

**ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO SOBRE EL POTENCIAL
NUTRICIONAL DE LA QUINUA (*CHENOPODIUM QUINOA*) COMO
ALIMENTO FUNCIONAL**

**BIBLIOGRAPHICAL ANALYSIS ABOUT NUTRITIONAL POTENTIAL OF
QUINOA (*CHENOPODIUM QUINOA*) AS A FUNCTIONAL FOOD**

Plinio Vargas Zambrano^{1*}, *Rudyard Arteaga Solorzano*¹ y *Luis Cruz Viera*²

¹ Departamento de Procesos Agroindustriales, Universidad Técnica de Manabí (UTM), Ave. Urbina y Che Guevara, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

² Facultad de Ingeniería Química, Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría" (CUJAE), Ave. 114 No. 11901, Marianao 19390, La Habana, Cuba.

Recibido: Mayo 10, 2019; Revisado: Mayo 28, 2019; Aceptado: Junio 10, 2019

RESUMEN

La quinua (*Chenopodium Quinoa*), ha sido identificada como un alimento completo debido a su aporte integral a la demanda de la nutrición humana; supera los requerimientos estándar y presenta compuestos de alto valor funcional como polifenoles, fitosteroles y flavonoides, que la dan no solo valor nutricional sino también terapéutico y farmacéutico. En cuanto a su calidad para la conformación de alimentos modernos tiene excelentes propiedades como una alta solubilidad de la harina en agua, una temperatura de gelatinización adecuada para la preservación de las propiedades funcionales y una emulsividad comprobada, presentando un potencial tecnológico sin precedente para el diseño de nuevos alimentos, sobre todo en una formulación cárnica. De la misma forma su contenido de ácidos grasos y su alta conservación por el notable contenido de vitamina E le hacen un alimento vital para la alimentación humana. El objetivo de este trabajo es fundamentar, mediante un riguroso compendio de propiedades nutricionales y tecnológicas, las potencialidades de la quinua como alimento y complemento promisorio para el desarrollo de productos funcionales, específicamente en productos cárnicos sustituyendo las harinas tradicionales.

Palabras clave: alimentos funcionales; formulaciones cárnicas; propiedades nutricionales; quinua.

Copyright © 2019. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

* Autor para la correspondencia: Plinio Vargas, Email: pavargas@utm.edu.ec

ABSTRACT

Quinoa (*Chenopodium Quinoa*), has been identified as a complete food due to its integral contribution to human nutrition demand; it exceeds the standard requirements and presents compounds of high functional value such as polyphenols, phytosterols and flavonoids, which give it not only nutritional value but also therapeutic and pharmaceutical. In order of its quality for modern foods conformation, it has excellent properties such as a high solubility of the flour in water, a gelatinization temperature friendly for the preservation of the functional properties and a proven emulsivity, presenting an unprecedented technological potential for the design of new foods, especially in a meat formulation. In same way, its fatty acids content and its high conservation due to the remarkable content of vitamin E make it a vital food for human nutrition. The objective of this work is to establish, through a rigorous compendium of nutritional and technological properties, the potential of quinoa as a food and a promising complement for the development of functional products, specifically in meat products, replacing traditional flours.

Keywords: functional foods; meat formulations; nutritional proprieties; quinoa.

1. INTRODUCCIÓN

La *Chenopodium quinoa*, conocida tradicionalmente como quinua, es una de las plantas alimenticias más antiguas del área andina pues su cultivo alcanza reconocimiento en las sociedades del área, especialmente desde la civilización inca. En el clima andino su potencial productivo es alto, siendo una especie anual, dicotiledónea, perteneciente a la familia de las *Amaranthaceae*. Su hábitat cubre un rango latitudinal desde Colombia hasta Chile, pues puede ser cultivada desde el nivel del mar (que es el caso de variedades chilenas), media montaña (2-3 mil m.s.n.m) e incluso en zonas de alta montaña (>3mil m.s.n.m.). Esa amplia localización le atribuye más de 16 mil accesiones en todo el mundo, entendiéndose por accesiones a sitios de colección. La mayor diversidad se hallaría en los países andinos (Jacobsen, 2003).

