

VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE BETALAÍNAS, COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DURANTE EL PROCESAMIENTO DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa* W.)

Julio Mauricio Vidaurre-Ruiz^{a,b}, Gleny Días-Rojas^c, Edy Mendoza-Llamo^c, Miguel Ángel Solano-Cornejo^b

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar el contenido de compuestos fenólicos totales (CFT), flavonoides (F), pigmentos betalámicos (PB) y capacidad antioxidante de granos de quinua (*Chenopodium quinoa* W.), después del proceso de lavado, secado y cocción. Se evaluaron dos variedades de quinua (Pasankalla y Negra Collana), las cuales fueron proporcionadas por la Dirección Regional de Agricultura de Cajamarca, Perú. El contenido inicial de CFT, F y PB fue mayor en la variedad Negra Collana que en la variedad Pasankalla y el comportamiento fue similar después de todas las etapas de procesamiento, con excepción de la capacidad antioxidante, la cual se incrementó después del proceso de secado y cocción. Los PB de las dos variedades de quinuas en estudio se degradaron y difundieron en el agua de acción siguiendo una cinética de primer orden. Aunque hubo pérdidas significativas de CFT, F y PB ($p < 0,05$) después del proceso de cocción, las dos variedades de quinuas siguen siendo excelentes fuentes funcionales por su elevada capacidad antioxidante.

Palabras clave: Pigmentos de la quinua, proceso de cocción, Pasankalla, Negra Collana, compuestos bioactivos.

ABSTRACT

The aim of this research was to determine the content of total phenolic compounds (CFT), flavonoids (F), betalamic pigments (PB) and antioxidant capacity of quinoa grains (*Chenopodium quinoa* W.), after washing, drying and cooking process. Two varieties of quinoa (Pasankalla and Black Collana) were evaluated, which were provided by the Regional Department of Agriculture of Cajamarca, Peru. The initial content of CFT, F and PB was higher in the Black Collana variety than in the Pasankalla variety and the behavior was similar after all the processing stages, with the exception of the antioxidant capacity, which increased after drying and cooking process. PB, of the two varieties of quinoa under study,

^a Doctorado en Ciencia de Alimentos, Universidad Nacional Agraria La Molina, Av La Molina s/n Lima, Perú, jvidaurre@crece.uss.edu.pe

^b Escuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo, Universidad Señor de Sipán, Perú.

^c Escuela de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior, Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo, Universidad Señor de Sipán, Perú.

were degraded and diffused in the water of cooking following first order kinetics. Although there were significant losses of CFT, F and PB ($p < 0.05$) after cooking process, the two varieties of quinoa are still excellent functional sources due to their high antioxidant capacity.

Key words: Pigment of quinoa, cooking process, Pasankalla, Black Collana, bioactive compounds.

INTRODUCCIÓN

La quinua es un grano de origen andino que ha captado la atención mundial debido a sus excelentes propiedades nutricionales, funcionales y potencial aplicación farmacéutica¹⁻³. Existe un creciente interés en conocer las propiedades funcionales de este alimento, ya que es rico en compuestos fenólicos⁴. En recientes publicaciones se ha reportado la presencia de betalainas, principalmente betanina e isobetanina, en quinuas de color rojo y negro⁵ y se ha reportado que el contenido de los pigmentos betalámicos pueden variar entre 0,15 a 6,10 mg/100 g⁶.

Diversas investigaciones han estudiado el efecto de diferentes métodos de procesamiento sobre los compuestos bioactivos de los granos de quinua. Dini *et al.*⁷, reportan pérdidas entre el 31 a 64 % de los compuestos fenólicos en quinuas amargas y dulces durante el proceso de cocción por 20 minutos. Gómez-Caravaca *et al.*⁸ evaluaron la influencia del proceso del perlado en el contenido de compuestos fenólicos y saponinas, demostrando que el 30 % de abrasión es necesario para obtener quinuas dulces, con un contenido total de saponinas menor a 110 mg/100 g y con pérdidas del 21,5 % de compuestos fenólicos libres y 35,2 % de fenoles ligados. Miranda *et al.*⁹ evaluaron el impacto de diferentes temperaturas de secado en las propiedades nutricionales, contenido de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante en granos de quinuas, encontrando que las temperaturas de secado entre 60 y 80°C resultan en una notable degradación de los compuestos fenólicos totales, aunque no evidencian pérdidas significativas con respecto a la capacidad antioxidante. Sin embargo, Alvarez-Jubete *et al.*¹⁰, reportan que el proceso de germinación de la quinua da lugar a un aumento en el contenido de fenoles totales, hasta incluso, que estos se incrementan después del proceso de horneado.

También se sabe que la composición en compuestos fenólicos y pigmentos betalámicos de los granos de quinua puede diferir por factores ecológicos, agronómicos y morfológicos^{3,5,11}, por ello es necesario caracterizar quinuas provenientes de la sierra norte del país y conocer el efecto del procesamiento convencional de los granos de quinua antes de ser consumidos. Si bien es cierto que la pérdida o degradación de estos compuestos es inevitable en toda la cadena de producción, la investigación detallada sobre los efectos durante el procesamiento de los granos de quinua es necesaria para la comprensión de las posibles causas y factores que promuevan la pérdida de estos compuestos de interés, con la finalidad de encontrar medidas que se puedan tomar para reducir estas pérdidas.

Es por eso que el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del proceso de lavado, secado y cocción de dos variedades de quinuas (Pasankalla y Negra Collana), provenientes del departamento de Cajamarca, sobre el contenido de compuestos fenólicos totales, flavonoides, pigmentos betalámicos y capacidad antioxidante.

