^a
Ácido vainillínico	63,45 ± 2,22 ^b	70,02 ± 1,71 ^a	39,03 ± 2,04 ^c
Ácido <i>p</i> -cumárico	13,01 ± 0,58 ^c	22,73 ± 0,54 ^b	29,52 ± 1,06 ^a
Ácido isoferúlico	8,21 ± 0,26 ^c	19,44 ± 0,62 ^a	12,35 ± 0,49 ^b

n = 3. Los valores son promedios ± la desviación estándar.

* Letras iguales en superíndices en una misma fila implica que no existen diferencias significativas entre los valores (*p* < 0.05).

semillas de color negro, y cabe destacar que la actividad antioxidante de extractos lipofílicos de semillas de quinua se ha correlacionado positivamente con los carotenoides totales (Tang *et al.*, 2015a). Gorinstein *et al.* (2007) en semillas de quinua informaron un valor para antocianinas de 96,4 mg de cianidina-3-glucósido equivalente/100 g peso seco, y Paško *et al.* (2009) un valor de 120,4 mg de cianidina-3-glucósido equivalente/100 g peso seco. En semillas de quinua negra y roja, Tang *et al.* (2015b) en lugar de antocianinas identificaron betanina e isobetanina (betacianinas de las betalaínas), y haciendo alusión al resultado de Paško *et al.* (2009) consideraron que fue una identificación errónea, y afirman que sus resultados también demostraron que los pigmentos de semillas con color de quinua no son antocianinas como ha sido informado por otros. Las antocianinas y las betalaínas son pigmentos solubles en agua que se

encuentran en las vacuolas de las células de las plantas, estructural y químicamente son diferentes y ambas no han sido encontradas juntas en una misma planta (Repo-Carrasco-Valencia, 2011).

En otro orden de ideas, varios estudios sugieren que muchos bioactivos en alimentos (proteínas y péptidos, ácidos grasos poliinsaturados, fibra, fenólicos, carotenoides, probióticos y prebióticos) pueden ejercer efectos antioxidativo, antitrombótico, hipocolesterolémico, antimicrobiano e inmunomodulador (Aryee y Boye, 2015). Un “nutracéutico” es cualquier sustancia que pueda ser considerada un alimento o parte de un alimento y proporciona beneficios médicos o para salud, incluyendo la prevención y tratamiento de la enfermedad (DeFelice, 1994). El IOM (1994) ha descrito que utiliza el término “alimentos funcionales” para abarcar productos potencialmente saludables: un alimento funcional puede incluir cualquier alimento modificado o

ingrediente alimentario que puede proporcionar un beneficio para la salud más allá de los nutrientes tradicionales que contiene. La definición de DeFelice fue una posterior a la inicial sugerida por el mismo autor debido a la confusión creada por otros autores que crearon su propia definición. La EC Concerted Action on Functional Food Science in Europe (FUFOSE) adoptó una definición de trabajo, más que una definición firme, para alimentos funcionales: un alimento puede ser considerado como “funcional” si satisfactoriamente es demostrado que afecta beneficiosamente una o más funciones en el organismo, más allá de sus adecuados efectos nutricionales y de manera relevante mejore el estado de salud, bienestar y/o reduzca el riesgo de enfermedad; los alimentos funcionales deben seguir siendo los alimentos y demostrar sus efectos en cantidades que se esperan normalmente ser consumidas en la dieta; no son pastillas o cápsulas, sino parte de un patrón normal de alimentos (Diplock *et al.*, 1999). El significado de los términos en ocasiones ha sido redefinido por autores y organizaciones, y se encuentran en debate (El Sohamy, 2012; Sarin *et al.*, 2012; Lau *et al.*, 2013; Aryee y Boye, 2015). Los temas nutracéutico y alimento funcional relacionados con quinua fueron tratados por Fuentes y Paredes-González (2014).

2.- Procesamiento de la quinua

Ktenioudaki *et al.* (2015) describieron que, los beneficios para la salud están asociados con el alto contenido de fibra dietética en los granos de cereales, pero también, investigaciones recientes han demostrado que los granos de cereales son ricos en compuestos bioactivos únicos en su composición y diferentes a los fitoquímicos de otras fuentes como frutas y otros vegetales; no obstante, los granos de cereales se procesan antes de su consumo y dependiendo del proceso los niveles y la composición de los compuestos bioactivos disponibles pueden ser afectados; agregaron que, el conocimiento de los efectos de estos procesos en los compuestos fitoquímicos es esencial para asegurar que los productos generados son nutritivos y pueden

conferir beneficios para la salud a los consumidores. En el mismo sentido, la actividad antioxidante de los compuestos fenólicos es de gran interés para la industria alimentaria (Tsimidou, 1998) y la capacidad antioxidante de un producto puede sufrir modificaciones durante el procesamiento, almacenamiento o por prácticas de cocción a las que es sometido (Chaves *et al.*, 2002).

La quinua se consume en su totalidad (hojas, tallos, raíces y granos) en nutrición humana y animal; de las hojas se puede obtener harina, colorante, ensaladas crudas y cocidas; del tallo de la planta se obtiene ceniza, concentrado para animales y celulosa; y de los granos, saponina y el grano “perlado”, de este último, es posible obtener harina, hojuelas, extruidos, expandidos y granola, entre otros; en alimentación humana se han estudiado diferentes procesos tecnológicos con el propósito de comprender mejor el comportamiento de distintas variedades de quinua en la preparación de productos alimenticios, tales como: quinua perlada, hojuelas, expandidos, germinados, harina, pastas, almidón, extruidos, refrescos, malteado, colorantes y aislados proteicos; los siguientes productos enriquecidos con quinua: pastas, pizzas, galletas, cremas y sopas, refrescos (leche, sabores de: mora, mango y guanábana), hojuelas, turrone, granola, bebida instantánea, extruidos y chocolate con harina de granos de quinua han sido desarrollados por el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá), y han permitido la inclusión de la harina de granos de quinua en porcentajes de hasta 10 % en panes, 20 % en pastas (15 a 25 %, fideos, canelones), 30 % en galletas, 25 % en cremas y sopas, 20 % en productos con chocolate, 15 % en refrescos y 30 % en granola y turrone (Montoya-Restrepo *et al.*, 2005; Mujica *et al.*, 2006).

2.1.- Quinua perlada

Mujica *et al.* (2006) denominan como quinua perlada al grano de quinua seleccionado y desaponificado por medios fisicoquímicos y

mecánicos, siendo apta para el consumo (libre de impurezas y factores antinutricionales) (Fig. 5). El INDECOPI (2009) en su normativa define como quinua procesada (beneficiada) a los granos que han sido sometidos a operaciones de limpieza y selección (clasificado), escarificado, lavado, secado y despedrado, resultando un producto apto para el consumo; la normativa peruana establece como requisito, la ausencia de saponina en granos de quinua. El contenido de saponina en el afrecho o cubierta de semillas de quinua representa \approx el 86 % del total de saponina en el grano integral (Ando *et al.*, 2002). Entre variedades y ecotipos de quinua, y tipos de clasificación, se distinguen las quinuas dulces (con bajo contenido de saponina) y las amargas; el proceso de desamargado por escarificación consiste básicamente en el desprendimiento del episperma mediante la fricción mecánica de los granos secos sobre una superficie abrasiva (escarificación) y la separación del polvillo resultante, mediante ventilación, a lo que se puede añadir un lavado corto y secado (Tapia y Fries, 2007). En el proceso de obtención de harina y hojuelas de quinua y la quinua perlada, se incluye el proceso de perlado que es el descascarado de la quinua en seco (en descascarador) o por lavado en agua o la combinación de éstos (Repo-Carrasco-V. *et al.*, 2007).

Gozdecka *et al.* (2008) estudiaron la influencia de abrasión mecánica en la eliminación de saponina de la superficie de granos de quinua mediante 3 gradaciones del material abrasivo (220, 180, 120) y del número de revoluciones (100, 200, 300, 500, 1000) empleando 2 tambores (cilíndrico y hexagonal); independientemente del tambor, menos contenido de saponinas permaneció en las muestras a 1000 revoluciones; para el tambor cilíndrico, la reducción del contenido de saponina se incrementó en función del aumento del número de revoluciones para todos los grados de material abrasivo, sin embargo, en grado 120 la reducción de saponina fue de \approx 30 % a 100 y 200 revoluciones, mientras que a estas mismas revoluciones en grado 220 la reducción alcanzó \approx 15 %; para grado 180 las reducciones fueron menores a 10 %; asimismo, en grado 120 la reducción alcanzó \approx 40 % a 300 y

500 revoluciones, mientras que a 220 fue menor (\approx 20 % a 300 y 25 % \approx 500); para grado 180 la reducción porcentual de saponina fue mayor (\approx 45) que la de los otros 2 grados de material a 500 revoluciones; para el tambor hexagonal, al igual que ocurrió con el cilíndrico, la reducción del contenido de saponina se incrementó en función del aumento del número de revoluciones para todos los grados de material abrasivo, no obstante, el grado de material abrasivo 220 superó en reducción de contenido de saponina a los otros 2 grados en todas las revoluciones, seguido del grado 180 con tendencia similar sobre el grado 120; lo anterior reviste interés en la selección apropiada de parámetros, y en otro sentido, el tomar en cuenta que la forma abrasiva en que las semillas de quinua puedan ser tratadas para remoción de la cáscara o cubierta puede influir en mayores o menores contenidos de minerales remanentes en las semillas. Al respecto, Stikic *et al.* (2012) removieron la cáscara de semillas manualmente mientras que Konishi *et al.* (2004) emplearon un molino de los que usualmente se utilizan en el pulido del arroz; la remoción manual minimizó la reducción en contenidos de minerales y a través de ambas formas de abrasión el mineral que más se redujo fue el calcio. Para Ruales y Nair (1993) el proceso de remoción de saponinas en las semillas de quinua reduce hasta cierto punto los contenidos de vitaminas y minerales, la pérdida es significativa en el caso del potasio y considerablemente también en el caso del hierro y el manganeso.

Con el propósito de obtener semillas de quinua dulces mediante proceso de perlado, Gómez-Caravaca *et al.* (2014) ensayaron 2 diferentes grados de perlado (20 y 30 %) y el efecto del proceso en los contenidos de saponinas y fenólicos fue evaluado; la quinua integral tuvo los más altos contenidos de saponinas y fenólicos, como era de esperarse; un grado de abrasión de 30 % fue necesario para obtener quinua dulce (con un contenido total de saponina menor a 110 mg/100 g); este proceso causó una disminución de 21,5 y 35,2 % de los compuestos fenólicos libres y enlazados, respectivamente, sin embargo, esta disminución fue menor al comparar con otros cereales. Es de hacer notar, que las proteínas



Figura 5.- Quinoa perlada ofertada bajo la marca Casbah® de Hain Celestial Canada (Toronto, Ontario, Canadá), una división de The Hain Celestial Group, Inc. (Lake Success, New York, USA); y bajo la marca ‘Compliments Organic’ de Sobeys Inc., subsidiaria de propiedad total de Empire Company Limited (Stellarton, Nova Scotia, Canadá).

están en el embrión mismo, que casi no es removido durante el pelado o lavado del grano (proceso de desaponificado); con ello aunque arroz y quinua sean procesados con sistemas equivalentes (decorticado) la quinua mantiene sus cualidades culinarias, de transporte y almacenamiento, pero sobre todo la quinua, una vez pelada, queda con mayores propiedades nutricionales que el arroz blanco (Martínez *et al.*, 2014).

Escalera-Vásquez *et al.* (2010) desarrollaron un proceso de beneficiado en seco de la quinua, y para tal fin, diseñaron y construyeron un equipo experimental o reactor basado en la aplicación de un lecho fluidizado de tipo surtidor; en el sistema, las semillas de quinua

previamente seleccionadas y limpias se fluidizan mediante una corriente regulada de aire, generando un lecho en el que la fricción y choques continuos entre ellas permitieron: la remoción de las capas externas del episperma de alto contenido de saponinas bajo la forma de polvo fino, minimizar la pérdida de nutrientes debido a la abrasión controlada entre las partículas y la recuperación total de saponinas a través de un ciclón, lo que evita la contaminación de aguas; inicialmente evaluaron las condiciones de operación (flujo de aire, altura de lecho y masa de quinua) y posteriormente adoptaron un diseño factorial con 4 factores (diámetro de la boquilla, diámetro del lecho, altura de lecho y ecotipo de quinua) a 2 niveles; preliminarmente el tiempo

fue establecido en 30 minutos y como variables dependientes consideraron: el porcentaje residual de saponinas, el porcentaje de remoción de saponinas (en muestras sin procesar), la concentración de proteínas y el porcentaje de pérdida de masa; los resultados mostraron que, en el siguiente orden, el diámetro del lecho, el diámetro de la boquilla y el ecotipo fueron estadísticamente significativos sobre la concentración de saponinas y su remoción, mientras que la altura de lecho no; la concentración residual de saponinas en las muestras de quinua en función del diámetro de boquilla (1,4 a 1,8 mm) y el diámetro de lecho (7,5 a 12,5 cm) para una altura de lecho de 12,5 cm, mostraron que se alcanzan valores de saponinas mínimos (0-0,02 %); en relación al porcentaje de proteínas, ninguno de los 4 factores produjo un efecto significativo, y de la comparación entre los valores de concentración de proteínas entre ecotipos no procesados y procesados ambos ecotipos incrementaron su valor, en base a disminuciones en la masa de los granos por remoción de las capas externas que poseen poca cantidad de proteína y en razón de que el embrión, donde se encuentran fundamentalmente las proteínas, no sufrió daños durante el proceso; en base a otras corridas experimentales los autores concluyeron que tanto la remoción de saponinas como la pérdida de masa ocurren a mayor velocidad durante los primeros 5 minutos y disminuye paulatinamente en minutos posteriores por la fragilidad de la capa externa del epispermo donde se concentra la saponina (las capas interiores son lisas y más compactas). En un trabajo posterior, Obando-Estrada *et al.* (2011) redujeron el consumo de energía eléctrica por unidad de masa para el proceso de beneficiado en seco de variedades amargas de quinua que se llevó a cabo en un lecho fluidizado de tipo surtidor; los factores que más incidieron en el consumo de energía, en orden preponderante, fueron: el diámetro de la boquilla, el diámetro del lecho, el tiempo de proceso y la altura del lecho; a mayores diámetros de la boquilla se necesitaron mayores tiempos de proceso para la remoción de saponinas hasta el 0,01 % de concentración; para cualquier diámetro

