

COMPUESTOS BIOACTIVOS DERIVADOS DE AMARANTO Y QUINUA***BIOACTIVE COMPONENTS DERIVED FROM AMARANTH AND QUINOA***Wilman Ismael Carrillo Terán¹, Rubén Vilcacundo¹, Cecilia Carpio¹¹ Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato

Correspondencia: Wilman Ismael Carrillo Terán

E-mail: wi.carrillo@uta.edu.ec

Presentado: 13/03/15

Aceptado: 24/03/15

RESUMEN

El amaranto y la quinua son pseudocereales reconocidos por la FAO como cultivos importantes en la soberanía alimentaria para la humanidad por sus propiedades nutricionales. Poseen una alta concentración de proteínas las cuales son consideradas de alto valor nutritivo por contener aminoácidos esenciales como la lisina, el triptófano y la metionina. Se han descrito diferentes actividades biológicas de componentes aislados de amaranto y quinua como actividad antibacteriana, antitumoral, antioxidante, antiinflamatoria y antihipertensiva, demostrando que tanto el amaranto como la quinua pueden ser una buena fuente de compuestos bioactivos.

Palabras clave: pseudocereales, compuestos bioactivos, aislados proteicos, proteínas, péptidos.

Actualización en Nutrición 2015; Vol. 16 (18-22)

ABSTRACT

Amaranth and quinoa are pseudo cereals recognized by the FAO as important crops in food sovereignty for humanity due to their nutritional properties. They have a high concentration of proteins, which are considered highly nutritious as containing essential amino acids such as lysine, tryptophan and methionine. Different biological activities isolated from amaranth and quinoa have been described as antibacterial, antitumor, antioxidant, anti-inflammatory and antihypertensive activity components, demonstrating that both amaranth and quinoa can be a good source of bioactive components.

Key words: *pseudocereal, active components, protein isolate, proteins, peptides.*

Actualización en Nutrición 2015; Vol. 16 (18-22)

Características funcionales de los pseudocereales amaranto y quinua

El *Amarantus caudatus* o kiwicha en la lengua aborigen quechua y la quinua (*Chenopodium quinoa willd*) son dos pseudocereales de reconocido valor nutricional. Son pseudocereales porque no pertenecen a la familia de las gramíneas; además son dicotiledóneas y los cereales comunes son monocotiledóneas. Estos cultivos ancestrales han sido usados por el hombre desde hace más de 6.000 años¹. Fueron cultivos muy importantes para culturas precolombinas como los Mayas, Aztecas e Incas. Pero su uso fue decreciendo después de la conquista de los españoles. El amaranto y la quinua son considerados cultivos con una amplia variabilidad genética y una alta capacidad adaptativa a diferentes hábitats agro-climáticos y diferentes tipos de suelos^{2,3}. El amaranto posee un alto porcentaje de proteínas, cerca de un 14% con una elevada calidad por su

elevado contenido de aminoácidos esenciales como la lisina, el triptófano, la cisteína y la metionina.

| Elemento | Quinua rosada | Amaranto | Trigo | Arroz |
|--------------|---------------|----------|-------|-------|
| Proteína | 12,5 | 18 | 11 | 6,8 |
| Lisina | 6,91 | 8,0 | 2,6 | 3,8 |
| Fenilalanina | 3,85 | 7,7 | 8,2 | 10,5 |
| Triptófano | 1,28 | 1,5 | 1,2 | 1,1 |
| Metionina | 1,98 | 4,2 | 3,7 | 3,6 |
| Isoleucina | 6,95 | 3,7 | 4,2 | 4,1 |
| Leucina | 6,50 | 5,7 | 6,8 | 8,2 |
| Valina | 3,05 | 4,3 | 4,4 | 6,1 |
| Treonina | 4,50 | 3,6 | 2,8 | 3,8 |
| Histidina | 2,85 | 2,5 | 1,7 | 2,16 |
| Arginina | 7,11 | 10,0 | 3,6 | 5,36 |

Tabla 1: Contenido de aminoácidos en g/100 g de proteína seca. Tabla modificada de FAO, 2013; Pérez et al., 2002^{46,49}.