En América Latina, uno de los primeros trabajos que aborda con profundidad el valor nutricional de la quinua (González y col., 1989) reporta un aporte proteico significativo (11,2%) con un alto por ciento de proteínas solubles (10,04%). Además, se describe la presencia de un 45% de azúcares totales, 16% de azúcares solubles (glucosa, fructosa, sacarosa), 33% de almidón y 4% de lípidos, entre otros compuestos de interés alimentario.

Existen numerosos trabajos relacionados con las propiedades atribuidas a la quinua que comprenden desde su composición más elemental (Terán y col., 2015; Nowak y col., 2016; Li y col., 2016), la calidad de sus proteínas (Ruiz y col., 2016; Vidueiros y col., 2015), la composición de ácidos grasos (Filho y col., 2017; Vilcacundo y Hernandez-Ledezma, 2017), su contenido minerales (Konishi y col., 2004) hasta su aporte de nuevos elementos nutricionales de alto valor nombrados funcionales (Navruz-Varli y Sanlier, 2016). En todos los casos los resultados publicados son de alto valor y novedad, pero nunca se compendian resultados sobre la quinua o hacen comparaciones que resalten sus potencialidades tecnológicas en el desarrollo de nuevos productos.

Por otro lado una observación económica a priori basada en tendencias según datos del 2017 (Ruiz y col., 2018) señala una producción nacional en Ecuador de 1296 toneladas mientras que otros datos señalan que Perú y Bolivia presentaron conjuntamente al mercado unas 80 mil toneladas. Esta sobre oferta y diferencia de volúmenes tuvieron un efecto de contracción de precios en Ecuador que condujo al mercado ecuatoriano a enfocarse donde es más competitivo, en productos elaborados con quinua.

En base a lo planteado, el objetivo de este trabajo es fundamentar mediante un riguroso compendio de propiedades nutricionales y tecnológicas las potencialidades de la quinua como alimento y complemento promisorio para el desarrollo de productos funcionales, específicamente en productos cárnicos sustituyendo las harinas tradicionales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica nacional (Ecuador) e internacional de investigaciones en torno a la quinua. Esta revisión se llevó a cabo con una búsqueda de literatura, identificando publicaciones, en su mayoría sobre composición química y valor nutricional, para finalmente documentar sus potencialidades de uso en formulaciones cárnicas y señalándose su ventaja como complemento dietético y farmacéutico. Con el apoyo de esta bibliografía se compendió información y se fundamentó el uso de la quinua por sus propiedades nutricionales y tecnológicas como alimento y complemento promisorio para el desarrollo de productos funcionales, específicamente en productos cárnicos sustituyendo las harinas tradicionales.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Valor nutricional de la quinua (*Chenopodium Quinoa*).

En todos los casos las investigaciones anteriormente citadas están asociadas a las solicitudes de los consumidores actuales que, al ser más conscientes en las demandas de salud, muestran preferencia hacia alimentos y productos que tengan valor agregado. En este sentido la viabilidad de utilizarla como suplemento o reemplazar completamente granos comunes (arroz, maíz y trigo) por un cereal de valor nutricional superior (quinua) ha mantenido el interés de los investigadores. Debido a este interés creciente en el uso de la quinua se presenta en la Tabla 1 una revisión detallada de la composición nutricional.

Tabla 1. Referencias de componentes en quinua (g/100 g de material fresco)

<i>Componentes</i>	<i>(Dini y col., 1992)</i>	<i>(Koziol, 1992)</i>	<i>(De Bruin, 1963)</i>	<i>(Wright y col., 2002)</i>	<i>Media</i>
Proteínas	12,5	16,5	15,6	16,7	15,33
Grasas	8,5	6,3	7,4	5,5	6,93
Cenizas	3,7	3,8	3,0	3,2	3,42
Carbohidratos	60,0	69,0	69,7	74,7	68,35
Fibra	1,92	3,8	2,9	10,5	4,78

En la nutrición humana uno de los elementos que no puede faltar son las proteínas. Los contenidos de proteínas en la quinua han sido estudiados por varios autores y en

diferentes variedades de quinua. Koziol, (Koziol, 1992), encontró que el contenido de proteína en el grano de quinua es aproximadamente $15,15 \pm 1,35\%$. Otros autores como Wright y colectivo, (Wright y col., 2002), informaron de un contenido de proteína de $15,25 \pm 0,45\%$ para dulce y amarga, en ambos casos de Bolivia. De Bruin, (De Bruin, 1963), estudió el contenido de proteína de cuatro genotipos de quinua, informando un valor $14 \pm 1,1\%$. Aunque las variaciones son lógicas pues diferentes fuentes y accesiones son las estudiadas, resulta conclusivo que este aspecto nutricional resalta a la quinua como un alimento del alto valor nutricional.

