




Perspectivas tecnológicas y nutricionales de la quinua (*Chenopodium quinoa*): un pseudocereal andino funcional

Alejandro Franco-Aguilar ¹; Sebastián Arias-Giraldo ²; Sugey Elena Anaya-García ³ Daniel Muñoz-Quintero ⁴.

¹ Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias, Universidad de Antioquia; ² Facultad de Ciencias Administrativas, Económicas y Contables, Universidad Católica Luis Amigó; ³ Facultad de Ciencias Administrativas, Económicas y Contables, Universidad Católica Luis Amigó; ³ Facultad de Ciencias Administrativas, Económicas y Contables, Universidad Católica Luis Amigó..

Resumen

Fundamentos: La quinua es un pseudocereal andino, de gran importancia para la seguridad alimentaria en Latinoamérica y el mundo. En el presente artículo, se exponen diversos atributos y aplicaciones funcionales, para este producto ancestral.

Métodos: Se realizó una revisión general de literatura, siguiendo el protocolo PRISMA, que involucró una investigación cualitativa secundaria de índole teórico.

Resultados: La quinua posee un excelente valor nutritivo, albergando proteína de alta calidad, fibra dietética, ácidos grasos insaturados, vitaminas y minerales. Se destacan su potencial antioxidante, hipocolesterolémico, citoprotector y coadyuvante en el tratamiento de la diabetes. Productos como panes, pastas, cereales y embutidos, han sido elaborados con éxito incorporando este insumo.

Conclusiones: El uso de los granos y las hojas de la quinua, con otros fines, como la obtención de aceites, separación de saponinas y fabricación de extractos medicinales, cobran gran interés y prominencia en la actualidad.

Palabras clave: Alimentos Funcionales; Cereales Y Granos; Nutrición Humana; Productos Agrícolas; Seguridad Alimentaria.

Technological and nutritional perspectives of quinoa (*Chenopodium quinoa*): a functional andean pseudocereal

Summary

Background: Quinoa is an andean pseudocereal, of great importance for food security. In this article, functional applications are exposed for this ancestral product.

Methods: A general literature review was carried out, following the PRISMA protocol, which involved a qualitative secondary research, of a theoretical nature.

Results: Quinoa has an excellent nutritional value, harboring high quality protein, dietary fiber, unsaturated fatty acids, vitamins and minerals. Its antioxidant, hypocholesterolemic, cytoprotective and adjuvant potential in the treatment of diabetes, stand out. Products such as breads, pasta, cereals and sausages, have been successfully prepared incorporating quinoa.

Conclusions: The use of its grains and leaves for other purposes, such as obtaining oils, separating saponins and manufacturing medicinal extracts, are gaining great interest and prominence.

Key words: Agricultural Products; Cereals and Grains; Food Security; Functional Foods; Human Nutrition.

Correspondencia: Sebastián Arias-Giraldo
E-mail: sebastian.ariasgi@amigo.edu.co

Fecha envío: 24/09/2020
Fecha aceptación: 14/05/2021

Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa*), es un pseudocereal que ha proveído alimentación durante miles de años a diferentes grupos sociales; el grano se domesticó originalmente por las antiguas culturas de la región andina de Sudamérica. Este producto, al igual que el amaranto (*Amaranthaceae*) y el trigo sarraceno (*Polygonaceae*), son los pseudocereales más conocidos, los cuales tienen características botánicas distintas a los cereales; sin embargo, sus semillas se asemejan en función y composición ¹. El cultivo de la quinua se ha promovido como una alternativa agrícola debido a sus condiciones tolerantes al estrés; crece en humedades relativas de 40% a 88% y soporta temperaturas entre -4 °C y 38 °C ^{2,3}.

El grano de quinua contiene proteínas de alto valor biológico, así como ácidos grasos omega 3, 6 y 9, en forma equilibrada. Es rico en vitaminas E, C y del complejo B, exhibiendo una concentración deseable de minerales, como hierro y calcio. Además, tiene un alto contenido de fibra dietética. Así, este producto se considera actualmente como el alimento más importante de origen vegetal, siendo comercializado como una "supercomida" ^{4,5}.