En la Tabla 1 se puede observar el perfil de aminoácidos en amaranto y quinua. Sus proteínas tienen mejor calidad que las proteínas de cereales tan comunes como el trigo y el arroz^{4,5}. Su calidad se asemeja incluso a proteínas de origen animal como las de leche de vaca y huevo de gallina; además sus proteínas poseen un alto grado de digestibilidad⁶. Las proteínas de amaranto están constituidas principalmente por albúminas que conforman alrededor del 49 al 65% del total, seguidas en abundancia por las glutelinas, 22,4 al 42,3%, las globulinas, 13,7 al 18,1% y finalmente las prolaminas que conforman del 1 al 3,2% del total de las proteínas⁷. Los aislados proteicos de amaranto obtenidos por precipitación poseen una cantidad alta de globulinas en comparación con los otros tipos de proteínas. La fracción de las globulinas a su vez se divide en dos fracciones: la 7; 8S y la 11; 12S llamadas civilina y legumina respectivamente. La globulina 11S se caracteriza por formar hexámeros y ser soluble en soluciones salinas y pH neutro; posee masas moleculares comprendidas en 300 y 360 kDa^{8,9}. Los hexámeros están unidos por polipéptidos de diferentes pesos moleculares^{10,11}. En los aislados de amaranto se encuentra presente la fracción globulina-P. Esta globulina tiene la particularidad de formar agregados de alto peso molecular (600-1500 kDa)¹² estabilizados por puentes disulfuro. Una proporción baja de las moléculas de globulina-P se encuentra libre, las cuales poseen una masa molecular de alrededor de 300 kDa. La globulina-P posee una alta estabilidad térmica. En los aislados de amaranto hay una cantidad importante de albúminas que se caracterizan por la alta solubilidad. Varios autores coinciden que esta fracción se compone por polipéptidos de masas moleculares de 10 a 40 kDa^{5,13}. En la semilla de amaranto se encuentran presentes, además de albúminas y globulinas, las prolaminas y glutelinas características de cereales tales como trigo, cebada y maíz. Las prolaminas son solubles en alcohol y las glutelinas en soluciones de pHs extremos, por lo tanto se las encuentra en baja cantidad en los aislados proteicos de amaranto obtenidos por precipitación isoelectrónica. Las prolaminas están compuestas por polipéptidos de baja masa molecular comprendidos entre 10-22 kDa¹⁴. También posee minerales, vitaminas y un alto porcentaje de fibra. El género *Amaranthus* pertenece a la familia de las *Amaranthaceae* que incluye cerca de 60 especies distribuidas por todo el mundo^{15,16}, de las cuales tres se usan para fines alimentarios como son *Amaranthus hypocondriacus*, *Amarantus Caudatus* y *Amaranthus cruentus*¹⁷.

Los mayores productores de amaranto en la región andina son Bolivia y Perú. Luego están países como Estados Unidos, México, India, Japón y China; también se cultiva considerablemente en diferentes países de África.

La quinua también posee un alto porcentaje de proteínas, cerca de un 15% con una elevada calidad debido a la presencia de los mismos aminoácidos esenciales que se encuentran en el amaranto como lisina, triptófano, cisteína y metionina. Sus proteínas también tienen mejor calidad al ser comparadas con granos de cereales como el trigo y el arroz, además posee muchos minerales, vitaminas y fibra (Tabla 2). Ambos cereales andinos han sido considerados por la FAO como elementos claves para la seguridad alimentaria de la humanidad debido a sus propiedades nutritivas y a su facilidad de adaptación a diferentes climas y altitudes. Son cultivos resistentes que necesitan poco riego y productos químicos para su mantenimiento. Las plagas se controlan con una simple rotación de cultivos. En la década de 1990 la NASA escogió a la quinua como alimento importante para la seguridad alimentaria por su alto valor nutricional. Fue seleccionada para viajes espaciales de larga duración por sus excelentes propiedades nutricionales como su alto contenido de proteínas (12-18%), ricas en aminoácidos esenciales en particular lisina y aminoácidos azufrados. Fue incluida en el programa CELSS por su altura de crecimiento, su fácil manejo y por la capacidad de transformar grandes cantidades de CO₂ por tener una fotosíntesis especializada de tipo C4¹⁸.

| Elemento | Quinua | Amaranto | Trigo | Arroz | Maíz | Cebada |
|---------------------|--------|----------|-------|-------|------|--------|
| Proteína % | 16,3 | 12-19 | 14,2 | 7,6 | 10,2 | 10,8 |
| Grasa % | 4,7 | 6,1-8,1 | 2,3 | 2,2 | 4,7 | 1,9 |
| Carbohidratos % | 76,2 | 71,8 | 78,4 | 80,4 | 81,1 | 80,7 |
| Fibra cruda % | 4,5 | 3,5-5,0 | 2,8 | 6,4 | 2,3 | 4,4 |
| Cenizas % | 2,8 | 3,0-3,3 | 2,2 | 3,4 | 1,7 | 2,2 |
| Energía (Kcal/100g) | 399 | 391 | 392 | 372 | 408 | 383 |

Tabla 2: Características del amaranto y quinua frente a otros cereales. Tabla modificada de Romo et al., 2006⁵⁰.