Respecto a la calidad nutricional de las proteínas, esta se encuentra asociada a las proporciones de aminoácidos esenciales que contenga. Lo que fundamenta las investigaciones al respecto es la imposibilidad de los organismos de sintetizar todos los aminoácidos y la única forma de acceder a ellos es la dieta (Tabla 2).

Tabla 2. Referencias de aminoácidos esenciales en quinua (g/100 g proteína)

<i>Aminoácido</i>	<i>(Dini y col.,1992)</i>	<i>(Koziol, 1992)</i>	<i>(Repo-Carrasco y col., 2003)</i>	<i>(Wright y col.,2002)</i>	Media
Histidina	2,0	3,2	2,7	3,1	2,75
Isoleucina	7,4	4,4	3,4	3,3	4,63
Leucina	7,5	6,6	6,1	5,8	6,5
Metionina + Cistina	4,5	4,8	4,8	2,0*	4,7
Fenilalanina + Tirosina	7,5	7,3	6,2	6,2	6,8
Treonina	3,5	3,8	3,4	2,5	3,3
Valina	6,0	4,5	4,2	4,0	4,68
Lisina	4,6	6,1	5,6	6,1	5,6
Triptófano	ND	1,2	1,1	ND	1,15

ND = no detectado* = Solo Metionina informada

Una comparación entre los requerimientos diarios para la alimentación humana según la FAO, (FAO, 2007), y los aportes promedios suplidos con el consumo de la quinua documentados por Abugoch (Abugoch, 2009) hace apreciar que con consumo de quinua se puede abastecer hasta un 180 % de Histidina, 274 % de Isoleucina, 338 % de Lisina, 212 % de Metionina con Cistina, el 320 % de Fenilalanina con Tirosina, el 331 % de Treonina, el 228 % de Triptófano y el 323 % de la Valina, siendo el conjunto recomendado para una proteína de calidad. Esto fue señalado más recientemente por Martínez, destacando la presencia en suficiencia de todos los aminoácidos esenciales (Martínez, 2014).

En comparación con datos de otros cereales, (Tabla 3), la quinua garantiza una cobertura completa de los requerimientos alimentarios diarios, (USDA/ARS, 2014).

Un elemento a destacar es la presencia elevada de metionina, treonina, lisina y triptófano, pues estos aminoácidos son limitantes (nunca son suplidos en su totalidad) en otros cereales, (Gorinstein y col., 2002; USDA/ARS, 2005).

Tabla 3. Referencias de carbohidratos en varios cereales (% secado básico)

<i>Aminoácido</i>	<i>Quinoa mg/g P*</i>	<i>Cereal mg/g P*</i>	<i>Mayor Aporte</i>	<i>Req. diario mg/g P*</i>
Histidina	28,8	30,5	Maíz	15,5
Isoleucina	35,7	43,2	Arroz	30,0
Leucina	122,6	59,5	Maíz	59,0
Metionina +Cistina	21,9	23,6	Arroz	16,0
Fenilalanina + Tirosina	42,3	56,1	Cebada	38,0
Treonina	29,8	37,6	Maíz	23,0
Valina	42,1	61,0	Arroz	39,0
Lisina	54,2	54,2	Quinoa	45,0

*mg/g P: mg/g de proteína

Otro componente importante son los carbohidratos, presentes mayormente entre un 52,2-69,2% en forma de almidón, los cuales son la fuente principal de energía fisiológica. La tabla 4 muestra detalladamente los rangos de composiciones registrados en la literatura.