y altura del lecho, las pérdidas de masa fueron menores cuando se utilizaron boquillas de diámetro mayor; para un diámetro del lecho de 20 cm, la altura del lecho estático y el diámetro de boquilla más convenientes fueron 12,5 cm y 3 mm, respectivamente, y un tiempo de 60 min, aproximadamente, para obtener granos de 0,01 % de concentración de saponinas, lográndose el menor consumo específico de energía con un valor de 0,23 kWh/kg; los autores comentaron que este valor fue significativamente menor al obtenido en condiciones óptimas establecidas en el trabajo de Escalera-Vásquez *et al.* (2010), quienes, vale destacar, mencionaron que el consumo unitario de energía eléctrica es alto cuando se utiliza un compresor comercial a pistón, y el mismo compresor utilizaron Obando-Estrada *et al.* (2011). La importancia de los trabajos comentados sobre el proceso de beneficiado en seco, radica en que se obtienen granos de quinua sin saponinas, se disminuye el consumo de agua y por ende se evita la contaminación hídrica, se recuperan saponinas que pueden utilizarse para diversos fines y se ahorra energía eléctrica. Una ventaja del proceso de beneficiado en seco expuesto es que comparativamente con el proceso tradicional, la desaponificación se realiza en un paso operacional seguido de esterilización con luz ultravioleta, mientras que en el tradicional a la escarificación le siguen operaciones de lavado, centrifugado y secado, según describieron Quiroga-Ledezma y Escalera-Vásquez (2010). Cabe resaltar que Pachauri *et al.* (2012) en la determinación del contenido de proteína en semillas de quinua obtenidas de Estados Unidos, obtuvo un valor promedio de 3,5 g/100 g, y discutió, que aunque en la literatura reciente se documentan contenidos de 12 a 16 %, el bajo valor obtenido fue probablemente porque las semillas usadas fueron comercialmente obtenidas y eran semillas desamargadas con la cubierta removida.

2.2.- Quinua cocida

Entre distintos métodos de cocción de las semillas, unos generan mayores pérdidas de

proteína que otros (Cervilla *et al.*, 2014). Brady *et al.* (2007) en la evaluación de los efectos de varios procesos térmicos sobre harina de quinua, apreciaron que el preacondicionamiento con vapor ejerció efectos mínimos sobre el perfil químico de la harina de quinua. Brend *et al.* (2012) en un recipiente de 2 L sumergieron 150 g de semillas de quinua en 270 mL de agua corriente; iniciaron la cocción y la detuvieron luego de 12 minutos de ebullición continua hasta que toda el agua fue absorbida por las semillas; lo anterior se realizó para semillas de color rojo y también de color amarillo; los productos fueron secados, molidos y se les determinó el contenido de compuestos fenólicos totales, flavonoides totales y la actividad antioxidante; para las semillas rojas se registraron mayores valores en todas las determinaciones y la cocción no causó cambios significativos en los mismos, excepto un significativo incremento en la actividad antioxidante en las semillas amarillas que pudo derivarse de un pequeño, aunque no significativo incremento en compuestos fenólicos, según aclaran los autores. Repo-Carrasco-Valencia *et al.* (2010b) cocieron 250 g de granos de quinua roja en 1 L de agua corriente durante 20 minutos con el propósito de determinar y comparar la biodisponibilidad mineral de las semillas antes y después; luego de la cocción hubo disminución en los contenidos de hierro, zinc y calcio (aunque para el calcio no fue significativo) con respecto a la quinua cruda; en relación a la dializabilidad, la del hierro y el calcio fue menor en la quinua cocida y la del zinc mejoró significativamente, no obstante, el calcio presentó mayor dializabilidad; los autores describieron que durante el tratamiento térmico los granos pierden su integridad y esto podría conducir a una menor interacción entre estos minerales y los inhibidores presentes en los granos, tales como componentes de la fibra dietética, fitatos y polifenoles, que forman quelatos que interfieren con la absorción mineral. La contribución potencial de los 3 minerales fue significativamente menor en quinua cocida; por otra parte, el efecto del tostado también fue evaluado por estos autores con el mismo propósito, y en tal sentido, 500 g de granos de quinua fueron tostados a 190 °C por 3 minutos; el

tostado afectó negativamente el contenido de calcio pero no al del hierro y el zinc; no hubo diferencia significativa entre la dializabilidad del hierro y el zinc entre los granos crudos y tostados, para el calcio si hubo al disminuir por el tostado; la contribución potencial del zinc y el calcio fue menor significativamente en los granos tostados y respecto al hierro no hubo diferencia entre tostados y crudos.

Wu *et al.* (2014b) estudiaron las diferencias de textura de quinua cocida de 13 variedades distintas y encontraron que la textura de la quinua cocida difiere entre variedades, unas presentaron una textura más dura y otras más suave, asimismo, algunas fueron más adhesivas y otras no tanto; los autores correlacionaron el perfil de textura (PT) con las propiedades fisicoquímicas de diferentes maneras, el contenido de proteína se correlacionó positivamente con todos los parámetros de análisis del PT, la dureza de las semillas se correlacionó positivamente con la dureza del PT, la gomosidad y la masticabilidad, y a su vez, estos últimos 3 parámetros se correlacionaron negativamente, al igual que la cohesividad, con la densidad de las semillas, no obstante, la proporción de la cubierta de la semilla se correlacionó positivamente con los parámetros del PT; el aumento del tiempo de cocción de la quinua se correlacionó con mayor dureza, cohesividad, gomosidad y masticabilidad; la relación de consumo de agua (hidratación) estuvo inversamente relacionada con la dureza del PT, gomosidad y masticabilidad; los autores emplearon el equipo Rapid Visco Analyser, la viscosidad pico del analizador se correlacionó negativamente con la dureza, gomosidad, masticabilidad, y 'breakdown' también negativamente con los parámetros del PT; la viscosidad final y 'setback' se correlacionaron negativamente con la dureza, cohesividad, gomosidad, masticabilidad, y 'setback' se correlacionó bien con la adhesividad; la temperatura de inicio de la gelatinización, significativamente, se correlacionó positivamente con todos los parámetros del PT y la temperatura pico, moderadamente, se correlacionó con la cohesividad, mientras que ni la temperatura de

conclusión ni la entalpía se correlacionaron con la textura de la quinua cocida. Wu *et al.* (2014a) determinaron características del almidón de quinua entre 13 diferentes variedades para investigar las correlaciones entre las características y la calidad de cocción de la quinua, la cual refiere al PT de quinua cocida; señalaron que el contenido de amilosa aparente, el grado del complejo amilosa-lípido y la entalpía de gelatinización del almidón exhibieron las más significativas correlaciones con el PT de quinua cocida; en las variedades con mayor actividad α -amilasa la tendencia fue a ser más adhesiva y cohesiva después de la cocción; el almidón jugó un papel significativo; los valores de las características del almidón de semillas quinua oscilaron entre: 2,7 a 16,9 g/100 g para amilosa aparente y 3,4 a 43,3 % para el grado del complejo amilosa-lípido, entre otras características determinadas. Ando *et al.* (2002) publicaron un valor de 23,9 % para amilosa aparente.

Ruales y Nair (1994a) investigaron las propiedades del almidón y la fibra dietética en semillas de quinua cruda y procesada; las muestras cocidas manifestaron mayor grado de gelatinización (97 %), seguidas de las sometidas a secado en tambor (96 %) y tratadas en autoclave (27 %); la digestibilidad *in vitro* del almidón de la quinua cruda fue 22 %, mientras que la de las muestras en autoclave, cocidas y de secado en tambor fueron 32, 45 y 73 %, respectivamente, y las saponinas no afectaron la digestibilidad del almidón aunque tendían a aumentar la viscosidad en el amilógrafo; con respecto a la fibra dietética total, el contenido en la muestra cocida fue 11 %, y a su vez, significativamente menor que en las muestras en autoclave (13,2 %), secadas en tambor (13,3 %) y crudas (13,3 %), mientras que la fracción de fibra dietética insoluble en las muestras no se vio afectada por el tratamiento térmico, y en la comparación con la muestra cruda, la fracción de fibra dietética soluble se redujo significativamente por la cocción (0,9 %) y el tratamiento en autoclave (1,0 %). Con respecto a la proteína, los mismos autores en otro trabajo mencionaron que los tratamientos térmicos aumentaron la digestibilidad de la proteína en

relación a muestras de quinua cruda y que solo la muestra cocida tratada durante 60 minutos presentó ligeramente menor digestibilidad, que la obtenida para otras muestras tratadas con calor (Ruales y Nair, 1994b).

En quinua cocida, Reyes-García *et al.* (2009) tabularon bromatológicamente valores porcentuales de humedad 79,0; proteína 2,80; grasa 1,3; fibra 0,7; cenizas 0,6 y carbohidratos 16,3. El USDA/ARS (2014) registra para humedad 71,61; proteína 4,4 y grasa 1,92 g/100 g. Con respecto al hierro, Reyes-García *et al.* (2009) 1,6 mg/100 g; USDA/ARS (2014) 1,49 mg/100 g; Saunders *et al.* (2013b) documentaron 1,5 mg/100 g y Repo-Carrasco-Valencia *et al.* (2010b) 1,08 mg/100 g. En relación a la dializabilidad de semillas de quinua cruda, Repo-Carrasco-Valencia *et al.* (2010b) en Perú calcularon D_{Fe} % un valor cercano a 1,5; D_{Zn} % un valor cercano a 2,5 y D_{Ca} % un valor cercano a 29; Vidueiros *et al.* (2015) en Argentina tabularon para 21 accesiones de quinua intervalos de D_{Fe} % 9,6-22,8 y D_{Zn} % 6,6-25,5 donde los valores de los límites superiores D_{Fe} % 22,8 y D_{Zn} % 25,5 correspondieron a la accesión N° CHEN 214.

2.3.- Extruidos de quinua

La extrusión de alimentos es un sistema de cocción de alta temperatura, elevada compresión e intenso esfuerzo cortante (cizallamiento) en periodos cortos; se utiliza como medio de reestructurar material alimenticio con contenido de almidón y proteínas y de esta forma elaborar diferentes tipos de alimentos texturizados (Quiroga *et al.*, 2014). A criterio de Doğan y Karwe (2003), la calidad del producto extruido depende de los diversos cambios fisicoquímicos que ocurren durante la extrusión, tales como, la gelatinización, fusión del almidón e interacciones entre componentes; en tal sentido, analizaron el efecto de la temperatura (T, 130-170 °C), velocidad del tornillo (V, 250-500 rpm) y contenido de humedad (H, 16-24 % base húmeda) de la materia prima (harina de semillas de quinua) en las propiedades fisicoquímicas de productos extruidos de quinua; utilizaron un extrusor de doble tornillo el cual fue configurado para tal fin

y el caudal másico total (harina/agua) se mantuvo constante a 300 g/min para todos los experimentos; como parte del análisis de datos se utilizaron polinomios de segundo orden asociados a una superficie de respuesta; entre los resultados obtenidos, el almidón fue parcialmente gelatinizado con un máximo de 84,4 % que correspondió a H 16 %, T 150 °C y V 500 rpm, los efectos lineales de T, V, H y cuadráticos de T y V tuvieron el mayor impacto en el grado de gelatinización (G), y el aumento en la V incrementó el G en todas las combinaciones de H y T, lo que confirmó que el cizallamiento contribuye significativamente a la gelatinización del almidón; en quinua la humedad excesiva actúa como lubricante secundario que impide la cocción adecuada de la masa por interrupción inducida del cizallamiento, y por otra parte, la harina de quinua necesita un entorno de alta cizalladura para un proceso de extrusión efectivo.