El amaranto y la quinua poseen una serie de antinutrientes como las saponinas, ácido oxálico, taninos, inhibidores de tripsina y ácido fítico. Las saponinas y el ácido fítico son compuestos de naturaleza muy tóxica incluso a concentraciones muy bajas¹⁹. El ácido fítico se encuentra en gran cantidad en el amaranto y tiene la propiedad de formar complejos

con cationes metálicos como el Mg^{+2} , Fe^{+2} , Fe^{+3} , Ca^{+2} , Zn^{+2} , Co^{+2} y el Cu^{+2} ocasionando una pérdida de biodisponibilidad intestinal de estos componentes que traza con la consecuente posibilidad de sufrir desnutrición especialmente en países subdesarrollados donde no están cubiertas las aportaciones necesarias de estos metales importantes²⁰. Se han descrito efectos favorables del ácido fitico como actividad antioxidante, prevención de enfermedades cardíacas y actividad anticancerígena^{21,22}. Los tratamientos tecnológicos a los que son sometidos los granos pueden reducir el porcentaje de estos antinutrientes. Por el ejemplo un lavado previo con agua de los granos de quinua permite retirar casi en su totalidad las saponinas. Las saponinas son un problema porque le dan un sabor amargo al producto²¹. La quinua se la puede clasificar de acuerdo al contenido de saponinas en: quinua libre (lavada), quinua dulce <0,06% de saponinas y quinua amarga >0,16% de saponinas²². El lavado y el tratamiento térmico del tostado de los granos de amaranto permiten reducir el ácido fítico según la especie^{23,24}.

Actualmente existe una búsqueda de compuestos activos que puedan ejercer su función sobre el organismo; de dichos compuestos la mayoría es de origen alimentario y muchas veces son proteínas o péptidos. Entre los productos más estudiados ricos en proteína que poseen propiedades funcionales se encuentran la soja, la leche y el huevo^{25,26}. En estos alimentos se han identificado diferentes péptidos con actividad biológica que pueden ser beneficiosos para la salud y la prevención de enfermedades. Estos péptidos presentan actividad inhibidora de la enzima convertidora de angiotensina (ACE), antimicrobiana, agonistas y antagonistas opioides²⁶ y antitumoral²⁷. Actualmente se están realizando estudios clínicos de péptidos con actividad antitumoral como el inhibidor de tripsina de Bowman & Birk (BBI) y la lunasina^{28,29,30}. Es de destacar que estudios epidemiológicos sugieren que una dieta rica en productos a base de soja estaría asociada a una baja incidencia de cáncer, principalmente de mama, colon y próstata^{31,32}.

En relación al *Amaranthus*, se han descrito péptidos con actividad biológica entre los que se encuentran inhibidores de proteasas y alfa-amilasas^{33,34}, péptidos antimicrobianos y antifúngicos que poseen un dominio rico en cisteína/glicina característico de proteínas ligadoras de quitina^{35,36}. Utilizando herramientas informáticas, se ha sugerido la presencia de péptidos bio-activos en las secuencias de las proteínas de reserva de *Amaranthus hipocondriacus*³⁷. Es-