Tabla 4. Referencias de carbohidratos en varios cereales (% secado básico)

<i>Carbohidratos</i>	<i>Quinoa (Arzapalo y col., 2015)</i>	<i>Arroz (Anaya y col., 2015)</i>	<i>Cebada (Zamora y col., 2017)</i>
Carbohidratos totales	73,6-74	79,2	77,7
Almidón	52,2-69,2	-	-
Fibra total de régimen alimenticio	7-9,7	2,8	15,6
Fibra Insoluble	6,8-8,4	-	-
Fibra Soluble	1,3-6,1	-	-
Azúcar	2,9	-	0,8

Según los estudios de Repo-Carrasco y colectivo, (Repo-Carrasco y col., 2003) de los carbohidratos en forma de almidón presentes, un 11% son amilo pectinas, los cuales debido a su forma poligonal con un diámetro de 2 μm , tienen una temperatura de gelatinización muy baja (57-71 $^{\circ}\text{C}$). Otro estudio referencia una alta estabilidad al ser descongelada fundamentándose así su uso como espesante en alimentos congelados donde se precisa resistencia a la retrogradación. (Berghofer y Schoenlechner, 2002)

Otros elementos de aporte significativo en la quinua son los minerales (Tabla 5). Varios estudios reportan al hierro en la quinua como altamente soluble y por lo tanto podría estar fácilmente disponible en la alimentación de personas anémicas, (Konishi y col., 2004).

Los estudios referenciados hacen uso de diferentes variedades, siendo este posiblemente el factor de la variabilidad de los resultados. No obstante, la presencia de minerales y sus calidades está bien documentada en literatura revisada.

Tabla 5. Referencias de composición mineral en quinua (mg/kg de material seco)

<i>Referencias</i>	<i>Minerales</i>						
	<i>Ca</i>	<i>P</i>	<i>Mg</i>	<i>Fe</i>	<i>Zn</i>	<i>K</i>	<i>Cu</i>
(Dini y col.,1992)	275	4244	ND	26	27,5	75	ND
(Koziol,1992)	1487	3837	2496	132	44	9267	51
(Repo-Carrasco y col.,2003)	940	1400	2700	168	48	ND	37
(Ruales y Nair, 1993)	874	5300	260	81	36	12000	10
(Bhargava y col., 2006)	1274	3869	ND	20	48	6967	ND
(Sanders, 2009)	565	4689	1760	14	28	11930	2
(González y col., 1989)	1020	1400	ND	105	ND	8525	ND
(Konishi y col., 2004)	863	4110	5020	150	40	7320	ND

ND = no detectado

Otro aspecto importante son las vitaminas debido a que son nutrientes esenciales muy requeridos, aunque en pequeñas cantidades. Un resumen detallado de la presencia en la quinua está detallado en la Tabla 6. Otras investigaciones aportan datos, siempre considerando las variaciones entre las variedades. Según Bhargava (Bhargava y Ohri, 2016), en términos de una porción comestible de 100 g, la quinua suministra 0,20 mg de vitamina B6, 0,61 mg de ácido pantoténico, 23,5 g de ácido fólico y 7,1 g de biotina.

Por otro lado Koziol (Koziol, 1992) reporta concentraciones de beta caroteno en quinua (0,39 mg/100 g de materia seca), resultado significativamente alto en comparación con cereales frecuentes como el trigo (0,02mg/100 g de materia seca) y la cebada (0,01 mg/100 g materia seca).

Tabla 6. Referencias de composición de vitaminas en quinua (mg/100 g de material seco)

<i>Vitaminas</i>	<i>(Koziol, 1992)</i>	<i>(Ruales y Nair, 1993)</i>
Ácido Ascórbico (C)	4,0	16,4
α -Tocoferol (E)	5,37	2,6
Tiamina (B1)	0,38	0,4
Riboflavina (B2)	0,39	ND
Niacina (B3)	1,06	ND

ND = no detectado

Recientemente, Schoenlechner y colectivo (Schoenlechner y col., 2008) reportaron un contenido de folato en la quinua (132,7 mg/100 g peso seco) diez veces mayor que en el trigo. Señalaron que fracciones de salvado contienen en promedio 124% del folato total, mientras que sólo 57% en promedio estuvo presente en las fracciones de harina. De acuerdo con este estudio los productos a base de quinua (pan, pasta y galletas) son una gran alternativa para el consumo de folatos (Graf y col., 2015).

No menos importantes son los aportes de lípidos, que en la quinua varían entre un rango de 1,8-9,5 %, con un promedio de 5,0-7,2%, esto es significativo si se considera que son más elevados que los aportes hechos por el maíz (3-4%), (Hernández- Ledezma, 2019; Lorusso y col., 2017). Un aspecto relevante de la composición de estos lípidos es la presencia de ácidos grasos polisaturados y sus importantes efectos para la salud y la alimentación humana, (Tabla 7). Todos los ácidos grasos presentes en la quinua están

protegidos por la presencia de vitamina E, que actúa como un antioxidante natural (Ng y col., 2007).