Estudios previos han reportado que la quinua tiene propiedades que promueven la salud y/o previenen enfermedades ya que las semillas de este grano son una buena fuente de compuestos fenólicos, flavonoides y glucósidos en su forma libre, ligada o conjugada. Dichos compuestos previenen enfermedades degenerativas tales como enfermedad coronaria, arterioesclerosis, cáncer, diabetes y alzhéimer ^{6,7}. En este contexto, la quinua constituye un cultivo con potencial para contribuir a la seguridad y la soberanía alimentaria, debido a su calidad nutricional, funcional, variabilidad genética,

adaptabilidad a condiciones adversas de clima y suelo y a su bajo costo de producción ¹.

Perú y Bolivia son los principales productores de quinua a nivel mundial, ya que, en conjunto, producen el 90% de esta; después de ellos, se encuentran Estados Unidos, Ecuador y Canadá ⁸. En los últimos años, el área de producción de quinua ha ido en aumento en la región andina. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en el año 2014, se reportaron alrededor de 815.000 ha dedicadas a su cultivo ⁹.

Así, la buena estabilidad económica alcanzada por países desarrollados en la producción de quinua ha contribuido a que su mercado se expanda hacia la búsqueda de alimentos con atributos deseables para el bienestar y la salud del ser humano. Esto ha hecho que el grano pase de ser un cultivo de subsistencia, a un producto con potencial de exportación ^{1,10}.

Por medio de la presente revisión se pretenden abordar las perspectivas actuales de consumo y utilización de la quinua, considerando sus atributos funcionales, tecnológicos y nutricionales. A partir de los discursos desarrollados se destaca la prominente implementación de este pseudocereal en los sectores agroalimentario, gastronómico y farmacéutico, demostrándose su contribución potencial a la seguridad y soberanía alimentaria de los pueblos.

Material y métodos

Se utilizaron diferentes fuentes y referentes de carácter técnico y científico, las cuales fueron organizadas y analizadas siguiendo las recomendaciones del protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic

reviews and Meta-analyses) ¹¹. La tabla 1 describe la metodología implementada.

Tabla 1. Protocolo para la revisión de literatura, siguiendo las recomendaciones PRISMA. Adaptado de Moher *et al.* ¹¹

No.	Aspecto	Descripción
1	Identificación.	El artículo corresponde a una revisión general de la cuestión (revisión de literatura).
2	Objetivos y preguntas a abordar.	2.1. ¿Cuáles son los aspectos más relevantes de la quinua, con relación a su cultivo y comercialización? 2.2. ¿Cuáles son las ventajas nutricionales de la quinua, considerando su contenido de macro y micronutrientes? 2.3. ¿Qué propiedades funcionales exhibe el grano de quinua, desde la perspectiva nutracéutica? 2.4. ¿Qué aplicaciones, existentes y novedosas, pueden darse al grano de quinua, con el fin de potenciar su uso y su contribución a la seguridad alimentaria?
3	Criterios de elegibilidad.	3.1. La revisión conllevó una investigación cualitativa secundaria, de índole teórico. 3.2. El estudio se desarrolló durante los años 2019 y 2020, con alcance regional (Latinoamérica) e internacional. 3.3. Se consideraron fuentes publicadas: artículos de investigación y de revisión, libros de divulgación e investigación, trabajos de maestría y revistas especializadas en temas agroalimentarios y nutricionales. 3.4. Se abarcaron referencias en inglés, español o portugués, publicadas entre 2005 y 2018 (en su mayoría).
4	Fuentes de información.	4.1. El proceso se simplificó usando bases de datos, licenciadas para la Universidad Católica Luis Amigó: EBSCO, Digitalia, Oxford, Science Direct, Springer, Google Académico y Scielo. 4.2. Se priorizaron los artículos científicos publicados en revistas indexadas.
5	Estrategia de búsqueda.	5.1. Se utilizaron los siguientes términos: quinua, quinoa, pseudocereal, cereales andinos, nuevos alimentos, alimentos funcionales, nutracéutico, seguridad alimentaria, gastronomía, nutrición, proteínas, fibra dietaria, antioxidantes y saponinas.
6	Gestión de datos.	6.1. La información se sistematizó en Microsoft Excel 2016, destacando, por cada referencia, los siguientes puntos: título, autores, año, país, palabras clave, objetivo, aspectos metodológicos, información relevante sobre la quinua (generalidades, composición, propiedades funcionales o usos) y referencia bibliográfica.
7	Proceso de selección.	7.1. La selección de las fuentes priorizadas se hizo a través de una lectura y análisis independiente, por parte de los investigadores. Finalmente, en consenso, de un total de 83 referencias consultadas, se eligieron 45.
8	Priorización y resultados.	8.1. Se dio especial importancia a las fuentes que respondieran las preguntas 2.2, 2.3 y 2.4, expuestas en esta tabla. 8.2. El resultado es un artículo de revisión, que aborda las generalidades y las perspectivas tecnológicas y nutricionales de la quinua, considerando su importancia como pseudocereal con potencial funcional.