tos péptidos presentarían actividad antitrombótica, inmunomodulatoria, opioide, antioxidante, antihipertensiva e inhibidores de proteasas. Se ha descrito la acción citomoduladora de aislados proteicos de *Amaranthus mantegazzianus* (MPI) en un modelo de células en cultivo; dicho aislado proteico fue activo frente a las cuatro líneas tumorales ensayadas, la línea UMR106 fue la más sensible con un IC_{50} de 1mg/ml. Esta actividad antiproliferativa mejora cuando el aislado proteico fue tratado con proteasas presentando un IC_{50} de 0,5 mg/ml. Los péptidos inhiben la proliferación e inducen la muerte de células de origen tumoral con mayor potencia que las células no tumorales, sugiriendo un potencial efecto antitumoral³⁸. Estos resultados in vitro son alentadores para iniciar estudios in vivo y determinar el potencial efecto antitumoral. Se ha descrito actividad reductora de colesterol por parte de las proteínas de *Amaranthus* (este efecto se observó en un modelo animal³⁹). Extractos obtenidos de *Amaranthus hypocondriacus* presentaron una fuerte actividad antioxidante con el método de inhibición de DPPH⁴⁰. El grupo de Repo-Carrasco et al.⁴¹ ha descrito actividad antioxidante de dos tipos de *Amaranthus* y determinó la concentración de compuestos fenólicos. Pasko et al.⁴² analizaron el contenido de compuestos fenólicos en dos tipos de *Amaranthus* y quinua encontrándose que la quinua presentó mayor actividad antioxidante que el *Amaranthus* debido a la mayor presencia de compuestos fenólicos en la quinua. El grupo de Repo-Carrasco-Valencia et al.⁴³ también describió una alta concentración de compuestos fenólicos comparado con el *Amaranthus* por ello la actividad antioxidante fue mayor en la quinua. Se ha descrito que extractos fenólicos obtenidos de *Chenopodium quinoa* presentaron una fuerte actividad antioxidante y anticancerígena⁴⁴.

Por otro lado, también se ha descrito otro tipo de actividades como efecto antidiabético y anticolesterolémico de extractos en metanol de *Amaranthus caudatus*, *Amaranthus spinosus* y *Amaranthus viridis* en ratas tratadas con streptozotocin para inducirles diabetes, encontrándose que los extractos a la dosis de 400 mg/kg fueron significativamente activos tanto a nivel antidiabético como anticolesterolémico. Mientras que a la dosis de 200 mg/kg sólo presentó actividad antidiabética⁴⁵. Se ha descrito actividad antioxidante y antipirética de extractos metanólicos de *Amaranthus spinosus*. La actividad antioxidante fue evaluada mediante la inhibición de los radicales DPPH, encontrándose una fuerte

actividad antioxidante con valores de IC_{50} de (87,50 \pm 3,52) μ g/mL, (98,80 \pm 1,40) μ g/mL, (106,2 \pm 0,20) μ g/mL, (88,7 \pm 0,62) μ g/mL y (147,50 \pm 2,61) μ g/mL por DPPH. La actividad antipirética fue estadísticamente significativa ($P < 0,01$)⁴⁶. Este mismo grupo también describió actividad antidiabética, antipirética y anti-lipídica de extractos metanólicos de *Amaranthus viridis*. Las ratas mostraron una bajada en sangre de glucosa y lípidos. La actividad antioxidante también fue significativa⁴⁷. En conclusión el amaranto y la quinua pueden ser usados como fuente de nuevos compuestos bioactivos: extractos, proteínas, hidrolizados y péptidos que podrían usarse en la industria alimentaria.

Agradecimientos: a la Universidad Técnica de Ambato por la financiación del proyecto, aislamiento y caracterización de nuevos ingredientes funcionales a partir de proteínas de amaranto y quinua para la elaboración de un alimento funcional. Proyecto aprobado por resolución 1373-CPU-P-2014.