Brady *et al.* (2007) expresaron que la harina de quinua sometida a proceso de extrusión da como resultado un impacto significativo en el perfil químico en comparación con harina de quinua sin procesar. En resultados obtenidos por Repo-Carrasco-Valencia y Serna (2011), luego de un proceso de extrusión de semillas de quinua de 4 variedades, la extrusión afectó los componentes de humedad, proteína, grasa, fibra y cenizas disminuyendo los valores, mientras que para carbohidratos aumentaron los valores, en todas las variedades. Al respecto, Repo-Carrasco-Valencia (2011) sobre el efecto del proceso de extrusión discutió que los contenidos de fibra dietética total y fibra dietética insoluble disminuyeron durante el proceso de extrusión pero fue significativo para una sola variedad (Sajama) y al mismo tiempo el contenido de fibra dietética soluble se incrementó y fue significativo para 3 variedades (Blanca de Juli, Kancolla y La Molina 89); esto se atribuyó al cizallamiento causado por la alta velocidad del tornillo y la alta temperatura lo que causa rompimiento de enlaces químicos creando partículas más pequeñas que son solubles; se da una transformación de componentes de fibra insoluble a fibra soluble; por otra parte, describió que el contenido de compuestos fenólicos se incrementó luego del

proceso de extrusión con diferencias entre las variedades y lo mismo ocurrió con la actividad antioxidante; la autora argumentó que es conocido que los métodos de procesamiento ejercen efectos variables sobre los compuestos fenólicos totales y la actividad antioxidante de muestras de alimentos, entre los cuales se incluyen: poco efecto o ningún cambio, pérdidas significativas o mejora en las propiedades antioxidantes, por lo que el procesamiento puede mejorar las propiedades de los antioxidantes que se encuentran de forma natural o inducir la formación de nuevos compuestos con capacidad antioxidante, lo cual se traduce en que la actividad antioxidante en general aumenta o se mantiene sin cambios. Şensoy *et al.* (2006) en ensayos de actividad antioxidante (DPPH) para harina de trigo sarraceno, mostraron que el tostado a 200 °C por 10 minutos disminuyó ligeramente la actividad antioxidante mientras que la extrusión a 170 °C no causó ningún cambio, por lo que sugieren que condiciones de procesamiento pueden ser optimizadas para retener compuestos promotores de la salud en productos de trigo sarraceno. Sundarrajan (2014) caracterizó químicamente quinua, amaranto, cañihua y lupino antes y después del proceso de extrusión para conocer los efectos; ensayaron 2 temperaturas (140 y 160 °C) y harina con diferentes contenidos (20 y 50 %) en mezcla con una harina comercial denominada “polenta” (Risenta AB, Sollentuna, Suecia); para quinua, el extruido 20 % presentó mayor contenido de los ácidos grasos oleico, linoleico y linolénico a 140 °C y por el contrario en el extruido 50 % los contenidos fueron mayores a 160 °C, este último representó el mayor contenido entre los tratamientos con quinua para los ácidos grasos citados; quinua para ambas temperaturas y porcentaje de mezcla 50 % mostró mayor contenido de vitamina E en los extruidos que para ambas temperaturas en la mezcla 20 % y aparentemente no hubo un efecto por causa de la temperatura; quinua para ambas temperaturas y porcentaje de mezcla 50 % mostró mayor contenido fenólico total en los extruidos que para ambas temperaturas en la mezcla 20 % y el efecto de la temperatura no fue significativo. Villacrés *et*

al. (2013) señalaron que el procesamiento afecta en diversos grados la concentración de ácidos grasos, en algunos casos positivamente y en otros negativamente; presentan resultados para 4 variedades de quinua en los cuales la relación ácidos grasos poliinsaturados/ácidos grasos saturados disminuyó debido a la extrusión en 3 variedades significativamente, mientras que en una variedad fue no significativa; adicionalmente, el contenido de vitamina E también disminuyó significativamente en las 4 variedades, en unas más que en otras. Es posible producir extruidos a partir de granos de quinua mezclados solo con agua, sin ningún ingrediente, y a partir de amaranto también (Gearhart y Rosentrater, 2014).

2.4.- Pan de quinua

El pan forma parte de la dieta común en todo el mundo (Natri *et al.*, 2006) y en todas las clases sociales (Osuna *et al.*, 2006) y es fundamentalmente elaborado con trigo, bajo en lisina. En harinas compuestas de trigo y quinua, con miras a formulaciones para panificación, a mayor incremento en la sustitución parcial de quinua en relaciones porcentuales mayores cambios desfavorables en las propiedades reológicas y texturales; las variables más significativas son la dureza, tasa de gelatinización y retrogradación del almidón, y la variedad de quinua empleada influye en las propiedades (Díaz-S. y Hernández-G, 2012; Días-Salcedo, 2013). Por otra parte, favorables en términos nutricionales; incrementos en los contenidos de proteína, fibra dietética y cenizas (Hofmanová *et al.*, 2014b).

En ensayos sobre la quinua como ingrediente en la elaboración de pan, Stikic *et al.* (2012) observaron que la adición de 20 % de semillas resultó en un efecto positivo en las características reológicas de la masa, el contenido de proteína en el pan se incrementó alrededor de 2 % y los atributos sensoriales de los panes fueron excelentes. Demin *et al.* (2013), investigaron la posibilidad de inclusión de semillas de quinua y trigo sarraceno en varios niveles porcentuales a la harina de trigo (20 % quinua + 10 % sarraceno; 10 % quinua + 20 %

sarraceno; 20 % quinua + 20 % sarraceno); como tratamientos previos las semillas fueron hervidas en agua (1:1,5; p/v) y enfriadas hasta 30-40 °C; con respecto a la reología de las masas, la adición de los pseudocereales influyó características reológicas, las diferencias en absorción de agua encontradas fueron pequeñas aunque las masas suplementadas absorbieron más agua (61,25-63,80 %) que la masa de trigo (50 %); el ablandamiento típico de la masa de trigo después de 15 minutos de amasado se registró para el trigo pero no para las masas suplementadas con las semillas, por el contrario, debido a la subsiguiente absorción de agua de la masa durante el amasado, se produjo endurecimiento de la masa; señalaron que las diferencias en tamaño y características estructurales y mecánicas de las semillas de quinua y trigo sarraceno influyeron significativamente en la cantidad de agua absorbida durante la preparación de las semillas y más aún durante el amasado; el resultado de las interacciones fue que el grado de endurecimiento de la masa suplementada con 30 % de las semillas (10 % quinua + 20 % sarraceno) fue 227,5 BU (unidades Brabender), mientras que en la masa suplementada con 40 % de semillas (20 % quinua + 20 % sarraceno) donde había la misma cantidad de trigo sarraceno, 20 % de quinua tuvo un efecto predominante sobre el grado de endurecimiento (147,5 BU); el volumen específico de los panes con adición parcial de pseudocereales al compararse con el del control (trigo) fue el mismo para 20 % quinua + 20 % sarraceno (4,6 mL/g) y ligeramente mayor en las otras 2 formulaciones (4,78 y 5,35 mL/g); los panes con sustitución parcial de trigo presentaron, con respecto al control, incrementos en los contenidos de proteína (\approx 2,0-2,4 %), grasa (\approx 1,1-1,9 %), fibra (\approx 0,4-0,6 %) y decrementos en cenizas y almidón; adicionalmente, cabe destacar que hubo en los panes incremento de los minerales Ca y P. Milovanović *et al.* (2014) también ensayaron la inclusión de semillas de quinua y trigo sarraceno pero también de calabacín (*Cucurbita pepo* L.), en niveles de 15, 15 y 10 % respectivamente, en total la incorporación de una mezcla de 40 % a la harina de trigo para elaborar un pan suplementado, el cual se comparó con otro

elaborado solo con trigo (control); de manera similar a los panes elaborados por Demin *et al.* (2013), el pan suplementado exhibió mayor contenido de proteína, grasa, fibra y decrementos en cenizas y almidón, con respecto al control.

Alvarez-Jubete *et al.* (2009) señalaron que la vitamina E recuperada luego de la panificación es alta (70-93 %) y en panes sin gluten que contenían pseudocereales significativamente mayor en comparación con un control. Similarmente, Alvarez-Jubete *et al.* (2010) realizaron ensayos para elaborar panes libres de gluten con pseudocereales (50 %) y demostraron que, el contenido de fenoles totales en pan de trigo (control) fue significativamente mayor que el de panes de amaranto, pero menor en comparación con panes de quinua y trigo sarraceno; asimismo, el pan de quinua en ensayo DPPH mostró mayor capacidad antioxidante y en ensayo FRAP menor, al comparar con el pan control, sin embargo, en pan 100 % elaborado con quinua el FRAP fue mayor que el del pan control; los autores observaron degradación de compuestos antioxidantes durante la elaboración de los panes, la misma fue más pronunciada en pan de trigo sarraceno y en menor grado en pan de quinua y el pan control. En pan elaborado con 100 % harina de quinua proveniente de semillas rojas y también amarillas, Brend *et al.* (2012) evaluaron el efecto del horneado sobre los compuestos fenólicos, flavonoides y la actividad antioxidante (ensayo FRAP); de manera similar a lo ocurrido durante la cocción de las semillas (como ya se comentó), en el pan elaborado con semillas rojas se registraron mayores valores en todas las determinaciones, con respecto al elaborado con semillas amarillas, y el horneado no causó cambios significativos en los compuestos fenólicos totales; los flavonoides totales si se vieron afectados con significativa reducción en ambos panes, y hubo incremento en la actividad antioxidante del pan de semillas rojas mientras que en el de semillas amarillas no se registraron cambios; los autores consideraron que este incremento en la actividad pudo deberse a productos de la reacción de Maillard durante el proceso térmico. Cabe distinguir las condiciones de elaboración de los panes: Alvarez-Jubete *et al.*

(2010) dividieron la masa en porciones de 65 g y hornearon a 220-225 °C por 20 minutos, y Brend *et al.* (2012) dividieron la masa en porciones de 30 g y hornearon a 150 °C por 25 minutos. Sin seguir un estándar de procedimientos de horneado porque uno de los propósitos del trabajo fue presentar resultados sobre panes hechos en casa horneados usando horno de pan casero (pan de molde), Chlopicka *et al.* (2012) elaboraron 7 tipos de panes: pan de trigo (control), pan de amaranto, de trigo sarraceno y de quinua; en los elaborados con pseudocereales la formulación fue con sustitución parcial de trigo en 15 y 30 %: en los 7 panes, se evaluaron el contenido fenólico total, flavonoides totales y la actividad antioxidante (TEAC FRAP y TEAC DPPH); el mayor contenido fenólico se presentó en el pan de trigo sarraceno 30 %, seguido del pan de amaranto y el de quinua, con misma relación porcentual; en flavonoides prevaleció el pan de amaranto 30 %, seguido de los panes de trigo sarraceno 15 y 30 % y el de quinua 30 %; todos los panes superaron en compuestos bioactivos al pan de trigo; en el ensayo TEAC FRAP el pan de quinua 30 % ocupó el cuarto lugar, entre los 7, en mayor actividad superando al pan control, pero en el ensayo TEAC DPPH fue superado; solo presentó mayor actividad con respecto al pan de quinua 15 %.

Entre factores que se relacionan con un mayor o menor contenido de compuestos fenólicos y de actividad antioxidante en la elaboración de pan, se encuentra, además del tipo de harina trigo empleada (refinada o integral) la variación presente entre un mismo tipo de harina, bien sea entre refinadas o entre integrales. Yu *et al.* (2013) elaboraron panes con harinas refinadas de trigo de 5 marcas comerciales en las cuales 1 de ellas presentó diferencias estadísticas significativas en compuestos fenólicos (por mayor contenido) con respecto a las otras 4, en los panes elaborados con estas harinas, el pan elaborado con la harina diferente presentó mayor contenido de fenólicos significativamente con respecto a los otros panes; con relación a la actividad antioxidante (ORAC) no hubo diferencia significativa entre las harinas refinadas pero luego de elaborados los panes, la actividad

medida fue diferente en todos; los autores también realizaron el ensayo DPPH, pero comentaron que el incremento en la actividad de los panes fue solo detectada por el ensayo ORAC; usando 5 harinas de trigo integral comerciales, 2 conformaron un grupo homogéneo que se diferenció de las otras 3 en el contenido de compuestos fenólicos, en los panes elaborados con estas harinas no hubo diferencias estadísticas significativas; con relación a la actividad antioxidante (ORAC) se establecieron 3 grupos, 1 formado por 1 sola harina y los otros 2 cada uno con 2 harinas pero luego de elaborados los panes, 3 conformaron un grupo homogéneo (con mayor actividad) que se diferenció de otro grupo (2 harinas); desde otro punto de vista general con respecto a los panes, todos los elaborados con harina de trigo integral mostraron mayor contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante (ORAC) que los elaborados con harina de trigo refinada; asimismo cuantitativamente, 1) el contenido de compuestos fenólicos de todos los panes disminuyó y 2) la actividad antioxidante se incrementó; 1 y 2 con respecto al contenido de las harinas con los que fueron elaborados. Igual comportamiento observaron Selimović *et al.* (2014) en su comparación de la harina de trigo con los panes de trigo que elaboraron. Con relación a 1) Han y Koh (2011) evaluaron el efecto del horneado sobre la actividad antioxidante de varios ácidos fenólicos que mezclaron con harina de trigo y aunque los ácidos fenólicos retienen su actividad antioxidante después del horneado, unos fueron más afectados que otros y el porcentaje de recuperación que obtuvieron fue de 74-80 %, por lo que hubo pérdidas. Con relación a 2) Yu *et al.* (2013) y Han y Koh (2011) atribuyeron el incremento a productos resultantes de la reacción de Maillard que han exhibido actividades antioxidantes. Por ejemplo, las melanoidinas en el pan (Fogliano y Morales, 2011). En productos horneados como los ‘muffins’ (ponquecitos) en los cuales durante su elaboración se forman dichos productos resultantes, la fracción de alto peso molecular, melanoidinas, mostró poseer alta capacidad antioxidante (González-Mateo *et al.*, 2009). La masa sin gluten resulta de la combina-

ción de diferentes ingredientes, aditivos y los auxiliares tecnológicos necesarios para la construcción de estructuras de red responsables de la calidad del pan (Matos y Rosell, 2015).

2.5.- Pastas de quinua

Las pastas alimenticias (fideos, tallarines y afines) son productos no fermentados, resultantes del amasado y moldeado de mezclas no fermentadas, generalmente, elaboradas a partir de harina blanca o sémola obtenida del trigo duro sin levadura y con agua (Mujica *et al.*, 2006). Además de la convencional, puede ser enriquecida, suplementada, fortificada (Fuad y Prabhasankar, 2010). Hoy en día, se obtienen de una mezcla porcentual con otras harinas, por lo que el uso de la harina de quinua en la elaboración de pastas, es una alternativa promisoriosa en la industria alimentaria (Mujica *et al.*, 2006).