Aspectos botánicos y agronómicos de la quinua

Dentro del género *Chenopodium*, existen diferentes especies: como productoras de grano, *Chenopodium quinoa Willd* y *Chenopodium pallidicaule Aellen*; para su consumo como verduras, *Chenopodium*

nuttalliae Safford y *Chenopodium ambrosioides L.*; y, con fines medicinales, en Latinoamérica, *Chenopodium carnosolum Moq.* La planta ha sido cultivada en otras áreas geográficas del mundo: *Chenopodium álbum*, en Europa; *Chenopodium giganteum Don*, en Asia Central; y *Chenopodium berlandieri*, en Norte América ¹².

El fruto, que alberga el grano de quinua, tiene un diámetro de hasta 2,6 mm^{13,14}. La episperma consta de cuatro capas, siendo la más externa la que contiene la saponina y determina el color de la semilla^{15,16}. La tonalidad de la quinua es variable, pasando de blanco a gris, rosa y negro^{17,18}.

La quinua tiene cinco grandes variedades: quinuas del nivel del mar, quinuas de valles interandinos, quinuas de altiplano, quinuas de salares y quinuas de yungas¹³. También, existen granos amargos, los cuales se denominan "quinuas reales"¹⁹. Según su tamaño, las semillas pueden clasificarse como grandes (2,2–2,6 mm), medias (1,8–2,1 mm) o pequeñas (<0,8 mm)²⁰.

Tuisima-Coral y Fernandez-Cusimamani²¹, reportaron la utilización de marcadores moleculares para diferenciar genéticamente las variedades de quinua. Con la finalidad de preservar la riqueza genotípica y fenotípica de la quinua, se han creado bancos de germoplasma en toda la región andina; donde Bolivia y Perú exhiben mayor biodiversidad³.

Composición química y ventajas nutricionales del grano de quinua

Diversos autores, han reportado análisis proximales para la composición química de la quinua, en la cual se observa la presencia de proteínas, grasas, cenizas, carbohidratos y fibra cruda, con pocas diferencias entre los resultados encontrados. Los valores más altos corresponden a carbohidratos, proteínas y grasas, respectivamente.

Carbohidratos

Los carbohidratos de las semillas de quinua contienen entre un 58 y 68% de almidón y un 5% de azúcares, lo que la convierte en una fuente óptima de energía. Esta, se libera de forma lenta en el organismo, debido a su

elevada cantidad de fibra^{6,22}. Existen pocos estudios sobre el almidón de la quinua, aunque se ha reportado que tiene gran estabilidad frente al congelamiento y la retrogradación, por lo cual puede ser una alternativa para sustituir almidones modificados químicamente²³.

Se ha estudiado el contenido de fibra soluble en la quinua reportándose un valor de 12% (peso seco). Sus principales constituyentes son el ácido galacturónico, la arabinosa, la xilosa, la glucosa y la galactosa²⁴.

Proteínas

Para algunas poblaciones en el mundo, incluir proteínas de buena calidad en sus dietas es complicado; en especial, en aquellas que consumen poca proteína de origen animal. En este contexto, la quinua es una excelente opción, ya que el grano, las hojas y las inflorescencias son fuente de proteína de alto valor biológico. Por ello, la quinua es considerada el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales, logrando que se le encuentre extremadamente cerca de los estándares de nutrición establecidos por la FAO¹.

En comparación con otros cereales, la concentración de proteína de las semillas de quinua, en base seca (16,3%), es mayor que en la cebada (11%), el arroz (7,5%) y el maíz (13,4%). Por otra parte, se asemeja con el contenido proteico del trigo (15,4%). Su balance de aminoácidos es excelente debido a un mayor rango de aminoácidos que en los cereales y las legumbres, en cuanto a la presencia de lisina (5,1% - 6,4%) y metionina (0,4% -1%)^{25,26}.

Grasas

La quinua tiene un bajo nivel de grasa; adicional a esto, no posee colesterol⁵. El grano crudo presenta cantidades altas de aceites benéficos, por lo que se convierte en

buena materia prima para su extracción. Esta ventaja, se ha estudiado muy poco hasta ahora ²².