REFERENCIAS

- Jacobsen SE, Sherwood S. Cultivos de granos andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2002.
- Nascimento AC, Mota C, Coelho I, Gueifao S, Santos A, Matos AS, Giménez A, Lobeo M, Samman N, Castanheira I. 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, 2014, 420-426.
- Abugoch Martínez EN, Añón MC. Influence of the extracting solvent upon the structural properties of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) glutelin. J. Agric. Food Chem., 51, 2003, 4060-4065.
- Gorinstein S, Delgado Licon E, Pawelzik E, Permad HH, Weisz M, Trakhtenberg S. Characterization of soluble amaranth and soybean proteins based on fluorescence, hydrophobicity, electrophoresis, amino acid analysis, circular dichroism, and differential scanning calorimetry measurements. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49, 2001, 5595-5601.
- Gorinstein S, Moshe R, Greene LJ, Arruda P. Evaluation of four amaranthus species through protein electrophoretic patterns and their amino acid composition. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 39, 1991, 851-854.
- La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2011.
- Segura Nieto M, Barba De La Rosa AP, Paredes López O. Biochemistry of amaranth proteins. In O. Paredes López (Ed.), Amaranth. Biology, chemistry and technology, Boca Raton: CRC Press; 1994.
- Marcone MF, Kakuda Y, Yada RY. Salt soluble seed globulins of dicotyledonous and monocotyledonous plants II. Structural characterization. Food Chemistry, 63, 1998, 265-274.
- Marcone MF, Kakuda Y. A comparative study of the functional properties of amaranth and soybean globulin isolates. Nahrung-Food, 43, 1999, 368-373.
- Adachi M, Kanamori J, Masuda T, Yagasaki K, Kitamura K, Mikami B, Utsumi S. Crystal structure of soybean 11S globulin: glycinin A3B4 homohexamer. PNAS, 100, 7395-7400. 2003.
- Adachi M, Takenaka Y, Gidamis AB, Mikami B, Utsumi S. Crystal structure of soybean proglycinin A1a B1b homotrimer. J. Mol. Biol., 305, 2001, 291-305.
- Castellani O. Caracterización estructural y fisicoquímica de la globulina- P de amaranto. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata, La Plata, 2000.
- Segura Nieto M, Vázquez Sánchez N, Rubio Velázquez H, Olgun Martínez LE, Rodríguez Nester CE, Herrera Estrella L. Characterization of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) seed proteins. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40, 1992, 1553-1558.
- Abugoch L. Relación estructura-funcionalidad de glutelinas y aislados proteicos de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). Universidad Nacional de La Plata, La Plata, 2006.
- Kaur S, Singh N, Rana JC. *Amaranthus hypochondriacus* and *Amaranthus caudatus* germplasm: characteristics of plants, grain and flours. Food Chemistry 123, 2010, 1227-1234.
- Agriculture, forestry & fisheries Department: Agriculture, Forestry and Fisheries Republic of South Africa; 2010.
- Sanz Penella JM, Wronkowska M, Soral Smietana M, Haros M. Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. LWT. Food Science and Technology 50, 2013, 679e685.
- Schlick G, Bubenheim D. Quinoa: an emerging "new" crop with potential for CELSS. NASA Technical Paper 3422, 1993.
- Gamel TH, Linssen JP, Mesallam AS, Damir AA, Shekib LA. Seed treatments affect functional and antinutritional properties of amaranth flours. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86, 2006, 1095e1102.
- Martínez B, Gómez V, Rincón F. Ácido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 2002, 52(3) 219-231.
- Haros M, Carlsson NG, Almgrem A, Larsson Alminger M, Sandberg AS, Andlid T. Phytate degradation by human gut isolated *Bifidobacterium pseudocatenulatum* ATCC27919 and its probiotic potential. International Journal of Food Microbiology, 2009, 135, 7-14.
- Kumar V, Sinha AK, Makkar HPS, Becker K. Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: a review. Food Chemistry, 120, 2010, 945-959.
- Chen Q. Determination of phytic acid inositol pentakis phosphates in foods by high-performance ion chromatography. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 52, 2004, 4604-4613.
- Pihlanto A, Korhonen H. Bioactive peptides and proteins. Advances in Food and Nutrition Research. Vol. 47; 2003.
- Pihlanto A, Korhonen H. Bioactive peptides: production and functionality. International Dairy Journal 16, 2006, 945-960.
- Clare DA, Swaisgood HE. Bioactive milk peptides: a prospectus. Journal. Dairy Science. 83, 2000, 1187-1195.
- Messina MJ, Persky V, Setchell KDR, Barnes S. Soy intake and cancer risk: a review of the in vitro and in vivo data. Nutrition Cancer. 21, 1994, 113-131.