Cabe comentar lo siguiente, en estándar del Codex Alimentarius, los términos “fortificación” y “enriquecimiento” se asumen como sinónimos y se definen como: “se entiende la adición de uno o más nutrientes esenciales a un alimento, tanto si está como si no está contenido normalmente en el alimento, con el fin de prevenir o corregir una deficiencia demostrada de uno o más nutrientes en la población o en grupos específicos de la población.” (FAO/OMS, 1991). Al respecto, Chávez-Pérez (2005) lo mencionó y citó la definición; el autor describió, para fortificación, las siguientes categorías: Restauración. Añadido del nutriente (s) inevitablemente perdidos durante el procesamiento, p.e. harina de trigo. Fortificación. Añadido de un nutriente (s) no naturalmente presente en el alimento, p.e. yodo a la sal comestible. Enriquecimiento. Adición de un nutriente (s) naturalmente presente para aumentar tales niveles, p.e. ácido ascórbico a jugos de frutas. Equiparación. Añadido del nutriente (s) para hacer un alimento nutricionalmente comparable a otro, p.e. vitamina A a la margarina. Con fines no nutricionales. Añadido del nutriente (s) por razones tecnológicas, p.e. riboflavina para impartir color, vitamina E o C como antioxidantes

para prolongar el tiempo de vida útil. En 2009, se consideró en documento de debate sobre la propuesta de nuevo trabajo para enmendar los principios generales del Codex para la adición de nutrientes esenciales a los alimentos, que podría ser conveniente examinar, en un nuevo trabajo, si existe la necesidad de revisar la definición de estos términos (FAO/OMS, 2009).

La pérdida de la formación de la red de gluten responsable de la textura típica en fideos de trigo puede ser compensada mejorando las propiedades para incrementar la calidad textural de fideos elaborados con pseudocereales como amaranto (*Amaranthus* spp.), quinua y trigo sarraceno con la adición de albúmina, emulsificantes y enzimas; en tal sentido, Shoenlechner *et al.* (2005) observaron que la clara huevo en polvo o albúmina en cantidades mayores a 10 % incrementó la firmeza y disminuyó la pérdida por cocción; la adición de transglutaminasa minimizó ligeramente la firmeza de los fideos cuando se añadió al mismo tiempo con la proteína aunque por otra parte se incrementó la elasticidad; el emulsificante DATEM no generó un efecto en la textura del fideo pero su inclusión lo hizo más elástico y suave; se destaca que cuando el contenido de humedad de la masa es mayor a 30 % se vuelve pegajosa y se desintegra durante ebullición, y respecto al tamaño de partícula de las harinas empleadas en la elaboración, 250 µm resultó más ventajoso, 150 µm fue juzgado negativamente para todos los materiales y 300 µm no fue adecuado, en particular para quinua. Astaiza *et al.* (2010) elaboraron pastas sustituyendo sémola de trigo *durum* por harina integral de quinua en cantidades porcentuales de 30, 40 y 50 % en la fase sólida, a las que también se les adicionó huevo en la fase líquida; encontraron, para variables culinarias comparando con una pasta control (100 % sémola de trigo), que hubo incremento en el tiempo de cocción por efecto de la sustitución parcial para todas las pastas (10 minutos adicionales) y las pérdidas por cocción fueron mayores; y entre las pastas con sustitución parcial, la pérdida fue mayor, y el valor porcentual de agua absorbida y de incremento en peso disminuyeron al incrementarse el porcentaje

de sustitución; en base a los resultados y los de prueba de aceptación sensorial por consumidores, seleccionaron la pasta con 30 % de sustitución por quinua y elaboraron otra similar incorporando puré de zanahoria en la fase líquida; entre estas 2 pastas no determinaron diferencias significativas en las variables culinarias, el puré de zanahoria no las afectó, y en la evaluación sensorial donde se incluyó una pasta 100 % sémola de trigo, indicó que la preferencia de los consumidores fue por las pastas enriquecidas elaboradas con quinua y quinua zanahoria; el análisis bromatológico comparando las formulaciones con quinua evidenció incremento significativo de la fibra en la formulación con zanahoria y sin diferencias para proteína, cenizas y extracto etéreo; y con respecto a las pasta control, ambas formulaciones con quinua presentaron mayor aporte de proteína y fibra, y sin diferencias estadísticas para cenizas y extracto etéreo. En pastas la cocción provoca pérdida de minerales como el hierro y el zinc, y las pérdidas son mayores al aumentar el tiempo de cocción; Asimismo, son mayores cuando se trata de minerales utilizados para fortificación con respecto a los endógenos (Galán *et al.*, 2014). Osso-Arriz *et al.* (2014) ensayaron la elaboración de pastas con formulaciones que incluían, además de harina de trigo y huevo, harina de quinua o de kiwicha, tarwi, maca, cañihua, y como saborizantes y colorantes usaron extracto de betarraga (remolacha) o de zanahoria, espinaca, maíz morado, huacatay y albahaca.

Slinkard (2014) formularon pastas que incluían combinaciones de harinas de garbanzo (*cicer arietinum*) y quinua (respectivamente, 5:25, 10:20, 15:15, 20:10, 25:5) en sustituciones parciales de sémola y 1 control; la masa de fórmula 5:25 fue seca y dura para trabajarla y luego de elaborada la pasta presentó mayor dureza, las de mayor relación de garbanzo (20:10, 25:5) fueron de masa más manejables y elaboradas las pasta presentaron menor dureza; aunque hubo pérdidas por cocción no existió diferencia entre las formulaciones pero si en comparación con el control; en el perfil de textura emulando la mordedura humana entre todas las pastas no hubo diferencias significativas para la adhesividad y la elasticidad, en cohesividad solo

la pasta con fórmula 25:5 fue la menos cohesiva y se distinguió significativamente del resto de las formulaciones que conformaron un grupo homogéneo que siguió un orden de cohesividad luego del control (que fue el que tuvo mayor cohesividad), en masticabilidad todas las pastas a excepción de la fórmula 20:10 fueron significativamente más masticables que la pasta control, y a mayor cantidad de quinua en la pasta mayor masticabilidad, lo que demostró el efecto de la harina de quinua sobre las propiedades texturales de pasta de sémola; en este tipo de pastas la mayor incorporación de garbanzo (25:5) tuvo un efecto positivo en el incremento de la proteína, grasa, fibra y cenizas mientras que para la mayor adición de quinua (5:25) fue negativo, aunque al comparar la pasta con mayor adición de quinua versus el control, quinua presentó mayores contenidos de grasa, fibra y cenizas, pero no de proteína; después del control, la pasta con mayor adición de quinua (5:25) fue la más favorecida en la prueba de aceptación de consumidores, aún cuando en la medición del color esta pasta resultó ser la más oscura de todas.

Inglett *et al.* (2015) comentaron que aunque la quinua es buena nutricionalmente, tiene baja viscosidad en contraste con la avena que tiene alta viscosidad y capacidad de retención de agua, en tal sentido evaluaron las propiedades de pastificado y reológicas de mezclas compuestas de quinua y productos de avena; todas las mezclas compuestas mostraron incremento en la viscosidad en la medida en que aumentó el contenido de avena, el módulo de elasticidad (G') y el módulo de viscosidad (G'') para todas las mezclas fue mayor que para quinua, lo que sugirió que, la avena incrementa las propiedades de viscosidad de las mezclas compuestas; para todas las mezclas se observaron propiedades pseudoplásticas; se encontró mejoría de las capacidades de retención de agua para las mezclas que contenían quinua con hidrocólide de avena o concentrado de afrecho de avena en comparación con solo quinua, y todas las capacidades de retención de agua de las mezclas compuestas mostraron incremento a mayor cantidad de componentes de avena. Cabe mencionar que la avena es fuente importante de

β -glucano, una fibra soluble a la que se le atribuye y ha reconocido ser hipocolesterolémica; y la matriz alimentaria y/o el procesamiento pueden ejercer un efecto adverso en sus propiedades hipocolesterolémicas, como por ejemplo en pan y galletas (Kerckhoffs *et al.*, 2003). Londono *et al.* (2015) señalan que el impacto del β -glucano en las propiedades de sistemas de masa (de avena) está regido por la concentración y la viscosidad, con o sin gluten de trigo, y es un componente clave que determina la reología de esos sistemas. El β -glucano también se encuentra en cebada (Gangopadhyay *et al.*, 2015).

2.6.- Bebidas de quinua

El uso de la harina de quinua para procesar bebidas incluye las fermentadas y no fermentadas, estas bebidas, poseen propiedades nutricionales y tonificantes satisfactorias para complementar la alimentación humana; las bebidas fermentadas, se elaboran de quinua molida, agua y saborizantes naturales (clavos de olor, canela); el uso de granos germinados o malteados y molidos aumenta la calidad de bebida; generalmente, las bebidas no fermentadas (refrescos y néctares) se procesan de la mezcla de quinua molida o extruida, frutas y agua (Mujica *et al.*, 2006).

Luego de pruebas preliminares y ensayos previos en formulación, Cerezal-Mezquita *et al.* (2012) obtuvieron 2 bebidas a partir de la mezcla de extractos líquidos de lupino, quinua y algarrobo en proporciones respectivas de bebida A 40:21:15 y B 40:25:15, saborizadas con pulpa de frambuesa (A 20 % y B 15 %) y con adición de azúcar (A 4 % y B 5 %); en la evaluación sensorial la mayor aceptación fue por la bebida A, atribuida al mayor contenido de frambuesa; esta bebida con relación a una bebida en base a soya utilizada como referencia superó en 2,2 veces el contenido de proteína, en cenizas duplicó, y en lípidos y fibra fue inferior en 3,3 y 8,7 veces, respectivamente; los autores concluyeron que la bebida A es capaz de suplementar entre un 6 y 7 % del total de las proteínas que requieren preescolares de 2 a 5 años en su dieta diaria y el

perfil de aminoácidos de la formulación corroboró que la cantidad de aminoácidos esenciales aportada suplementa el 3 % del requerimiento diario establecido por el patrón de la FAO, excepto el triptófano. El-Deeb *et al.* (2014) usaron un extracto acuoso de semillas de quinua para la elaboración de una bebida fermentada y saborizada basada en la sustitución parcial o el reemplazo total de leche descremada de búfala; los tratamientos fueron: 100 % leche (control), sustitución de leche por extracto de quinua en un 25 (T1), 50 (T2) y 75 % (T3), y 100 % extracto de quinua (T4); se adicionó aceite de coco (2 %), sacarosa (4 %), CMC (0,4 %) vainilla (0,1 %) y se utilizaron 2 especies de microorganismos como cultivos iniciadores; el experimento se repitió 3 veces y las bebidas se almacenaron a $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 10 días y se evaluaron química, microbiológica y sensorialmente a diferentes tiempos de almacenamiento (0, 3, 7 y 10 días); la acidez titulable en todas las bebidas se incrementó durante el tiempo de almacenamiento y la tendencia fue a ser menor a mayor contenido del extracto (principalmente en T3 y T4), mientras que respecto al pH la tendencia fue opuesta a la de la acidez; los contenidos de sólidos totales y carbohidratos disminuyeron en función de un mayor contenido del extracto de quinua y durante todo el almacenamiento; entre los contenidos de proteína, grasa y cenizas del control y de todos los tratamientos, en líneas generales, no hubo diferencias significativas y durante todo el almacenamiento, como también fue observado que el contenido de grasa no se vio afectado durante el periodo de almacenamiento; el contenido de minerales disminuyó en función de un mayor contenido del extracto de quinua, no obstante, con el hierro ocurrió lo contrario; los aminoácidos disminuyeron en función de un mayor contenido del extracto de quinua, excepto fenilalanina, metionina, histidina y leucina; los autores atribuyen la reducción de aminoácidos a la operación de lavado de las semillas de quinua y al proceso de elaboración; microbiológicamente, el conteo bacteriano total fue alto en todas las bebidas después de 3 días, disminuyó a los 7 y continuó decreciendo hasta el final del periodo;

los mohos y levaduras, inicialmente no presentes, se detectaron en todas las bebidas a los 7 días; en la evaluación sensorial de los atributos ‘flavor’, cuerpo y textura, color y apariencia, realizada por 10 panelistas, T1 y T2 obtuvieron el mayor puntaje en tiempo 0 días para todos los atributos (asumido como puntaje total) seguido del control, a los 3 días T1 y el control seguido de T2, a los 7 días no hubo diferencias entre las bebidas, y a los 10 días T4, seguido de T3 y luego un grupo homogéneo conformado por las demás bebidas.