Tabla 7. Referencias de composición de ácidos grasos insaturados en quinua (g/100 g de aceite extraído)

<i>Referencias</i>	<i>Ácidos grasos</i>		
	<i>Oleico</i>	<i>Linoleico</i>	<i>Linolénico</i>
<i>(Koziol,1992)</i>	23,3	53,1	6,2
<i>(Repo-Carrasco y col.,2003)</i>	26,0	50,2	4,8
<i>(Ruales y Nair,1993)</i>	24,8	52,3	3,9

A su vez, recientes investigaciones (Taylor y col., 2014; Padrón y col., 2014) reportan la presencia de flavonoides y ácidos fenólicos en la quinua, aunque resulta muy difícil unificar los resultados por lo variado de los métodos utilizados y los objetivos particulares de cada investigación. Una recopilación valiosa es la presentada por Taylor (Taylor y col., 2014) e identificados por Carciochi (Carciochi y col., 2014). El amplio espectro de flavonoides y ácidos fenólicos colocan a la quinua como un potencial “nutracéutico” o “alimento funcional” al proporcionar beneficios médicos o para la salud, incluyendo la prevención y tratamiento de enfermedades o padecimientos crónicos (Razzeto y col., 2019).

3.2 Potencialidad en las formulaciones cárnicas.

Significativa para el uso en formulaciones cárnicas es su capacidad de retención de agua. Esta propiedad expresa la máxima cantidad de agua que puede ser retenida por un gramo de material seco en presencia de exceso de agua bajo la acción de una fuerza patrón. De esta propiedad depende el efecto fisiológico de la fibra y su capacidad de incorporación a un alimento. Aunque la quinua no posee una alta capacidad de retención de agua (3,04-4,08 g de agua /g materia seca), aun estos valores la hacen utilizable para productos alimenticios horneados, garantizando la sensación de frescura y suavidad.

Otra propiedad es el poder de hinchamiento, que mide la cantidad de agua hasta la expansión y dispersión máxima, presentando valores entre 6,25-7,55 g de agua/g de muestra (Vásquez y Argüelles, 2017). Este parámetro en los extensores de las formulaciones cárnicas incide tanto en las texturas como en la optimización económica. Asociada a la misma exigencia, otra propiedad, es la capacidad de retención de moléculas orgánicas, sobre todo en formulaciones cárnicas. Algunas variedades de quinua reportan un promedio de 2,5 g de aceite/g de fibra. Los efectos fisiológicos sobre el organismo son muy positivos, basta mencionar que se traduce en la disminución del colesterol e índice glicémico (Ramírez-Camargo y col., 2016).

Otro parámetro, quizás poco descrito, es la capacidad de intercambio catiónico, parámetro asociado a la capacidad de adsorción de minerales y que depende del medio donde se encuentre la fibra dentro de la formulación, específicamente la fuerza iónica y el pH. Algunos estudios reportan valores muy bajos para la quinua (0,03 mEq/100g), muy inferior a la mayoría de los cereales (~3,2 mEq/100g) y los hortalizas comunes (0,05 mEq/100g). Este nivel inferior se juzga como positivo pues disminuye el riesgo de

que aparezcan desequilibrios nutricionales en el consumidor, debido a que los extensores en las formulaciones cárnicas absorben los minerales adquiridos en la alimentación diaria (Cerezal y col., 2012).

Otra propiedad fundamental muy valiosa el sentido técnico para las formulaciones cárnicas es la gelatinización, proceso que depende directamente del contenido de amilopectinas. En la tabla 8 puede apreciarse una comparación de los rangos de temperaturas y las entalpías de gelatinización de tres cereales, donde se incluye la quinua.