Vega *et al.* ⁶, encontraron que el ácido linoleico (omega 6) está presente en mayor proporción (50,2%) en la matriz, lo cual es similar al valor reportado para el aceite de germen de maíz. En segundo lugar, está el ácido oleico (omega 9), con un 26%, seguido por los ácidos palmítico (9,5%) y linolénico (omega 3), este último, con un 4,8% ¹. Al omega 6 se le atribuyen efectos positivos sobre enfermedades cardiovasculares, así como mejoras en la sensibilidad a la insulina ²⁵.

Minerales

La quinua contiene una alta proporción de minerales (cenizas). Si se hace una comparación entre trigo, maíz, arroz, cebada, avena, centeno y quinua, esta última resalta en la presencia de calcio, magnesio, hierro, fósforo, manganeso, potasio y zinc ^{6,22,27,28}.

Este cereal contiene cuatro veces más calcio que el maíz y casi el triple de calcio si se contrasta con el arroz. Además, también posee cuatro veces más hierro que el trigo y cinco veces más que el arroz ²⁹.

Propiedades funcionales del grano de quinua

Fibra dietaria y capacidad antioxidante

Los granos integrales contienen una mezcla única de componentes bioactivos, que incluyen almidones resistentes, vitaminas, minerales, fitoquímicos y antioxidantes. En lo que respecta a la fibra, esta comprende el 6% del peso total de la semilla y es la que permite que la ingesta de quinua favorezca el tránsito intestinal, regule los niveles de colesterol, estimule el desarrollo de flora bacteriana beneficiosa y ayude a prevenir el cáncer de colon ^{13,30}.

Este grano contiene un alto porcentaje de fibra dietética, lo cual la convierte en un alimento ideal para lograr eliminar toxinas y residuos, que pueden dañar el organismo. En este sentido, la quinua tiene la propiedad de absorber agua y permanecer más tiempo en el estómago, por lo que produce una mayor sensación de saciedad con poco volumen de ingesta ³¹.

El consumo de quinua aumenta la producción de enzimas hepáticas antioxidantes, lo que reduce el daño sobre el endotelio vascular generado por los radicales libres. Este hecho, juega un papel importante en el rol de inhibición de los radicales, destacándose su poder reductor y protector. Estos biocompuestos actúan contra la oxidación del colesterol LDL (lipoproteína de baja densidad), confirmando el potencial nutracéutico del grano ^{32,33}.

Las semillas de quinua tienen una concentración considerable de compuestos fenólicos, con gran capacidad antioxidante. Este aspecto es relevante, no solo para prevenir la proliferación de células de cáncer, sino también para intervenir diversos procesos inflamatorios ^{34,35}.

Factores anti-nutricionales y aspectos benéficos de las saponinas

Las saponinas son sustancias orgánicas que provienen tanto de glucósidos triterpenoides (de reacción ligeramente ácida), como de esteroides. Estas moléculas están concentradas en la cáscara de la quinua representando el principal factor anti-nutricional del grano. Su contenido, varía entre 0,1% - 5% ¹.

Las saponinas le dan un sabor amargo a la quinua por lo cual deben ser eliminadas antes de ser consumida. Se caracterizan, además de su sabor amargo, por la formación de espuma en soluciones acuosas. Estas espumas son

muy estables en concentraciones aún bajas, por lo que tienen aplicaciones útiles en jabones, champú y algunas bebidas ^{3,10}.

Gómez-Caravaca et al. ³⁶, lograron una remoción del 79% de las saponinas presentes en la quinua, a través del perlado mecánico del grano. Se utilizó una abrasión del 30% llegando a un contenido final de saponina del 0,05%. Por otra parte, Vega et al. ⁶ disminuyeron la concentración de saponinas en la semilla hasta un 0,25%, utilizando lavados secuenciales con agua a 60 °C, por 120 min. Por otra parte, Gianna et al. ³⁷ lograron una extracción del 98% de las saponinas presentes en la quinua a través de un proceso asistido por microondas. Para ello, utilizaron como solvente una mezcla de isopropanol-agua, siendo más efectivo que la solución etanol-agua.