2.7.- Otros productos

La formulación de barras de cereales involucra a los ingredientes secos y a los ingredientes del jarabe de aglutinación, de esta forma, Farinazzi-Machado *et al.* (2012) en la elaboración de barras de arroz con quinua, utilizaron de manera porcentual, como ingredientes secos: hojuelas de quinua (39 %) y hojuelas de arroz (6); como ingredientes del jarabe de aglutinación: azúcar (14 %), jarabe de glucosa (26 %), maltodextrina (6 %), grasa vegetal (4,5 %), lecitina de soya (2,5 %) y agua (2,5 %); en la preparación, el jarabe aglutinante se formó en un recipiente de acero inoxidable, en el cual se fundieron y disolvieron los azúcares seguido de la adición de la maltodextrina predisuelta, grasa vegetal y lecitina de soya; en el jarabe, bajo constante agitación y a temperatura $95\text{ }^{\circ}\text{C}$, se incorporaron los ingredientes secos, la masa formada se continuó agitando hasta alcanzar completa homogeneización; la masa vaciada en un molde de acero inoxidable fue laminada hasta un espesor de 1 cm usando un rodillo de acero inoxidable, enfriada hasta temperatura $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 10 minutos y cortada en barras rectangulares las cuales fueron extraídas del molde y envueltas en película (film) flexible; cada barra pesó 25 g con dimensiones de 10 x 3 x 1 cm; estas barras (9,5 g quinua/barra) fueron consumidas por 22 estudiantes (9 masculinos y 13 femeninos) con edades comprendidas entre 18 y 45 años, 2 veces por día durante 30 días; los autores evaluaron el efecto del consumo en los perfiles antropométrico, bioquímico y presión arterial; en la comparación de datos recolectados inicialmen-

te con los obtenidos luego de los 30 días, observaron significativa reducción en los niveles de colesterol (67,5 %), triglicéridos (55,9 %) y c-LDL (66 %), y aunque no significativas en el índice glucémico, el peso y la presión sanguínea, cuando se evaluaron estos parámetros en términos de porcentaje observaron que 56,7 % de los sujetos mostraron reducción en los niveles de glucosa en la sangre, el 42,2 % en el peso corporal y 40,7 % una reducción de la presión sanguínea; basados en los resultados concluyeron que, el uso de quinua en la composición de una barra de cereal puede ayudar a reducir factores de riesgos relacionados con enfermedades cardiovasculares.

Para la obtención de la hojuela de quinua, el grano es previamente desaponificado siguiendo el proceso de la quinua perlada, luego se seca hasta humedad aproximada de 15 a 16 %; las hojuelas de quinua se obtienen sometiendo el grano a presión entre rodillos de giro convergente, proceso similar al laminado de la avena; el tamaño de las hojuelas depende de la variedad o genotipo y del uso final que se destine, por ejemplo, un espesor entre 0,1 y 0,5 mm (aceptado por el consumidor) o diámetro entre 3,5 y 4,5 mm; la integridad de las hojuelas depende de la variedad o genotipo, de la plasticidad del almidón (perispermo) del grano y la adherencia del embrión al perispermo, la adherencia del embrión está directamente relacionada con el porcentaje de harinilla considerada como pérdida; las variedades dulces han conservado mejor la integridad de las hojuelas, en cambio, las amargas tienden a desintegrarse y formar mayor proporción de la parte fina o sémola que está formada por partículas finas del embrión (proteína) (Mujica *et al.*, 2006; Quiroga *et al.*, 2014). El color del grano guarda relación con el color de la hojuela, es blanca la hojuela proveniente de grano blanco, color café claro las que provienen de grano café y ceniciento las obtenidas a partir del grano negro (Mujica *et al.*, 2006).

Abugoch *et al.* (2008) prepararon aislados proteicos (AP) a partir de semillas de quinua por solubilización alcalina a pH 9 (AP9) y 11 (AP11), seguida de precipitación isoeléctrica y secado

spray; ambos presentaron similar composición en aminoácidos esenciales y la mayoría de los aminoácidos esenciales cumplieron con el requerimiento de la FAO/OMS para lactantes o niños; los autores destacaron que el AP9 mostró buena solubilidad proteica en comparación con el AP11, y por el contrario, el AP11 presentó mayor capacidad de absorción de agua, y ambos aislados mostraron valores similares de capacidad de retención de agua; comentaron que se puede decir que el pH tiene una influencia sobre la relación estructura-función encontrada para los aislados de quinua, con la extracción a pH 9 se favoreció su estructura y solubilidad, mientras que el AP11 fue más desnaturizado que el AP9 y tuvo menor solubilidad, con favorable capacidad de absorción de agua. Sugirieron que el AP9 se puede utilizar como ingrediente en bebidas nutritivas, y el AP11 como ingrediente en salsas, salchichas y sopas.

Schumacher *et al.* (2010) ensayaron la adición de 12, 16 y 20 % de quinua en el desarrollo de chocolates oscuros, la concentración de proteína de los productos aumentó con el aumento porcentual de quinua; el producto con 20 % de quinua mostró 9 % de incremento en vitamina E y la cantidad de polifenoles disminuyó de 23,5 a 18 μmol de pirocatequina/g; la cantidad de aminoácidos esenciales mejoró en las muestras con quinua; para cisteína, tirosina y metionina se incrementó en 104, 72 y 70 %, respectivamente en el chocolate con 20 % de quinua; el patrón de aminoácidos fue según los estándares de la Organización Mundial de Salud adecuado para la nutrición humana; el chocolate con quinua fue aceptado por el 92 % del panel sensorial y todas las muestras presentaron un índice de aceptación por encima del 70 %, por lo que los autores señalaron que la quinua podría ser usada en los niveles evaluados en el trabajo agregando un potencial beneficio para la salud al chocolate oscuro.

En la industria alimentaria, el expandido se usa para elaborar productos alimenticios como cereales instantáneos de desayuno y barras energéticas; se define como expandido de quinua a la quinua perlada que ha pasado por un proceso de expansión, es decir, cambios bruscos de temperatura y presión que hacen se produzca este

fenómeno; la humedad de los granos de quinua antes de someterse a expandido varía por recomendaciones entre 10 y 15 %, por lo que es requerido estandarizar el porcentaje de humedad óptimo previo al proceso, lo que involucra a la cantidad de agua, el tiempo de remojo y el secado (Mujica *et al.*, 2006; Quiroga *et al.*, 2014). En comparaciones de procesos realizadas por Villacrés *et al.* (2013) en semillas de 3 variedades de quinua, el expandido provocó disminución significativa del contenido de vitamina E.

La harina de quinua se obtiene de la quinua perlada por un proceso de molienda, adquiriendo la forma de una harina integral y un tamizado con el objeto de obtener harina de características granulométricas similares a las industriales; o bien, es el resultado del proceso donde la quinua desaponificada es molida a presión y fricción y luego sometida a ventilado para obtener mejor pulverización y obtener material de calidad panificable; la harina de quinua se puede utilizar en casi todos los productos de la industria harinera y la factibilidad es la adición de 10, 15, 20 y hasta 40 % de harina de quinua en el pan, 40 % en las pastas, 60 % en bizcochos y hasta 70 % en galletas (Mujica *et al.*, 2006; Quiroga *et al.*, 2014).

En la elaboración de sopa crema, Bonamino *et al.* (2009) utilizaron harina elaborada a partir de semillas de quinua sin cocción en razón de haber brindado resultados esperados respecto a la capacidad de gelificación del almidón, y en la elaboración de sopa instantánea observaron que, la harina elaborada a partir de semillas de quinua cocidas por calor seco no fue apta, dado que al contacto inmediato con el agua (a 80 °C) se formaron grumos, mientras que, la harina elaborada a partir de semillas quinua cocidas por calor húmedo durante 20 minutos, al contacto con agua a (80 °C) no formó grumos pero sedimentó rápidamente, por lo que adicionaron goma (*Ceratonía siliqua*) para mantener la estabilidad de la suspensión.

Villaruel *et al.* (2009), utilizando la metodología Taguchi, desarrollaron una galleta (diámetro 6,6 cm; espesor 0,7 cm) a base de

harina desgrasada de avellana (*Gevuina avellana* Mol.) y harina de quinoa; la formulación incluyó: almidón de papa, azúcar, bicarbonato de amonio, bicarbonato de sodio, canela molida, chocolate granulado, esencia de limón, huevos, leche semidescremada, margarina, ralladura de limón y sorbato de potasio; la galleta elaborada en comparación con una galleta comercial se caracterizó por presentar mayores contenidos de proteína, fibra, cenizas, y los autores comentaron que la aceptación entre personas de 10 a 39 años fue mayor que entre personas de 40 a 70 años.

Biopelículas de almidón de quinua con nanopartículas de oro fueron desarrolladas por Pagno *et al.* (2015), las nanopartículas mejoraron las propiedades mecánicas, ópticas y morfológicas manteniendo las propiedades de barrera y térmicas sin cambios cuando se comparó con una biopelícula estándar; asimismo, exhibieron fuerte actividad antibacteriana contra patógenos alimentarios con inhibición del 99 % frente a *Escherichia coli* y 98 % frente a *Staphylococcus aureus*.

En el desarrollo de yogurt, se ha encontrado que la adición de quinua molida, no afectó el crecimiento microbiano y el producto final presentó mayores contenidos de proteína y grasa (Arenas-Suescún *et al.*, 2012).

El uso de subproductos de quinua (harina) en la elaboración de papillas con alta densidad nutricional es una alternativa muy importante para el normal desarrollo de infantes (Mujica *et al.*, 2006).

En quinua, la diversificación y desarrollo de productos con valor agregado es considerable (Fig. 7).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) publicó un libro con el objetivo de ser herramienta para difundir la quinua y sus bondades, más allá de su zona de origen, promover su producción y consumo a nivel global, y llegar al plato de aquellos países que más sufren de inseguridad alimentaria. El libro es un recetario donde se fusionan recetas tradicionales y vanguardistas que suman 69 opciones de preparación (FAO, 2014).



Figura 7.- Exhibición de productos (quinua precocida, harina instantánea de quinua y quinua expandida) en “FESTIQUINUA 2014” (Distrito de Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno, Perú).

CONCLUSIONES

Existe renovado interés por las semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Nuevas investigaciones han reafirmado la cantidad, calidad de sus componentes químicos y nuevos fitoquímicos se han descubierto; también han demostrado la capacidad de adaptación de las plantas a diversos entornos y la mejoría en las semillas del valor de algunos constituyentes químicos y de las propiedades antioxidantes. Diversas formas de combinación de la quinua con otras especies vegetales han mejorado las propiedades nutritivas particulares especiales de los alimentos mediante el desarrollo de nuevos

productos y existe considerable desarrollo e innovación tecnológica que ha dado valor agregado a la quinua.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Ing. Percy Arapa Carcasi (Provincia de Puno, Departamento de Puno, Perú) las fotografías digitales que ilustran las Figs. 1 y 7.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abugoch, Lilian E.; Romero, Nalda; Tapia, Cristián A.; Silva, Jorge and Rivera, Mónica. 2008.

- Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) protein isolates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56(12):4745-4750.
- Abugoch-James, Lilian E. 2009. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. In *Advances in Food and Nutrition Research*. 58:1-31.
- Alvarez-Jubete, L.; Holse, M.; Hansen, Å.; Arendt, E.K. and Gallagher, E. 2009. Impact of baking on vitamin E content of pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat. *Cereal Chemistry*. 86(5):511-515.
- Alvarez-Jubete, L.; Wijngaard, H.; Arendt, E.K. and Gallagher, E. 2010. Polyphenol composition and *in vitro* antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chemistry*. 119(2):770-778.
- Ando, Hitomi; Chen, Yi Chun; Tang, Hanjun; Shimizu, Mayumi; Watanabe, Katsumi and Mitsunaga, Toshio. 2002. Food components in fractions of quinoa seed. *Food Science and Technology Research*. 8(1):80-84.
- Apak, Reşat; Gorinstein, Shela; Böhm, Volker; Schaich, Karen M.; Özyürek, Mustafa and Güçlü, Kubilay. 2013. Methods of measurement and evaluation of natural antioxidant capacity/activity (IUPAC technical report). *Pure and Applied Chemistry*. 85(5):957-998.
- Arenas-Suescún, Carolina; Zapata-Fernandez, Ricardo y Gutiérrez-Cortés, Carolina. 2012. Evaluación de la fermentación láctica de leche con adición de quinua (*Chenopodium quinoa*). *Vitae*. 19(1, Supl.1):S276-S278.
- Arendt, Elke K. and Zannini, Emanuele. 2013. *Cereal grains for the food and beverage industries*. Cambridge, United Kingdom: Woodhead Publishing Limited.
- Aryee, Alberta N.A. and Boye, Joyce Irene. 2015. Role and importance of health claims in the nutraceutical and functional food markets. In *Nutraceutical and functional food processing technology*. (pp. 348). Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Asao, Masayo y Watanabe, Katsumo. 2010. Functional and bioactive properties of quinoa and amaranth. *Food Science and Technology Research*. 16(2):163-168.
- Astaíza, M.; Ruíz, L, y Elizalde, A. 2010. Elaboración de pastas alimenticias enriquecidas a partir de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y zanahoria (*Daucus carota*). *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 8(1):43-53.
- Aufhammer, Von W.; Lee, H.J.; Kübler, E.; Kuhn, M. und Wagner, S. 1995. Anbau und Nutzung der pseudocerealien buchweizen (*Fagopyrum esculentum* Moench), reismelde (*Chenopodium quinoa* Willd.) und amarant (*Amaranthus* ssp. L.) als körnerfruchtarten. *Die Bodenkultur*. 46:125-140.
- Banaś, Antoni; Dębski, Henryk; Banaś, Walentyna; Heneen, Waheeb K.; Dahlqvist, Anders; Bafor, Maureen; Gummesson Per Olov; Marttila, Salla; Ekman, Åsa; Carlsson, Anders S. and Stymne, Sten. 2007. *Journal of Experimental Botany*. 58(10):2463-2470.
- Bazile, Didier y Baudron, Flora. 2014. Dinámica de expansión mundial del cultivo de la quinua respecto a su alta biodiversidad. En *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*. (pp. 49-64). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Santiago de Chile, Chile - Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, Francia.
- Bazile, Didier; Fuentes, Francisco and Mujica, Ángel. 2013. Historical perspectives and domestication. In *Quinoa: botany, production and uses*. (pp. 16-35). Wallingford, UK: CAB International (CABI).
- Bazile, Didier; Martínez, Enrique A. and Fuentes, Francisco. 2014. Diversity of quinoa in a biogeographical island: a review of constraints and potential from arid to temperate regions of Chile. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 42(2):289-298.
- Bhargava, Atul and Srivastava, Shilpi. 2013. Taxonomy. In *Quinoa: botany, production and uses*. (pp. 48-60). Wallingford, UK: CAB International (CABI).
- Bhargava, Atul; Sudhir, Shukla and Ohri, Deepak. 2007. Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality

- traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Field Crops Research*. 101(1):104-116.
- BI/FAO. 2013. Bioversity International/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Descriptores para quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. Bioversity International, Roma, Italia - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Roma, Italia - Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (Fundación PROINPA), La Paz, Bolivia - Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), La Paz, Bolivia - Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA), Roma, Italia.
- Bonales-Alatorre, Edgar; Pottosin, Igor; Shabala, Lana; Chen, Zhong Hua; Zeng, Fanrong; Jacobsen, Sven Erik and Shabala, Sergey. 2013. Differential activity of plasma and vacuolar membrane transporters contributes to genotypic differences in salinity tolerance in a halophyte species, *Chenopodium quinoa*. *International Journal of Molecular Sciences*. 14(5):9267-9285.
- Bonamino, María Juliana; Carreño, Virginia Inés y Cervilla, Natalia Soledad. 2009. Elaboración de sopas a partir de la molienda de semillas de quinoa. *Invenio*. 12(23):119-129.
- Boz, Hüseyin. 2015. Ferulic acid in cereals - a review. *Czech Journal of Food Science*. 33(1):1-7.
- Brady, Kevin; Ho, Chi-Tang; Rosen, Robert T.; Sang, Shengmin and Karwe, Mukund V. 2007. Effects of processing on the nutraceutical profile of quinoa. *Food Chemistry*. 100(3):1209-1216.
- Brend, Yael; Galili, Liel; Badani, Hana; Hovav, Ran and Galili, Shmuel. 2012. Total phenolic content and antioxidant activity of red and yellow quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds as affected by baking and cooking conditions. *Food and Nutrition Sciences*. 3(8):1150-1155.
- Carciochi, R.A.; Manrique, G.D. and Dimitrov, K. 2014a. Changes in phenolic composition and antioxidant activity during germination of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.). *International Food Research Journal*. 21(2):767-773.
- Carciochi, Ramiro Ariel; Manrique, Guillermo Daniel and Dimitrov, Krasimir. 2014b. Optimization of antioxidant phenolic compounds extraction from quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds. *Journal of Food Science and Technology*. DOI:10.1007/s13197-014-1514-4.
- Ceccato, Diana; Delatorre-Herrera, José; Burrieza, Hernán; Bertero, Daniel; Martínez, Enrique; Delfino, Ignacio; Moncada, Sandra; Bazile, Didier y Castellió, Martina. 2014. Fisiología de las semillas y respuesta a las condiciones de germinación. En *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*. (pp. 153-166). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Santiago de Chile, Chile - Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, Francia.
- Cerezal-Mezquita, P.; Acosta-Barrientos, E.; Rojas-Valdivia, G.; Romero-Palacios, N. y Arcos-Zavala, R. 2012. Desarrollo de una bebida de alto contenido proteico a partir de algarrobo, lupino y quinoa para la dieta de preescolares. *Nutrición Hospitalaria*. 27(1):232-243.
- Cervilla, N.S.; Mufari, J.R.; Calandri, E. y Guzmán, C.A. 2012a. Propiedades físicas de semillas y análisis proximal de harinas de *Chenopodium quinoa* Willd. cosechadas en distintos años y provenientes de la Provincia de Salta. En *II Jornadas de Investigación en Ingeniería del NEA y Países Limítrofes*. 14-15 de Junio. Facultad Regional Resistencia, Universidad Tecnológica Nacional, Resistencia, Chaco, Argentina.
- Cervilla, N.S.; Mufari, J.R.; Calandri, E.L. y Guzmán, C.A. 2014. Pérdidas nutricionales durante la cocción de semillas de *Chenopodium quinoa* Willd. bajo presión de vapor. *Nutrición clínica y Dietética Hospitalaria*. 34(1):72-76.
- Cervilla, Natalia Soledad; Mufari, Jesica Romina; Calandri, Edgardo Luis y Guzman, Carlos Alberto. 2012b. Determinación del contenido de aminoácidos en harinas de quinoa de origen argentino. *Evaluación de su calidad*

- proteica. Actualización en Nutrición. 13(2):107-113.
- Chaves, M.G.; Maiocchi, M.G.; Sgroppo, S.C. y Avanza, J.R. 2002. Actividad antioxidante de infusiones de yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). Información Tecnológica. 13(2):3-7.
- Chávez-Pérez, José Félix. 2005. Lineamientos de la política nutricional para combatir la deficiencia de hierro fortificación de alimentos. Anales Venezolanos de Nutrición. 18(1):49-54.
- Chevarria-Lazo, Marco; Bazile, Didier; Dessauw, Dominique; Louafi, Selim; Trommetter, Michel and Hocde, Henri. 2014. Los sistemas que regulan el intercambio de los recursos genéticos: importancia para el acceso, la circulación y la innovación en el caso de la quinua. En Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. (pp. 95-123). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Santiago de Chile, Chile - Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, Francia.
- Chlopicka, Joanna; Pasko, Pawel; Gorinstein, Shela; Jedryas, Aneta and Zagrodzki, Pawel. 2012. Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie (LWT) - Food Science and Technology. 46(2):548-555.
- Comai, Stefano; Bertazzo, Antonella; Bailoni, Lucia; Zancato, Mirella; Costa, Carlo V.L. and Allegri, Graziella . 2007. The content of proteic and nonproteic (free and protein-bound) tryptophan in quinoa and cereal flours. Food Chemistry. 100(4):1350-1355.
- DeFelice, Stephen L. 1994. What is a true nutraceutical?-and-What is the nature & size of the U.S. nutraceutical market?. The Foundation for Innovation in Medicine. <http://www.fimdefelice.org/p2462.html>
- Demin, Mirjana A.; Vucelić-Radović, Biljana V.; Banjac, Nebojša R.; Tipsina, Neli Nikolaevna and Milovanović, Mirjana M. 2013. Buckwheat and quinoa seeds as supplements in wheat bread production. Hemijska industrija. 67(1)115-121.
- Díaz-S., Raquel O. y Hernández-G., María S. 2012. Propiedades reológicas y de textura de formulaciones para panificación con inclusión de quinua. Vitae. 19(1, Supl.1):S270-S272.
- Díaz-Salcedo, Raquel Oriana, 2013. Evaluación de la fermentación acidoláctica de la masa para productos de panificación con inclusión de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Diplock, A.T. *et al.* 1999. Scientific concepts of functional foods in Europe. Consensus document. British Journal of Nutrition. 81:S1-S27.
- Doğan, H. and Karwe, M.W. 2003. Physicochemical properties of quinoa extrudates. Food Science and Technology International. 9(2):101-114.
- El-Deeb, Amany M.; Hassan, Nadra S.Y. and Hassanein, A.M. 2014. Preparation and properties of flavored fermented beverages based on partial or complete replacement of milk with quinoa seeds water extract (QSWE). International Journal of Dairy Science. 9(4):96-105.
- El Hafid, Rachid; Aitelmaalem, Hicham; Driedger, Darcy; Bandara, Manjula and Stevenson, Jodi. 2005. Quinoa ... the next cinderella crop for Alberta?. Canada: Alberta Agriculture, Food and Rural Development (AAFRD).
- El Sohamy, S.A. 2012. Functional foods and nutraceuticals-modern approach to food science. World Applied Sciences Journal. 20(5):691-708.
- Escalera-Vásquez, Ramiro; Quiroga-Ledezma, Carla y Arteaga-Weill, Luis. 2010. Desarrollo y desempeño de un proceso de beneficiado en seco de variedades amargas de quinua basado en la aplicación de un lecho fluidizado de tipo surtidor (LFTS). Investigación & Desarrollo. 10:5-22.
- FAO. 1994. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Neglected crops: 1492 from a different perspective. FAO Plant Production and Protection Series, N° 26. Rome, Italy. ISBN 92-5-103217-3
- FAO. 2014. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recetario internacional de la quinua: tradición y vanguardia. E-ISBN 978-92-5-308058-8

- (PDF). <http://www.fao.org/docrep/019/i3525s/i3525s.pdf>
- FAO/OMS. 2009. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/Organización Mundial de la Salud. Documento de debate sobre la propuesta de nuevo trabajo para enmendar los principios generales del Codex para la adición de nutrientes esenciales a los alimentos (CAC/GL 9-1987). Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias. Comité del Codex sobre Nutrición y Alimentos para Regímenes Especiales. 31a reunión. Sala Robert Schumann del Museo Kunst Palast, Düsseldorf (Alemania). CX/NFSDU 09/31/5. 14 p.
- FAO/OMS. 1991. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/Organización Mundial de la Salud. Principios generales para la adición de nutrientes esenciales a los alimentos. CAC/GL 09-1987 (enmendados en 1989, 1991). 4 p.
- FAOSTAT. 2015. Base de Datos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>
- Farinazzi-Machado, Flávia Maria Vasques; Barbalho, Sandra Maria; Oshiiwa, Marie; Goulart, Ricardo and Pessan-Junior, Osvaldo. 2012. Use of cereal bars with quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) to reduce risk factors related to cardiovascular diseases. *Ciência e Tecnologia de Alimentos (Brazil)*. 32(2):239-244.
- Fischer, Susana; Wilckens, Rosemarie; Jara, Jorge and Aranda, Mario. 2013. Controlled water stress to improve functional and nutritional quality in quinoa seed. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. 12(5):457-468.
- Fogliano, Vincenzo and Morales, Francisco J. 2011. Estimation of dietary intake of melanoidins from coffee and bread. *Food & Function*. 2(2):117-123.
- Fuad, Tina and Prabhasankar, P. 2010. Role of Ingredients in Pasta Product Quality: A Review on Recent Developments. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 50(8):787-798.
- Fuentes, Francisco y Paredes-González, Ximena. 2014. Perspectivas nutraceuticas de la quinua: propiedades biológicas y aplicaciones funcionales. En *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*. (pp. 341-357). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Santiago de Chile, Chile - Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, Francia.
- Galán, María Gimena; Llopart, Emilce; Tissera, Emilia; Alladio, Anabela y Drago, Silvina R. 2014. Bioaccesibilidad de hierro de fortificación y zinc endógeno de fideos comerciales tipo spaghetti. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*. 18(2):74-80.
- Gallego-Villa, Diana Yamile; Russo, Luigi; Kerbab, Khawla; Landi, Maddalena and Rastrelli, Luca. 2014. Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) and *Chenopodium quinoa* (quinoa) seeds. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 26(7):609-615.
- Gangopadhyay, Nirupama; Hossain, Mohammad B.; Rai, Dilip K. and Brunton, Nigel P. 2015. Optimisation of yield and molecular weight of β-glucan from barley flour using response surface methodology. *Journal of Cereal Science*. 62:38-44.
- Gawlik-Dziki, Urszula; Świeca, Michał; Sułkowski, Maciej; Dziki, Dariusz; Baraniak, Barbara and Czyż, Jarosław. Antioxidant and anticancer activities of *Chenopodium quinoa* leaves extracts – *In vitro* study. *Food and Chemical Toxicology*. 57:154-160.
- Gearhart, Caitlin M. and Rosentrater, Kurt A. 2014. Extrusion processing of amaranth and quinoa. Paper Number: 141912019. ASABE and CSBE/SCGAB Annual International Meeting. July 13-16. American Society of Agricultural and Biological Engineers, Montreal, Quebec, Canada.
- Gęsiński, Krzysztof and Nowak, Krystian. 2011. Comparative analysis of the biological value of protein of *Chenopodium quinoa* Willd. and *Chenopodium album* L. Part I. Amino acid composition of the seed protein. *Acta*

- Scientiarum Polonorum, Agricultura. 10(3):47-56.
- Gómez-Caravaca, Ana María; Iafelice, Giovanna; Lavini, Antonella; Pulvento, Cataldo; Caboni, Maria Fiorenza and Marconi, Emanuele. 2012. Phenolic compounds and saponins in quinoa samples (*Chenopodium quinoa* Willd.) grown under different saline and nonsaline irrigation regimens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 60(18):4620-4627.
- Gómez-Caravaca, Ana Maria; Iafelice, Giovanna; Verardo, Vito; Marconi, Emanuele and Caboni, Maria Fiorenza. 2014. Influence of pearling process on phenolic and saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Chemistry*. 157:174-178.
- González, Juan A.; Konishi, Yotaro; Bruno, Marcela; Valoy, Mariana and Prado, Fernando E. 2012. Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivars from two different agroecological regions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 92(6):1222-1229.
- González-Martín, M. Inmaculada; Wells-Moncada, Guillermo; Fischer, Susana and Escuredo, Olga. 2013. Chemical characteristics and mineral composition of quinoa by near-infrared spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 92(6):1222-1229
- González-Mateo, S.; González-SanJosé, M.L. and Muñoz, P. 2009. Presence of Maillard products in Spanish muffins and evaluation of colour and antioxidant potential. *Food and Chemical Toxicology*. 47(11):2798-2805.
- Gomaa, Elham F. 2014. Studies on some micro-macromorphological and anatomical characters of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plant. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 10(1):24-36.
- Gorinstein, Shela; Medina-Vargas, Oscar J.; Jaramillo, Nicolas O.; Arnao-Salas, Ines; Martinez-Ayala, Alma Leticia; Arancibia-Avila, Patricia; Toledo, Fernando; Katrich, Elena and Trakhtenberg, Simon. 2007. The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals. *European Food Research and Technology*. 225(3-4):321-328.
- Gozdecka, Grażyna; Weiner, Wojciech i Gęsiński, Krzysztof. 2008. Wpływ skaryfikacji mechanicznej na zawartość saponin w nasionach komosy ryżowej. *Acta Agrophysica*. 12(3):657-662
- Graf, Brittany L.; Rojo, Leonel E.; Delatorre-Herrera, Jose; Poulev, Alexander; Calfio, Camila and Raskin, Ilya. 2015. Phytoecdysteroids and flavonoid glycosides among Chilean and commercial sources of *Chenopodium quinoa*: variation and correlation to physico-chemical characteristics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. DOI:10.1002/jsfa.7134.
- Halvorsen, Bente L.; Holte, Kari; Myhrstad, Mari C. W.; Barikmo, Ingrid; Hvattum, Erlend; Remberg, Siv Fagertun; Wold, Anne Brit; Haffner, Karin *et al.* 2002. A systematic screening of total antioxidants in dietary plants. *The Journal of Nutrition*. 132(3):461-471.
- Han, Hye Min and Koh, Bong-Kyung. 2011. Antioxidant activity of hard wheat flour, dough and bread prepared using various processes with the addition of different phenolic acids. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 91(4):604-608.
- Hirose, Yuko; Fujita, Tomoyuki; Ishii, Toshiyuki and Ueno, Naoya. 2010. Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan. *Food Chemistry*. 119(4):1300-1306.
- Hofmanová, Taťana; Hrušková, Marie and Švec, Ivan. 2014b. Evaluation of wheat/non-traditional flour composites. *Czech Journal of Food Sciences*. 32(3):288-295.
- Hofmanová, Taťana; Švec, Ivan and Hrušková, Marie. 2014a. Nutritional properties of non-traditional seeds. *Journal of Life Medicine*. 2(1):10-14.
- INDECOPI. 2009. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Requisitos. Norma Técnica Peruana NTP 205.062:2009.
- Inglett, George E.; Chen, Diejun and Liu, Sean X. 2015. Pasting and rheological properties of quinoa-oat composites. *International Journal of Food Science & Technology*. 50(4):878-884.