Tabla 8. Referencias de temperaturas de gelatinización en varios cereales

<i>Aspectos tecnológicos</i>	<i>Quinua (USDA/ARS, 2005)</i>	<i>Cebada (Youa e Izydorczyk,, 2007)</i>	<i>Amaranto (Qian y Kuhn, 1999)</i>
Entalpía de Gelatinización $\Delta H(J/g)$	1,66-15	14,8	2,58
T_o °C (inicial)	44,6-59,9	66,4	66,3
T_{max} °C gelatinización máx.)	54,5-69,3	-	74,5
T_f °C (final)	71-86,4	-	86,9

3.3 Potencialidades dietéticas y farmacéuticas.

Finalmente, vale destacar la capacidad antioxidante hidrofílica (Rioja y col., 2018). En variedades de quinua y otros granos andinos, la fibra dietética tiene una alta capacidad antioxidante, incluso con valores resaltables como es el caso de quinua morada con 367,86 uMT rolox/g. En el caso de los polifenoles, pueden estar asociados a la fracción de fibra insoluble como los compuestos de un mayor grado de polimerización: taninos condensados y taninos hidrolizables. Mientras que asociado a la fracción de fibra soluble se encuentran los polifenoles de menor peso molecular, como algunos flavonoides, ácidos fenólicos, dímeros y trímeros de proactocianidina. Esto establece a la quinua como un extensor en formulaciones cárnicas con un alto valor, dietético y farmacéutico, atribuyendo a su uso y consumo la reducción de enfermedades cardiovasculares y digestivas (Tang y col., 2015).

Los datos anteriores avalan la utilización de la harina de quinua como sustituto de otras harinas usadas como extensores en formulaciones cárnicas. Por lo que las tendencias en la producción global y regional la hacen una fortaleza para aquellos sectores de la industria alimenticia que la empleen en sustitución de harinas importadas. De forma general en la revisión bibliográfica sobre quinua se encuentran pocos artículos que hagan referencia al desarrollo de nuevos productos y a sus características sensoriales y funcionales.

4. CONCLUSIONES

1. Existe renovado interés por bondades de las semillas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y su potencial para la elaboración de nuevos productos alimenticios, siendo la quinua clave para la combinación con otros cereales y otras especies vegetales en el diseño y mejoramiento de las propiedades nutritivas de los alimentos modernos.

2. Un aspecto relevante, respecto a los lípidos, es la presencia de ácidos grasos poli saturados por sus importantes efectos para la salud y la alimentación humana. Todos los ácidos grasos presentes en quinua están protegidos por la presencia de vitamina E, la cual actúa como un antioxidante natural. Por otro lado los procesos térmicos provocan una disminución significativa del contenido de vitamina E.
3. Debe destacarse que en todos los aminoácidos esenciales, la quinua siempre cumple los requerimientos humanos diarios, destacándola como un alimento de alto valor nutricional y funcional.
4. Las potencialidades de uso de la harina de quinua en productos elaborados se amplían con el uso en formulaciones cárnicas como sustituta de otras harinas, lo que se basa en sus excelentes propiedades tecnológicas, como la retención de agua, poder de hinchamiento y capacidad de intercambio catiónico. Otra propiedad importante es su temperatura de gelatinización, permitiendo obtener productos sin alcanzar temperaturas límites donde las propiedades funcionales de los alimentos son reducidas por el efecto térmico.

REFERENCIAS

- Abugoch, L.E., Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*): composition, chemistry, nutritional, and functional properties., *Adv Food Nutr Res.*, Vol. 58, 2009, pp. 1–31.
- Anaya, M., Guzmán, T.M., García, Y., Roca, M., González, J., Llera, L., Caracterización de harina de arroz integral cubano., *Investigación y Saberes*, Vol. 3, No. 3, 2015, pp. 56-61.
- Arzapalo, Q., Huamán, K., Quispe, M., Espinoza, C., Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) negra collana, pasankalla roja y blanca junín., *Revista de la Sociedad Química del Perú*, Vol. 81, No. 1, 2015, pp. 44-54.
- Bhargava, A., Shukla, S., Ohri, D., *Chenopodium quinoa*: an Indian perspective., *Ind Crops Prod*, Vol. 23, 2006, pp. 73–87.
- Bhargava, A. y Ohri, D., Origin of Genetic Variability and Improvement of Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), *Gene Pool Diversity and Crop Improvement*, Springer, Cham, 2016, pp. 241-270.
- Carciochi, R., Manrique, G., Dimitrov, K., Changes in phenolic composition and antioxidant activity during germination of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa Willd.*), *International Food Research Journal*, Vol. 21, No. 2, 2014, pp. 767-773.
- Cerezal, P., Acosta, E., Rojas, G., Romero, N., Arcos R., Desarrollo de una bebida de alto contenido proteico a partir de algarrobo, lupino y quínoa para la dieta de preescolares., *Nutrición Hospitalaria*, Vol. 27, No. 1, 2012, pp. 232-243.
- De Bruin, A., Investigation of the food value of quinoa and cañihua seed., *J Food Sci.*, Vol. 29, 1963, pp. 872–876.
- Dini, A., Rastrelli, L., Saturnino, P., Schettino, O., A compositional stud of *Chenopodium quinoa* seeds., *Nahrung*, Vol. 36, 1992, pp. 400–404.
- Graf, B. Rojas-Silva, P., Rojo, L. E., Delatorre-Herrera, J., Baldeón, M. E. y Raskin, I., Innovations in health value and functional food development of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), *Comprehensive reviews in food science and food safety*, Vol. 14, No. 4, 2015, pp. 431-445.