28. Kennedy AR. The Bowman-Birk inhibitor from soybeans as an anticarcinogenic agent. *Am. J. Clin. Nutr.* 68, 1998, 1406S-1412S.
29. Jeong HJ, Park JH, Lam Y, de Lumen BO. Characterization of lunasin isolated from soybean. *J. Agric. food chem.* 51, 2003, 7901-06.
30. Vioque J, Pedroche J, Yust MM, Lqari H, Megías C, Girón Calle J, Alaiz M, Millán F. Biocative peptide in storage plant proteins. *Braz. J. Food Technol.*, III JIPCA, 2006.
31. Kennedy AR, Szuhaj BF, Newberne PM, Billings PC. Preparation and production of a cancer chemopreventive agent, Bowman-Birk inhibitor concentrate Nutr. Cancer 19, 1993, 281-302.
32. Messina MJ, Persky V, Setchell KDR, Barnes S. Soy intake and cancer risk: a review of the in vitro and in vivo data. *Nutrition Cancer* 21, 1994, 113-131.
33. Chagolla López A, Blanco Labra A, Patthy A, Sánchez R, Pongor S. A novel alpha-amylase inhibitor from amaranth (*Amaranthus hypocondriacus*) seeds. *J. Biol. Chem.* 269, 1994, 23675-80.
34. Martins JC, Enassar M, Willem R, Wieruzeski JM, Lippens G, Wodak SJ. Solution structure of the main alpha-amylase inhibitor from amaranth seeds. *Eur. J. Biochem.* 268, 2001, 2379-89.
35. Broekaert WF, Marien W, Terras FR, De Bolle MF, Proost P, Van Damme J, Dillen L, Claeys M, Rees SB, Vanderleyden J, et al. Antimicrobial peptides from *Amaranthus caudatus* seeds with sequence homology to the cysteine/glycine-rich domain of chitin-binding proteins. *Biochemistry* 3, 1992, 1353-1358.
36. De Bolle MF, David KM, Rees SB, Vanderleyden J, Cammue BP, Broekaert WF. Cloning and characterization of a cDNA encoding an antimicrobial chitin-binding protein from amaranth, *Amaranthus caudatus*. *Plant Mol. Biol.* 22, 1993, 1187-90.
37. Barba De La Rosa AP, Silva Sánchez C, González De Mejía E. Amaranth: An Ancient Crop For Modern Technology. In: *Hispanic Foods: Chemistry And Flavor*. Tunick M.H. González De Mejía E. Eds. Publisher: American Chemical Society Washington DC pp 103-116; 2007.
38. Barrio DA, Añon MC. Potential antitumor properties of a protein isolate obtained from the seeds of *Amaranthus mangazezianus*. *Eur. J. Nutr.*, 2010, 49:73-82 DOI 10.1007/s00394-009-0051-9.
39. Mendonça S, Saldiva PH, Cruz RJ, Arêas JAG. Amaranth protein presents cholesterol-lowering effects. *Food Chemistry*, 116, 2009, 738-742.
40. López Mejía A, López Malo A, Palou E. Antioxidant capacity of extracts from amaranth (*Amaranthus hypocondriacus L.*) seeds or leaves O. *Industrial Crops and Products*. 53, 2014, 55-59.
41. Repo Carrasco Valencia R, Peña J, Kallio H, Salminen S. Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Journal of Cereal Science*, 49, 2009, 219-224.
42. Pasko P, Barton H, Zagrodzki P, Gorinstein S, Folta M, Zuchwieja S. Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. *Food Chemistry*, 115, 2009, 994-998.
43. Repo-Carrasco-Valencia R, Jarkko R, Hellström K, Pihlava JM, Mattila PH. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry* 120, 2010, 128-133.
44. Gawlik-Dziki U, Świeca M, Sułkowski M, Dziki D, Baraniak B, Czyż J. Antioxidant and anticancer activities of *Chenopodium quinoa* leaves extracts - in vitro study. *Food Chem. Toxicol.* 57, 2013, 154-60. doi: 10.1016/j.fct.2013.03.023. Epub 2013 Mar 26.
45. Girija K, Lakshman K, Udaya Chandrika, Sabhya Sachi Ghosh, Divya T. Anti-diabetic and anti-cholesterolemic activity of methanol extracts of three species of *Amaranthus*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2011, 133-138.
46. Kumar BSA, Lakshman K, Jayaveera KN, Shekar DS, Kumar AA, Manoj B. Antioxidant and antipyretic properties of methanolic extract of *Amaranthus spinosus* leaves. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* (2010)702-706.
47. Kumar BSA, Lakshman K, Jayaveera KN, Shekar DS, Saleemulla Khane BS, Thippeswamy Veeresh P, Veerapur. Antidiabetic, antihyperlipidemic and antioxidant activities of methanolic extract of *Amaranthus viridis* Linn in alloxan induced diabetic rats. *Experimental and Toxicologic Pathology* 64, 2012, 75-79.
48. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. FAO Food and Nutrition Paper 92; 2013.
49. Pérez Conesa D, Ros Berrueto G, Periago Castón MJ. Aminoácidos esenciales y no esenciales de harinas de cereales infantiles en distintas fases de procesado industrial y su relación con índices químicos de la calidad proteica. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. ALAN 52, 2002, 2 supl.2.
50. Romo S, Rosero A, Forero C, Ceron E. Nutritional potential of quinua flour (*chenopodiumquinoa w*) piartal variety in colombian andes part one. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*. 4, 1; 2006.