Las saponinas que se extraen de la quinua amarga pueden ser utilizadas en la industria farmacéutica. Exhiben efectos hipocolesterolémicos, gracias a que inducen cambios en la permeabilidad intestinal. Adicionalmente, algunos autores mencionan los atributos de la saponina como antibiótico, antioxidante, citotóxico, surfactante y antiinflamatorio ^{1,38}.

Hasta la fecha se han identificado alrededor de 30 saponinas derivadas de la hederagenina y de los ácidos oleanólico, fitolacagénico y serjánico presentes en la cáscara de quinua ³⁸. Este subproducto puede ser usado con fines farmacéuticos, destacando entre sus propiedades la disminución de colesterol total, LDL, triglicéridos y la reducción de niveles de glucosa en la sangre ³⁹.

Usos actuales y potenciales de la quinua

Sector farmacéutico

Las aplicaciones de la quinua en la medicina tradicional se conocen desde hace muchos años. De acuerdo con la FAO, en las comunidades del altiplano y los valles de la región andina, los curanderos Kallawayas utilizaban la quinua con fines curativos, aprovechando el grano, los tallos y las hojas. Entre sus usos más frecuentes, se destaca el tratamiento de abscesos, hemorragias y luxaciones. Por otra parte, la infusión de hojas de quinua, se emplea para prevenir y sanar infecciones urinarias o, también, como laxante ^{9,20}.

Sus hojas frescas consumidas en forma de sopas o como acompañamiento, tienen efectos positivos contra el escorbuto y las enfermedades causadas por avitaminosis. Este producto, además, es un remedio probado contra el herpes, la urticaria y otras afecciones de la piel ⁴⁰.

Este cereal además contiene sustancias alcalinas y se usa como remedio en fracturas y luxaciones, haciendo una pasta mezclada con alcohol. También, se recomienda como diurético, remedio anti-blenorrágico y en el tratamiento de la tuberculosis. De igual forma, el agua de grano cocido, con leche y aceite de almendras, sirve para aliviar el dolor localizado ^{1,3,10}.

Abellán-Ruiz et al. ⁴¹ concluyeron que la quinua puede ser utilizada como coadyuvante en la intervención nutricional de pacientes pre-diabéticos. En esta investigación, la ingesta diaria de 40 g de quinua durante 28 días disminuyó el índice de masa corporal (IMC) y los niveles de hemoglobina glicada, mantuvo los niveles de glucosa basal, y aumentó la de saciedad y plenitud en los sujetos estudiados.

Industria alimentaria y sector gastronómico

En los últimos años se han ido incrementando las investigaciones para el desarrollo de

alternativas comestibles a base de quinua; existen diferentes derivados, como harinas, fideos, hojuelas, granolas, barras energéticas, panes, galletas, tortillas y alimentos infantiles^{5,42}. Sin embargo, productos más elaborados, o cuya producción requiere del uso de tecnologías más avanzadas, aún no han sido explotados. Tal es el caso de la extracción de aceites, almidón, saponinas y colorantes, a partir de las hojas y las semillas. Por otra parte, la preparación de concentrados proteicos y la obtención de leche de quinua, suponen retos potenciales para la industria alimentaria^{1,21}.

Como un grano entero, la quinua puede incorporarse en varios alimentos, como sopas, galletas, bebidas alcohólicas, pan y cereales para el desayuno. Cabe destacar que la quinua no tiene proteínas formadoras de gluten, abriendo nuevas oportunidades para el sector agroindustrial y gastronómico, dirigidas a consumidores con enfermedad celíaca²².

Las semillas de la quinua pueden hervirse y convertirse en pastas⁴³. Sin embargo, la forma más estudiada para el aprovechamiento del grano, se relaciona con la fabricación de harinas (productos intermedios). García-Salcedo *et al.*²⁸ demostraron que la quinua fina y molida, exhibe una mayor solubilidad y capacidad para la retención de aceites, en comparación con la chía y el amaranto.

Entre los productos elaborados o semi-elaborados, a partir de quinua, están los llamados "cereales"; son productos listos para consumirse que, generalmente, se toman como desayuno. Se destacan los cereales inflados, los extrudidos, las hojuelas y las papillas reconstituidas. Con los granos de quinua, se pueden suplementar casi todos los alimentos de la industria harinera, realidad basada en las necesidades crecientes

a nivel internacional de productos libres de gluten⁴⁴.