- IOM. 1994. Institute of Medicine. Opportunities in the Nutrition and Food Sciences. Washington, D. C., USA: National Academy Press. pp. 109.
- Jacobsen, Sven Erik; Mujica, Ángel y Ortiz, Rene. 2003. La importancia de los cultivos andinos. FERMENTUM. Revista Venezolana de Sociología y Antropología. 13(36):14-24.
- Jancurová, Michala; Minarovičová, Lucia and Dandar, Alexander. 2009. Quinoa - a review. Czech Journal of Food Sciences. 27(2):71-79.
- Jiménez de Erramouspe, Patricia Liliana; Armada de Romano, Margarita y Gómez-Molina, Silvia Eugenia. 2010. Caracterización química y estructural de semillas de quinua variedad Cica. En Resúmenes del III Congreso Mundial de la Quinoa. 16-19 Marzo. Oruro, Bolivia. 8 p.
- Kerckhoffs, Daniëlle A.J.M.; Hornstra, Gerard and Mensink, Ronald P. 2003. Cholesterol-lowering effect of β -glucan from oat bran in mildly hypercholesterolemic subjects may decrease when β -glucan is incorporated into bread and cookies. The American Journal of Clinical Nutrition. 78(2):221-227.
- Konishi, Yotaro; Hirano, Shigeru; Tsuboi, Hideki and Wada, Masao. 2004. Distribution of minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. 68(1):231-234.
- Koyro, Hans-Werner and Eisa, Sayed Said Sayed Said. 2008. Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. Plant and Soil. 302(1-2):79-90.
- Kozioł, M.J. 1992. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Journal of Food Composition and Analysis. 5(1)35-68.
- Ktenioudaki, Anastasia; Alvarez-Jubete, Laura and Gallagher, Eimear. 2015. A review of the process-induced changes in the phytochemical content of cereal grains: the breadmaking process. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 55(5):611-619.
- Latham, Michael C. 2002. Nutrición humana en el mundo en desarrollo. Colección FAO: Alimentación y nutrición. N° 29. Roma.
- Lau, Teck Chai; Chan, Mei Wan; Tan, Hoi Piew and Kwek, Choon Ling. 2013. Functional food: a growing trend among the health conscious. Asian Social Science. 9(1):198-208.
- Lee, J.H.; Aufhammer, W. und Kübler, E. 1996. Gebildete, geerntete und verwertbare kornerträge der pseudo-cerealien buchweizen (*Fagopyrum esculentum* Moench), reismelde (*Chenopodium quinoa* Willd.) und amarant (*Amaranthus hypochondriacus* L. x *A. hybridus* L.) in abhängigkeit von pflanzenbaulichen maßnahmen. Die Bodenkultur. 47(1):5-14.
- Londono, Diana M.; Gilissen, Luud J.W.J.; Visser, Richard G.F.; Smulders, Marinus J.M. and Hamer, Rob J. 2015. Understanding the role of oat β -glucan in oat-based dough systems. Journal of Cereal Science. 62:1-7.
- López, M. Laura; Capparelli, Aylen y Nielsen, Axel E. 2012. Procesamiento post-cosecha de granos de quinua (*Chenopodium quinoa*, Chenopodiaceae) en el período prehispánico tardío en el norte de Lipez (Potosí, Bolivia). Darwiniana 50(2):187-206.
- Lutz, Mariane; Martínez, Angelica and Martínez, Enrique A. 2013. Daidzein and genistein contents in seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) from local ecotypes grown in arid Chile. Industrial Crops and Products. 49:117-121.
- Marsh, Kate A.; Munn, Elizabeth A. and Baines, Surinder K. 2013. Is a vegetarian diet adequate?. Protein and vegetarian diets. The Medical Journal of Australia. 199(4, Suppl. republished): S7-S10.
- Martínez, Enrique A. 2014. Quinoa: aspectos nutricionales del arroz de los Incas. En Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. (pp. 331-340). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Santiago de Chile, Chile - Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, Francia.
- Martínez-Valverde, Isabel; Periago, María Jesús y Ros, Gaspar. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 50(1):5-18.
- Matos, María E. and Rosell, Cristina M. 2015. Understanding gluten-free dough for reaching breads with physical quality and nutritional

- balance. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 95(4):653-661.
- Milovanović, Mirjana M.; Demin, Mirjana A.; Vucelić-Radović, Biljana V.; Žarković, Branka M. and Stikić, Radmila I. 2014. Evaluation of the nutritional quality of wheat bread prepared with quinoa, buckwheat and pumpkin seed blends. *Journal of Agricultural Sciences*. 59(3):319-328.
- Miranda, Margarita; Vega-Gálvez, Antonio; Martínez, Enrique; López, Jéssica; Rodríguez, María José; Henríquez, Karem and Fuentes, Francisco. 2012a. Genetic diversity and comparison of physicochemical and nutritional characteristics of six quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes cultivated in Chile. *Ciência e Tecnologia de Alimentos (Brazil)*. 32(4):835-843.
- Miranda, Margarita; Vega-Gálvez, Antonio; Martínez, Enrique A.; López, Jéssica; Marín, Rosa; Aranda, Mario and Fuentes, Francisco. 2013. Influence of contrasting environments on seed composition of two quinoa genotypes: nutritional and functional properties. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 73(2):108-116.
- Miranda, Margarita; Vega-Gálvez, Antonio; Quispe-Fuentes, Iссis; Rodríguez, María José; Maureira, Héctor and Martínez, Enrique A. 2012b. Nutritional aspects of six quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) ecotypes from three geographical areas of Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 72(2):175-181.
- Miranda, Margarita; Vega-Gálvez, Antonio; Uribe, Elsa; López, Jessica; Martínez, Enrique; Rodríguez, María José; Quispe, Iссis and Di Scala, Karina. 2011. Physico-chemical analysis, antioxidant capacity and vitamins of six ecotypes of Chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Procedia Food Science*. Volume 1. 1439-1446.
- Montoya-Restrepo, Luz Alexandra; Martínez-Vianchá, Lucero y Peralta-Ballesteros, Johanna. 2005. Análisis de variables estratégicas para la conformación de una cadena productiva de quinua en Colombia. *INNOVAR. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*. 15(25):103-119.
- Mujica, Ángel; Izquierdo, Juan y Marathee, Jean Pierre. 2001. Origen y descripción de la quinua. En *Quinua (Chenopodium quinoa* Willd.): ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Chile: FAO/UNA-Puno/CIP.
- Mujica, Ángel; Ortiz, René; Bonifacio, Alejandro; Saravia, Raúl; Corredor, Guillermo y Romero, Arturo. 2006. Informe final. Proyecto quinua: cultivo multipropósito para los países andinos. Perú-Colombia-Bolivia: PNUD/CONCYTEC/Universidad Nacional del Altiplano (Puno)/Fundación PROINPA (La Paz)/Universidad Nacional de Colombia (Bogotá).
- Nascimento, Ana Cláudia; Mota, Carlos; Coelho, Inês; Gueifão, Sandra; Santos, Mariana; Matos, Ana Sofia; Gimenez, Alejandra; Lobo, Manuel; Samman, Norma and Castanheira, Isabel. 2014. Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the North of Argentina: proximates, minerals and trace elements. *Food Chemistry*. 148:420-426.
- Natri, Anna Mari; Salo, Pirjo; Vikstedt, Tiina; Palssa, Anette; Huttunen, Minna; Kärkkäinen, Merja U.M.; Salovaara, Hannu; Piironen, Vieno *et al.* 2006. Bread fortified with cholecalciferol increases the serum 25-hydroxyvitamin D concentration in women as effectively as a cholecalciferol supplement. *The Journal of Nutrition*. 136(1):123-127.
- Nowak, Verena; Du, Juan and Charrondière, U. Ruth. 2015. Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). (In press).
- Nsimba, Robert Yawadio; Kikuzaki, Hiroe and Konishi, Yotaro. 2008. Antioxidant activity of various extracts and fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus* spp. seeds. *Food Chemistry*. 106(2): 760-766.
- Obando-Estrada, Mauricio; Escalera-Vásquez, Ramiro; Quiroga-Ledezma, Carla y Arteaga-Weill, Luis. 2011. Optimización del consumo específico de energía en el proceso de beneficiado en seco de variedades amargas de quinua, basado en la aplicación de un lecho fluidizado de tipo surtidor (LFTS). *Investigación & Desarrollo*. 11:5-19.

- Okarter, N. 2012. Phenolic compounds from the insoluble-bound fraction of whole grains do not have any cellular antioxidant activity. *Life Sciences and Medicine Research*. Vol 2012:Article ID LSMR-37. 10 p.
- Oso-Arriz, Oscar; Guzmán-Sánchez, William; Salvador-Zurita, Moisés; Morales-Galvez, Telmo. 2014. Elaboración de pastas fortificadas con productos novoandinos, saborizadas con verduras y hortalizas con buenas características sensoriales y mejor valor nutritivo. *Big Bang Faustino*. 3(1):19-26.
- Osuna, Mariana B.; Avallone, Carmen M.; Montenegro, Susana B. y Aztarbe, Marcela. 2006. Elaboración de pan fortificado con ácidos grasos Omegas 3 y 6. Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Resumen: T-094. <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt2006/07-Tecnologicas/2006-T-094.pdf>
- Pachauri, T.; Lakhani, A. and Maharaj-Kumari, K. 2012. Analysis of nutrient content of underutilized grain: *Chenopodium album*. In *Chemistry of phytopotentials: health, energy and environmental perspectives*. (pp. 93-96). Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Pagno, Carlos H.; Costa, Tania M.H.; de Menezes, Eliana W.; Benvenuto, Edilson V.; Hertz, Plinho F.; Matte, Carla R.; Tosati, Juliano V.; Monteiro Alcilene R.; Rios, Alessandro O. and Flôres, Simone H. 2015. Development of active biofilms of quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) starch containing gold nanoparticles and evaluation of antimicrobial activity. *Food Chemistry*. 173:755-762.
- Palombini, Sylvio Vicentin; Claus, Thiago; Maruyama, Swami Arêa; Gohara, Aline Kirie; Souza, Aloisio Henrique Pereira; de Souza, Nilson Evelázio; Visentainer, Jesuí Vergílio; Gomes, Sandra Terezinha Marques and Matsushita, Makoto. 2013. Evaluation of nutritional compounds in new amaranth and quinoa cultivars. *Food Science and Technology (Brazil)*. 33(2):339-344.
- Panuccio, M.R.; Jacobsen, S.E.; Akhtar, S.S. and Muscolo, A. 2014. Effect of saline water on seed germination and early seedling growth of the halophyte quinoa. *AoB Plants*. 6:plu047. 18 p.
- Paško, P.; Sajewicz, M.; Gorinstein, S. and Zachwieja, Z. 2008. Analysis of selected phenolic acids and flavonoids in *Amaranthus cruentus* and *Chenopodium quinoa* seeds and sprouts by HPLC. *Acta Chromatographica*. 20(4):661-672.
- Paško, Paweł; Bartoń, Henryk; Zagrodzki, Paweł; Gorinstein, Shela; Fołta, Maria and Zachwieja, Zofia. 2009. Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. *Food Chemistry*. 115(3):994-998.
- Peiretti, P.G.; Gai, F. and Tassone, S. 2013. Fatty acid profile and nutritive value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds and plants at different growth stages. *Animal Feed Science and Technology*. 183(1-2):56-61.
- Peñarrieta, J. Mauricio; Alvarado, J. Antonio; Åkesson, Björn and Bergenståhl, Björn. 2005. Total antioxidant capacity in Andean food species from Bolivia. *Revista Boliviana de Química*. 22(1):89-93.
- Peterson, Adam Joshua y Murphy, Kevin Matthew. 2014. La quinua en los Estados Unidos y Canadá. En *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*. (pp. 665-680). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Santiago de Chile, Chile - Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, Francia.
- Prego, Imelda; Maldonado, Sara and Otegui, Marisa. 1998. Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*. *Annals of Botany*. 82(4):481-488.
- Quiroga, Carla; Escalera, Ramiro; Aroni, Genaro; Bonifacio, Alejandro; González, Juan Antonio; Villca, Milton; Saravia, Raúl y Ruiz, Antonio. 2014. Procesos tradicionales e innovaciones tecnológicas en la cosecha, beneficiado e industrialización de la quinua. En *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*. (pp. 258-296). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Santiago de Chile, Chile - Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le