- González, J.A., Roldán, A., Gallardo, M., Escudero, T., Prado, F.E., Quantitative determinations of chemical compounds with nutritional value from inca crops: *Chenopodium quinoa* ('quinoa'), *Plant Foods Hum Nutr.*, Vol. 39, 1989, pp. 331–337.
- Gorinstein, S., Pawelzik, E., Delgado-Licon, E., Haruenkit, R., Weisz, M., Trakhtenberg, S., Characterisation of pseudocereal and cereal proteins by protein and amino acid analyses., *J. Sci. Food Agric*, Vol. 82, 2002, pp. 886-891.
- FAO., WHO., UNU., Food and Agriculture Organization of the United States., World Health Organization y United Nations University., Protein and amino acid requirements in human nutrition., Vol. 935, 2007, pp. 135-182.
- Filho, A., Pirozi, M., Borges, J., Pinheiro Sant'Ana, H., Chaves, J. y Coimbra, J., Quinoa: nutritional, functional, and antinutritional aspects., *Critical reviews in food science and nutrition*, Vol. 57, No. 8, 2017, pp. 1618-1630.
- Hernández-Ledezma, B., Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) as source of bioactive compounds: a review., *Bioactive Compounds in Health and Disease*, Vol. 2, No. 3, 2019, pp. 27-47.
- Jacobsen, SE., The worldwide potential of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), *Food Rev. Int.*, Vol. 19, 2003, pp. 167-177.
- Konishi, Y., Hirano, S., Tsubo, H., Wada, M., Distribution of minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) seeds., *Biosci. Biotechnol. Biochem.* Vol. 68, 2004, pp. 231-234.
- Koziol, M., Chemical composition and nutritional evaluation of Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), *J Food Comp., Anal* 5, 1992, pp. 35–68.
- Li, G., Wang, S., Zhu, F., Physicochemical properties of quinoa starch., *Carbohydrate polymers*, Vol. 137, 2016, pp. 328-338.
- Lorusso, A., Verni, M., Montemurro, M., Coda, R., Gobbetti, M. y Rizzello, C., Use of fermented quinoa flour for pasta making and evaluation of the technological and nutritional features., *LWT-Food Science and Technology*, Vol. 78, 2017, pp. 215-221.
- Martínez, E., Quínoa: aspectos nutricionales del arroz de los Incas., *Estado del arte de la quínoa 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), 2014, Montpellier, Francia.
- Navruz-Varli, S., Sanlier, N., Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), *Journal of Cereal Science*, Vol. 69, 2016, pp. 371-376.
- Ng, S.C., Anderson, A., Coker, J., Ondrus, M., Characterization of lipid oxidation products in quinoa (*Chenopodium quinoa*), *Food Chem*, Vol. 101, 2007, pp. 185–192.
- Nowak, V., Du, J., Charrondiere, U., Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), *Food chemistry*, Vol. 193, 2016, pp. 47-54.
- Padrón, A. Oropeza, R., Montes, A., Semillas de quínoa (*Chenopodium quinoa Willdenow*): composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas., *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, Vol. 5, No. 2, 2014, pp. 166-218.