Mora⁴⁵ desarrolló pastas alimenticias a base de quinua, con atributos comparables a los de productos comerciales fabricados solo con sémola de trigo. Para ello, se empleó la variedad Aurora (cultivada en Colombia), reemplazando en un 30% la concentración de trigo en la formulación original. Además, se usaron dos agentes estructurales: carboximetil-celulosa (2%) y almidón de maíz pre-gelatinizado (9%).

Pellegrini *et al.*⁴³, evaluaron la sustitución parcial de la grasa de un derivado cárnico tipo paté, empleando harina de quinua. Se utilizaron semillas provenientes de tres variedades: blanca, roja y negra. El reemplazo del componente lipídico, permitió evidenciar un aumento en el contenido proteico y de minerales en el producto final, lográndose una disminución del porcentaje total de grasa de un 8%. Adicionalmente, utilizar un 10% de pasta de quinua roja en la formulación del paté, disminuyó las tasas de oxidación del alimento.

En cuanto a su transformación, Repo-Carrasco y Serna²⁹ analizaron el procesamiento de cuatro variedades de quinua mediante extrusión. Obtuvieron una digestibilidad proteica *in vitro* entre 76,3% - 80,5%, mientras que este atributo, para el almidón, se encontró entre 65,1% - 68,7%. El estudio concluyó que el proceso de cocción por extrusión puede mejorar el valor nutricional de las semillas, afectando de manera negativa, únicamente, la concentración de fibra insoluble.

Conclusiones

La quinua se consume, desde tiempos ancestrales, en la zona andina de Latinoamérica. Sin embargo, gracias a su capacidad de adaptación a diversos climas y

geografías, su producción se ha expandido también Europa, Asia y la región de Norte América. Su importancia para la seguridad y soberanía alimentaria es cada día más clara, estableciéndose como una fuente alternativa de proteína de gran calidad, fácil acceso y bajo costo.

Dentro de las bondades nutricionales de la quinua, se destaca su considerable concentración de proteína de alto valor biológico, caracterizada por contener los diez aminoácidos esenciales. Por otra parte, la cantidad de carbohidratos complejos presentes en el grano (fibra dietética y almidón), hacen de esta matriz una excelente fuente de energía. La presencia de ácidos grasos insaturados, de las familias omega 3, 6 y 9, promueve su consumo como reserva calórica saludable. Además, puede coadyuvar en la prevención y el tratamiento de diferentes desórdenes cardiovasculares.

En comparación con otros cereales, es innegable la calidad nutritiva de la quinua. Contiene mayor concentración de vitaminas y minerales que el arroz, el maíz y el trigo. Además, al exhibir una alta solubilidad en agua y una buena capacidad de retención de grasa, se facilita su incorporación en preparaciones gastronómicas.

Diferentes investigaciones han reportado las bondades de la quinua para la salud del ser humano. Dentro de los usos nutraceuticos del grano, se pueden destacar: poder antioxidante y antiinflamatorio, reducción de niveles de colesterol LDL y glucosa en sangre, disminución del IMC, prevención del cáncer de colon, tratamiento de enfermedades de la piel y uso como diurético.

Las saponinas, que se encuentran alojadas en la cáscara de la quinua, deben ser eliminadas del grano antes de su consumo, pues aportan un sabor amargo no deseable. Sin embargo, estudios recientes demuestran que este

grupo de compuestos químicos puede ser utilizado con fines funcionales. Entre otras ventajas, se destaca el poder de las saponinas como antioxidantes, antibióticos, antiinflamatorios, hipocolesterolémicos y coadyuvantes en el tratamiento de la diabetes mellitus.

Con todas estas bondades, uno de los retos de la agroindustria y el sector gastronómico, radica en promover la utilización y el consumo de la quinua. Para ello, se han evidenciado casos exitosos en el desarrollo de productos comestibles, en los cuales se reemplazan, parcial o totalmente, las formulaciones originales por harinas o pastas de quinua. Esto cobra especial importancia para el público con patologías o alergias alimentarias.

Procesos como la extrusión de derivados de quinua, la extracción de aceites de la semilla, la separación y el uso de las saponinas del grano, requieren de un mayor nivel de tecnificación. Sin embargo, se presentan en la actualidad como alternativas prometedoras, para potenciar el aprovechamiento benéfico del pseudocereal; promoviendo, además, su correspondiente masificación.

Agradecimientos

Esta investigación se desarrolló con el apoyo de la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Católica Luis Amigó.

Referencias

1. Rojas W. La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. 2 ed. Santiago de Chile: FAO - Oficina regional para la america latina y el caribe; 2011.
2. Mujica A, Jacobsen SE. Botánica Económica de los Andes Centrales. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés; 2006.