- Développement (CIRAD), Montpellier, Francia.
- Quiroga-Ledezma, Carla y Escalera-Vásquez, Ramiro. 2010. Evaluación de la calidad nutricional y morfología del grano de variedades amargas de quinua beneficiadas en seco, mediante el novedoso empleo de un reactor de lecho fluidizado de tipo surtidor. *Investigación & Desarrollo*. 10:23-36.
- Ranhotra, G.S.; Gelroth, J.A.; Glaser, B.K.; Lorenz, K.J. and Johnson, D.L. 1993. Composition and protein nutritional quality of quinoa. *Cereal Chemistry*. 70(3):303-305.
- Razzaghi, Fatemeh; Jacobsen, Sven Erik; Jensen, Christian Richardt and Andersen, Mathias Neumann. 2015. Ionic and photosynthetic homeostasis in quinoa challenged by salinity and drought - mechanisms of tolerance. *Functional Plant Biology*. 42(2):136-148.
- Repo-Carrasco, R.; Espinoza, C. and Jacobsen, S. E. 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*. 19(1-2):179-189.
- Repo-Carrasco-V., Ritva; Cortez, Gladys; Onofre-Montes, Rafael; Quispe-Villalpando, Lidia y Ramos, Isabel. 2007. En De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. (pp. 243-294). Córdoba, Argentina: Hugo Báez Editor.
- Repo-Carrasco-Valencia, Ritva. 2011. Andean indigenous food crops: nutritional value and bioactive compounds. Doctoral Thesis. Department of Biochemistry and Food Chemistry, University of Turku, Turku, Finland.
- Repo-Carrasco-Valencia, Ritva A.M.; Encina, Christian R.; Binaghi, Maria J.; Greco, Carola B. and Ronayne de Ferrer, Patrícia A. 2010b. Effects of roasting and boiling of quinoa, kiwicha and kañiwa on composition and availability of minerals *in vitro*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 90(12):2068-2073.
- Repo-Carrasco-Valencia, Ritva Ann Mari and Serna, Lesli Astuhuaman. 2011. Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 31(1):225-230.
- Repo-Carrasco-Valencia, Ritva; Hellström, Jarkko K.; Pihlava, Juha Matti and Mattila, Pirjo H. 2010a. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*. 120(1):128-133.
- Repo de Carrasco, Ritva y Encina-Zelada, Christian René. 2008. Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: quinua (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 74(2):85-99.
- Reyes-García, María; Gómez-Sánchez Prieto, Iván; Espinoza-Barrientos, Cecilia; Bravo-Rebatta, Fernando y Ganoza-Morón, Lizette. 2009. Tablas peruanas de composición de alimentos. (8va. ed.). Lima: Ministerio de Salud - Instituto Nacional de Salud. 64 p.
- Rojas, Wilfredo y Pinto, Milton. 2013. La diversidad genética de quinua de Bolivia. En Memoria del Congreso Científico de la Quinoa. (pp. 77-91). 14-15 Junio. La Paz, Bolivia.
- Rojas, Wilfredo; Pinto, Milton; Alanoca, Carolina; Gómez-Pando, Luz; León-Lobos, Pedro; Alercia, Adriana; Diulgheroff, Stefano; Padulosi, Stefano y Bazile, Didier. 2014. Estado de la conservación *ex situ* de los recursos genéticos de quinua. En Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. (pp. 65-94). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Santiago de Chile, Chile - Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, Francia.
- Ruales, J. and Nair, B.M. 1994a. Properties of the starch and dietary fibre in raw and processed quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*. 45(3):223-246.
- Ruales, Jenny and Nair, Baboo M. 1993. Content of fat, vitamins and minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. *Food Chemistry*. 48(2):131-136.

- Ruales, Jenny and Nair, Baboo M. 1994b. Effect of processing on *in vitro* digestibility of protein and starch in quinoa seeds. *International Journal of Food Science & Technology*. 29(4):449-456.
- Sarin, Rajat; Sharma, Manisha; Singh, Robin and Kumal, Sunil. 2012. Nutraceuticals: a review. *International Research Journal of Pharmacy*. 3(4):95-99.
- Saunders, Angela V.; Craig, Winston J.; Baines, Surinder K. and Posen, Jennifer S. 2013b. Is a vegetarian diet adequate?. Iron and vegetarian diets. *The Medical Journal of Australia*. 199(4, Suppl. republished): S11-S16.
- Saunders, Angela V.; Davis, Brenda C. and Garg, Manohar L. 2013a. Is a vegetarian diet adequate?. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and vegetarian diets. *The Medical Journal of Australia*. 199(4, Suppl. republished): S22-S26.
- Schlick, Greg and Bubenheim, David L. 1993. Quinoa: an emerging “new” crop with potential for CELSS. NASA Technical Paper 3422.
- Schumacher, Andrea B.; Brandelli, Adriano; Macedo, Fernanda C.; Pieta, Luiza; Klug, Tammila V. and de Jong, Erna V. 2010. Chemical and sensory evaluation of dark chocolate with addition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Science and Technology*. 47(2):202-206.
- Selimović, A.; Miličević, Dijana; Jašić, M.; Selimović, Amra; Ačkar, Đurdica and Pešić, Tijana. 2014. The effect of baking temperature and buckwheat flour addition on the selected properties of wheat bread. *Croatian Journal of Food Science and Technology*. 6(1)43-50.
- Şensoy, İlkay; Rosen, Robert T.; Ho, Chi-Tang and Karwe, Mukund V. 2006. Effect of processing on buckwheat phenolics and antioxidant activity. *Food Chemistry*. 99(2):388-393.
- Shoenlechner, R.; Jurackova, K. and Berghofer, E. 2005. Pasta production from the pseudocereals amaranth, quinoa and buckwheat. In *Using cereal science and technology for the benefit of consumers*. (Proceedings of the 12th International ICC Cereal and Bread Congress. 23-26 May 2004. Harrogate, United Kingdom). (pp. 74-81). Abington, Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited - Boca Raton FL, USA: CRC Press LLC.
- Silva-León, Gustavo Adolfo. 2010. Tipos y subtipos climáticos de Venezuela. Trabajo de ascenso a la categoría de titular. Departamento de Geografía Física, Escuela de Geografía, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- Stikic, Radmila; Glamoclija, Djordje; Demin, Mirjana; Vucelic-Radovic, Biljana; Jovanovic, Zorica; Milojkovic-Opsenica, Dusanka; Jacobsen, Sven Erik and Milovanovic, Mirjana. 2012. Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. *Journal of Cereal Science*. 55(2):132-138.
- Sukhorukov, Alexander P. y Zhang, Mingli. 2013. Fruit and seed anatomy of *Chenopodium* and related genera (Chenopodioideae, Chenopodiaceae/Amaranthaceae): implications for evolution and taxonomy. *PLoS ONE*. 8(4):e61906.
- Sundarrajan, Lakshminarasimhan. 2014. Effect of extrusion cooking on the nutritional properties of amaranth, quinoa, kañiwa and lupine. Master Thesis. Department of Food and Environmental Sciences, Faculty of Agriculture and Forestry, University of Helsinki, Finland.
- Tang, Yao; Li, Xihong; Zhang, Bing; Chen, Peter X.; Liu, Ronghua and Tsao, Rong. 2015b. Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chemistry*. 166:380-388.
- Tang, Yao; Li, Xihong; Chen, Peter X.; Zhang, Bing; Hernandez, Marta; Zhang, Hua; Marcone, Massimo F.; Liu, Ronghua and Tsao, Rong. 2015a. Characterisation of fatty acid, carotenoid, tocopherol/tocotrienol compositions and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chemistry*. 174:502-508.
- Tapia, Mario E. y Fries, Ana María. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la

- Agricultura y la Alimentación (FAO) - Lima, Perú: Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú (ANPE).
- Taylor, John R.N.; Belton, Peter S.; Beta, Trust and Duodu, Kwaku G. 2014. Increasing the utilization of sorghum, millets and pseudocereals: developments in the science of their phenolic phytochemicals, biofortification and protein functionality. *Journal of Cereal Science*. 59(3):257-275.
- Tejeda. Leslie; Peñarrieta, J. Mauricio; Alvarado, Antonio; Åkesson, Björn and Bergenståhl, Björn. 2008. Determination of total antioxidant capacity and total phenolic compounds in Andean grains (quinua, cañihua, amaranth and qentu). *Revista Boliviana de Química*. 25(1):70-74.
- Thanapornpoonpong, Sa Nguansak; Vearasilp, Suchada; Pawelzik, Elke and Gorinstein, Shela. 2008. Influence of various nitrogen applications on protein and amino acid profiles of amaranth and quinoa. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56(23): 11464–11470.
- Tibbits, T.W. and Alford, D.K. 1982. Controlled Ecological Life Support System. Use of higher plants. (Proceedings of two NASA workshops held at the O'Hare Airport Conference Center, Chicago, Illinois, November 1979 and at the Ames Research Center, Moffett Field, California, March 1980). NASA Conference Publication 2231.
- Tsimidou, M. 1998. Polyphenols and quality of virgin olive oil in retrospect. *Italian Journal of Food Science*. 2(10):99-116.
- USDA/ARS. 2014. United States Department of Agriculture/Agricultural Research Service. National Nutrient Database for Standard Reference, Release 27, Software v.2.2.3. Nutrient Data Laboratory. <http://ndb.nal.usda.gov/>
- Valcárcel-Yamani, Beatriz and Lannes, Suzana Caetano da Silva. 2012. Applications of quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) and amaranth (*Amaranthus* Spp.) and their influence in the nutritional value of cereal based foods. *Food and Public Health* 2012, 2(6): 265-275.
- Valencia-Chamorro, S.A. 2003. Quinoa. In *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. (2nd. ed.). (pp. 4895-4902). Academic Press.
- Vega-Gálvez, Antonio; Miranda, Margarita; Vergara, Judith; Uribe, Elsa; Puente, Luis and Martínez, Enrique A. 2010. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 90(15):2541-2547.
- Velioglu, Y.S.; Mazza, G.; Gao, L. and Oomah, B.D. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46(10):4113-4117.
- Vidueiros, S.M.; Curti, R.N.; Dyner, L.M.; Binaghi, M.J.; Peterson, G.; Bertero, H.D. and Pallaro, A.N. 2015. Diversity and interrelationships in nutritional traits in cultivated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) from Northwest Argentina. *Journal of Cereal Science*. 62:87-93.
- Villacrés, E.; Pástor, G.; Quelal, M.B.; Zambrano, I and Morales, S.H. 2013. Effect of processing on the content of fatty acids, tocopherols and sterols in the oils of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), lupine (*Lupinus mutabilis* Sweet), amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) and sangorache (*Amaranthus quitensis* L.). *Global Advanced Research Journal of Food Science and Technology*. 2(4):044-053.
- Villarroel, Mario; Huiriqueo, Carolina; Hazbun, Julia y Carrillo, Diego. 2009. Desarrollo de una formulación optimizada de galletas para celíacos utilizando harina desgrasada de avellana chilena (*Gevuina avellana*, Mol) y harina de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*. 59(2):184-190.
- Vollmannová, A.; Margitanová, E.; Tóth, T.; Timoracká, M.; Urminská, D.; Bojňanská, T. and Čičová, I. 2013. Cultivar influence on total polyphenol and rutin contents and total antioxidant capacity in buckwheat, amaranth, and quinoa seeds. *Czech Journal of Food Science*. 31(6):589-590.
- WHO/FAO/UNU. 2007. World Health Organization/ Food and Agriculture Organization of the United Nations/United

- Nations University. Protein and amino acid requirements in human nutrition. (Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation). WHO Technical Report Series, N° 935. Geneva, Switzerland.
- Wood, S.G.; Lawson, L.D.; Fairbanks, D.J.; Robison, L.R. and Andersen, W.R. 1993. Seed lipid content and fatty acid composition of three quinoa cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*. 6(1):41-44.
- Wu, Geyang; Morris, Craig and Murphy, Kevin. 2014b. Quinoa starch characteristics and their correlations to cooking quality. In BIOAg (Biologically Intensive Agriculture & Organic Farming) Poster Session of 2014 BIOAg symposium. October 28. Compton Union Building Jr. Ballroom, Pullman Campus, Washington State University, WA, USA.
- Wu, Geyang; Morris, Craig F. and Murphy, Kevin M. 2014a. Evaluation of texture differences among varieties of cooked quinoa. *Journal of Food Science*. 79(11):S2337-S2345.
- Yu, Lilei; Nanguet, Anne-Laure and Beta, Trust. 2013. Comparison of antioxidant properties of refined and whole wheat flour and bread. *Antioxidants*. 2(4):370-383.
- Zevallos, Victor F.; Herencia, L. Irene; Chang, Fujun; Donnelly, Suzanne; Ellis, H. Julia and Ciclitira, Paul J. 2014a. Gastrointestinal effects of eating quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in celiac patients. *The American Journal of Gastroenterology*. 109(2):270-278.
- Zevallos, V.F.; Herencia, L.I. y Ciclitira, P.J. 2014b. Quinoa, enfermedad celíaca y la dieta sin gluten. En Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. (pp. 358-374). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Santiago de Chile, Chile - Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, Francia.