- Qian, J., and Kuhn, M., Characterization of *Amaranthus cruentus* and *Chenopodium quinoa* starch., *Starch., Stärke*, Vol. 51, No. 4, 1999, pp. 116–120.
- Ramírez-Camargo, E., Marulanda, A., Orrego, J., Desarrollo de una mezcla de fibras y almidones como reemplazante de grasa para productos de pasta fina tipo Salchicha., *Información tecnológica*, Vol. 27, No. 1, 2016, pp. 41-52.
- Razzeto, G., Gabriela S., Evaluation and Comparative Study of the Nutritional Profile and Antioxidant Potential of New Quinoa Varieties., *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research*, Vol. 3, No. 3, 2019, pp. 1-11.
- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., Jacobsen, S.E., Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*), *Food Rev*, Vol. 19, No. 1-2, 2003, pp. 179–189.
- Rioja, A., Vizalque, B., Aliaga-Rossel, E., Tejada, L., Book, O., Mollinedo, P., Peñarrieta, J. M., Determinación de la capacidad antioxidante total, fenoles totales, y la actividad enzimática en una bebida no láctea en base a granos de *Chenopodium quinoa*., *Revista Boliviana de Química*, Vol. 35, No. 5, 2018, pp. 168-176.
- Ruales, J., and Nair, B.M., Saponins, phytic acid, tannins and proteaseinhibitors in quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), *J Sci Food Agric*, Vol. 54, 1993, pp. 211–219.
- Ruiz, G.A. Arts, A., Minor, M., Schutyser, M., A hybrid dry and aqueous fractionation method to obtain protein-rich fractions from quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), *Food and Bioprocess Technology*, Vol. 9, No 9, 2016, pp. 1502-1510.
- Ruiz, D., de la Torre, Y., Yanel, A., Acceso a mercados en el comercio internacional de quinua, Ecuador–Unión Europea., Tesis presentada en opción al Título de Diploma, Carrera de Ingeniería en Comercio Exterior y Negociación Internacional, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador, 2018.
- Sanders, M., Estudio del secado industrial de la quínoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) cultivada en Chile: efecto de la temperatura sobre su composición., Tesis presentada en opción al Título de Diploma, Departamento de Ingeniería en Alimentos, Universidad de La Serena, Chile, 2009.
- Schoenlechner, R., Siebenhandl, S., Berghofer, E., Pseudocereals., *Gluten-free cereal products and beverages*, Academic Press, 2008, pp. 149-190.
- Taylor, J., Belton, P., Beta, T., Duodu, K., Increasing the utilization of sorghum, millets and pseudocereals: developments in the science of their phenolic phytochemicals, biofortification and protein functionality., *Journal of Cereal Science.*, Vol. 59, No. 3, 2014, pp. 257-275.
- Tang, Y., Li, X., Zhang, B., Chen, P. X., Liu, R., Tsao, R., Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd genotypes., *Food Chemistry*, Vol. 166, 2015, pp. 380-388.
- Terán, W., Vilcacundo, R., Carpo, C., Compuestos bioactivos derivados de amaranto y quinua., *Actualización en Nutrición*, Vol. 16, No. 1, 2015, pp. 18-22.
- USDA/ARS., United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 18 (SR18), Nutrient Data Laboratory, 2005. Online Catalog: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>
- USDA/ARS., United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 27 (SR27), 2014. Online Catalog: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>

- Vásquez, J., and Argüelles, M., Características físicas, químicas y funcionales de la harina de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa Willd.*), Ciencia y Tecnología de Alimentos, Vol. 27, No. 1, 2017, pp. 7-11.
- Vidueiros, S., Curti, R., Dyner, L., Binaghi, M., Peterson, G., Bertero, H. y Pallaro, A., Diversity and interrelationships in nutritional traits in cultivated quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) from Northwest Argentina., Journal of Cereal Science, Vol. 62, 2015, pp. 87-93.
- Vilcacundo, R., Hernandez-Ledezma, B., Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), Current Opinion in Food Science, Vol. 14, 2017, pp. 1-6.
- Wright, K., Pike, O., Fairbanks, D. and Huber, S., Composition of *Atriplex hortensis*, sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds., Food Chem Toxicol, Vol. 67, 2002, pp. 1383–1385.
- Youa, S. and Izydorczyk, M., Comparison of the physicochemical properties of barleystarches after partial α -amylolysis and acid/alcohol hydrolysis., Carbohydr. Polym., Vol. 69, No. 3, 2007, pp. 489–502.
- Zamora, M. R., Pérez, J.A., Huerta, R., López, M.L., Gómez, R., Rojas, I., Maravilla: variedad de cebada forrajera para Valles Altos de México., Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Vol. 8, No. 6, 2017, pp. 1449-1454.