3. Rojas W, Soto JL, Pino M, Jager M. Granos andinos: avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Roma: Bioversity International; 2010.
4. Shokry AM. The usage of quinoa flour as a potential ingredient in production of meat burger with functional properties. Middle East Journal of Applied Sciences. 2016;6(4):1128–37.
5. Hernández-Rodríguez J. La quinua, una opción para la nutrición del paciente con diabetes mellitus. Revista Cubana de Endocrinología. 2015;26(3):304-12.
6. Vega A, Miranda M, Vergara J, Uribe E, Puente L, Martínez EA. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient andean grain: a review. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2010;90:2541–7.
7. Vega A, Zura L, Lutz M, Jagus R, Agüero MV, Pastén A, et al. Evaluación de fibra dietética, isoflavonas y compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes y antimicrobianas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Chilean journal of agricultural and animal sciences. 2018;34(1):57-67.
8. Jager M. Quinoa: a la conquista del mundo. Bogotá, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA); 2015.
9. Gómez-Pando L, Aguilar-Castellanos E. Guía de cultivo de la quinua. 2 ed. Lima, Perú: FAO - Oficina regional para la América Latina y el Caribe; 2016.
10. Graña BL, Rojas-Silva P, Rojo LE, Delatorre-Herrera J, Baldeón ME, Raskin I. Innovations in health value and functional food development of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2015;14(4):431-45.
11. Moher D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, Shekelle P, Stewart LA. Ítems de referencia para publicar Protocolos de Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis: Declaración PRISMA-P 2015. Revista Española de Nutrición Humana y Dietética. 2016; 20(2): 148-160
12. Fuentes FF, Maughan PJ, Jellen ER. Diversidad genética y recursos genéticos para el mejoramiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Revista geográfica de Valparaíso. 2009;42:20-33.
13. Bhargava A, Srivastava S. Quinoa: Botany, Production and Uses. Oxfordshire, Reino Unido: CABI; 2013.
14. Morillo-Coronado AC, Castro-Roberto MA, Morillo-Coronado Y. Caracterización de la diversidad fenotípica de una colección de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 2017;15(2):49–56.
15. Dizes J, Bonifacio A, editors. Estudio en microscopía electrónica de la morfología de los órganos de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y de la canihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en relación con la resistencia a la sequía. VII congreso internacional sobre cultivos andinos; 1991; La Paz, Bolivia.
16. Rojas W. Multivariate analysis of genetic diversity of Bolivian quinoa germplasm. Food Reviews International. 2006;19(2):9-23.
17. Jacobsen SE, Mujica A, Jensen CR. The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. Food Reviews International. 2003;19(2):99-109.
18. Martínez A, Veas E, Jorquera C, San Martín R, Jara P. Re-introduction of quinoa into arid Chile: Cultivation of two lowland races under extremely low irrigation. Journal of Agronomy and Crop Science. 2009;195:1-10.
19. Bonifacio A, Aroni G, Villca M. Catálogo etnobotánico de la Quinoa Real. 2 ed. Cochabamba, Bolivia: PROINPA; 2012.
20. Romo S, Rosero A, Forero CL, Cerón E. Potencial nutricional de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa* W) variedad piartal en los Andes colombianos: primera parte.

- Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2006;4(1):112-25.
21. Tuisima-Coral LL, Fernandez-Cusimamani E. An andean ancient crop, chenopodium quinoa willd: A review. *Agricultura Tropica et Subtropica*. 2014;47(4):142-6.
22. Repo-Carrasco R, Espinoza C, Jacobsen SE. Nutritional value and use of the andean crops quinoa (*chenopodium quinoa*) and kañiwa (*chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*. 2003;19(1):179–89.
23. Ahamed NT, Singhal RS, Kulkarini PR, Pal M. A lesser-known grain, che-nopodium quinoa: Review of the chemical composition of its edible parts. *Food and Nutrition Bulletin*. 1998;19(1):61-70.
24. Lamothe LM, Srichuwong S, Reuhs BL, Hamaker BR. Quinoa (*chenopodium quinoa* w.) and amaranth (*amaranthus caudatus* l.) provide dietary fibres high in pectic substances and xyloglucans. *Food and Nutrition Bulletin*. 2015;167:490-6.
25. Abugoch-James LE. Quinoa (*chenopodium quinoa* willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in Food and Nutrition Research*. 2015;58:1-31.
26. Mota C, Santos M, Mauro R, Samman N, Matos AS, Torres D, et al. Protein content and amino acids profile of pseudocereals. *Food Chemistry*. 2016;193:55-61.
27. Bhargava A, Shukla S, Ohri D. *Chenopodium quinoa* —an indian perspective. *Industrial Crops and Products*. 2006;23(1):73-87.
28. García-Salcedo AJ, Torres-Vargas OL, Ariza-Calderón H. Physical-chemical characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) and chia (*Salvia hispanica* L.) flours and seeds. *Acta Agronómica*. 2018;67(2):215-22.
29. Repo-Carrasco R, Serna LA. Quinoa (*chenopodium quinoa* willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 2011;31(1):225-30.
30. Lattimer JM, Haub MD. Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients*. 2006;2(12):1266–89.
31. Slavin J. Fiber and prebiotics: Mechanisms and health benefits. *Nutrients*. 2013;5(4):1417–35.
32. Matsuo M. In vivo antioxidant activity of methanol extract from quinoa fermented with *Rhizopus oligosporus* *Journal of Nutrition Science and Vitaminology*. 2005;51(6):449-52.
33. Kusirin W, Jaikang C, Chaiyasut C, Narongchai P. Effect of polyphenolic compounds from *Solanum torvum* on plasma lipid peroxidation, superoxide anion and cytochrome P450 2E1 in human liver microsomes. *Medicinal Chemistry*. 2009;5(6):583-8.
34. Hirose Y, Fujita T, Ishii T, Ueno N. Antioxidative properties and flavonoid composition of *chenopodium quinoa* seeds cultivated in japan. *Food Chemistry*. 2010;119:1300-6.
35. Gawlik-Dziki U, Swieca M, Sułkowski M, Dziki D, Baraniak B, Czyz J. Antioxidant and anticancer activities of *chenopodium quinoa* leaves extracts –in vitro study. *Food and Chemical Toxicology*. 2013;57:154-60.
36. Gómez-Caravaca AM, Iafelice G, Verardo V, Marconi E, Caboni MF. Influence of pearling process on phenolic and saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*. 2014;157:174-8.
37. Gianna V, Montes JM, Calandri EL, Guzmán CA. Impact of several variables on the microwave extraction of *Chenopodium quinoa* Willd saponins. *International Journal of Food Science and Technology*. 2012;47(8):1593-7.
38. Ahumada A, Ortega A, Chito D, Benítez R. Saponinas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): un subproducto con alto potencial biológico. *Revista Colombiade*

Ciencias Químicas Farmacéuticas
2016;45(3):438-69.

39. Pasko P, Zagrodzki P, Barton H, Chlopicka J, Gorinstein S. Effect of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa*) in diet on some biochemical parameters and essential elements in blood of high fructose-fed rats *Plant Foods for Human Nutrition*. 2010;65(4):333-8.

40. Campos-Navarro R. Historia sobre el empacho en Bolivia (1612-2007). *Revista de la Sociedad Boliviana de Pediatría*. 2009;48(2):77-84.

41. Abellán-Ruiz MS, Barnuevo-Espinosa MD, García-Santamaría C, Contreras-Fernández CJ, Aldegue-García M, Soto-Méndez F, et al. Efecto del consumo de quinoa (*Chenopodium quinoa*) como coadyuvante en la intervención nutricional en sujetos prediabéticos. *Nutrición hospitalaria*. 2017;34(5):1163-9.

42. Montoya-Restrepo LA, Martínez Viancha L, Peralta-Ballesteros J. Análisis de variables

estratégicas para la conformación de una cadena productiva de quinua en Colombia. *Innovar*. 2005;15:103-19.

43. Pellegrini M, Lucas-González R, Sayas-Barberá E, Fernández-López J, Pérez-Álvarez JA, Viuda-Martos M. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) paste as partial fat replacer in the development of reduced fat cooked meat product type paté: effect on quality and safety. *CYTA - Journal of Food*. 2018;16(1):1079-88.

44. Jacobsen SE, Stollén O. Quinoa - morphology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe. *European Journal of Agronomy*. 1993;2(1):19-29.

45. Mora AC. Evaluación de la calidad de cocción y calidad sensorial de pasta elaborada a partir de mezclas de sémola de trigo y harina de quinua. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia; 2012.