PARTE EXPERIMENTAL

Materia prima

La investigación se realizó con dos variedades de quinua (*C. quinoa*) Pasankalla (grano de color rojo) y Negra Collana (grano de color negro) sin procesar, las cuales fueron proporcionadas por la Dirección Regional de Agricultura de Cajamarca (DRAC). Los granos de quinua fueron cosechados a 3500 msnm, en el distrito de San Pablo, departamento de Cajamarca-Perú.

Reactivos e instrumentos

El DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo), ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico (Trolox) fue adquirido de Sigma-Aldrich (USA). El reactivo de Folin-Ciocalteu, persulfato de potasio, carbonato de sodio anhidro, ácido gálico, catequina y nitrato de sodio fueron adquiridos de Merck (USA). El cloruro de aluminio y etanol fueron proporcionados por el laboratorio de química de la Universidad Señor de Sipán, Lambayeque.

Las mediciones para la cuantificación de compuestos fenólicos, flavonoides y pigmentos betalámicos en los granos de quinua, fueron realizadas utilizando un espectrofotómetro (UV-VIS) (UNICO, S-2100) ajustado a las longitudes de onda apropiadas para cada ensayo. Todos los ensayos se realizaron por triplicado.

Preparación y procesamiento de las muestras

Las dos variedades de quinua, antes de ser procesadas, fueron sometidas a una inspección visual, por separado, para descartar partículas impurezas como tallos, hojas, granos extraños. Una vez limpia la materia prima, los granos de quinua fueron lavados utilizando agua destilada en una proporción 1:10 (materia prima: agua) a temperatura ambiente (con agitación) durante 20 minutos y con cuatro cambios consecutivos de agua. Luego, los granos fueron secados a 70 °C hasta obtener una humedad de 12 % y finalmente sometidos al proceso de cocción en agua en ebullición durante 30 minutos utilizando una proporción 1:6 (materia prima: agua). Durante el proceso de cocción se tomaron muestras de granos y de líquido de cocción cada cinco minutos, con la finalidad de evaluar la cinética de degradación de los pigmentos. Los granos fueron colados y enfriados a temperatura ambiente para luego ser sometidos a los análisis, posteriormente explicados en cada etapa de procesamiento.

Composición proximal

Se determinó el contenido de humedad, proteínas, grasa, fibra cruda y cenizas de acuerdo a los métodos oficiales de la AOAC¹². El contenido de carbohidratos se determinó por diferencia y todos los análisis se realizaron por triplicado.

Determinación del contenido de compuestos fenólicos totales

Para la determinación del contenido de compuestos fenólicos totales se siguió la metodología propuesta por Repo-Carrasco y Encina-Zelada¹³, con algunas modificaciones. Se colocaron 5 g de quinua (crudas, lavadas, secadas y cocidas) con 20 mL de etanol al 95 % y se tritularon. Luego, las muestras, se colectaron dentro de un matraz y se dejaron en reposo por 24 horas en refrigeración (4 °C). Después del reposo se centrifugaron por 15 min a 3000 rpm. Con una micropipeta se tomó 0,5 mL de la muestra (sobrenadante claro) y 8 mL de agua ultrapura y se mezcló. Al mismo tiempo se preparó un blanco con 0,5 mL de etanol al 95 %; se añadió 0,5 mL del reactivo Folin-Ciocalteu (Diluido en un factor de 8); se mezcló y dejó reaccionar por tres minutos y luego se añadió 1 mL de carbonato de sodio (Na₂CO₃) al 20 %. Las muestras fueron protegidas de la luz y almacenadas por 30 minutos, posteriormente, se midió la absorbancia a 725 nm. Los resultados se expresaron como mg de equivalentes de ácido gálico (EAG) por 100 g de muestra en base seca, que se deriva de la curva de calibración de referencia de ácido gálico.

Determinación del contenido de flavonoides

El contenido de flavonoides se realizó siguiendo la metodología propuesta por Dini *et al.*⁷. Se tomó 0,5 mL del extracto etanólico de las quinuas (crudas, lavadas, secas y cocidas) y se añadieron en un matraz 2 mL de agua ultrapura y 0,15 mL de solución acuosa de nitrito de sodio (NaNO₂) al 5 %. Después de 5 minutos, se añadió 0,15 mL de solución acuosa de cloruro de aluminio (AlCl₃) al 10 % y se dejó reaccionar por un minuto, luego se adicionó 1 mL de hidróxido de sodio (NaOH) 1M, se mezcló bien y se completó con agua ultrapura hasta volumen final de 5 mL. Se determinó la absorbancia de la mezcla, de color rosa, a 510 nm frente a un blanco preparado sin muestra, sólo con etanol al 95 % y los demás compuestos indicados. El contenido de flavonoides totales de los extractos se expresó como mg equivalentes de catequina (EC) por 100 g de muestras en base seca, previa preparación de la curva de calibración con catequina.

Determinación del contenido de betalainas

El contenido de betalainas en los granos de quinua (crudos, lavados, secos y cocidos) se determinó utilizando la metodología propuesta por Abderrahim *et al.*⁶, con algunas modificaciones. Se mezclaron 2,5 g de quinua con 20 mL de etanol al 95 %, se tritularon y licuaron a temperatura ambiente por cinco minutos. Luego las muestras fueron almacenadas por 24 horas en refrigeración (4 °C) en condiciones de oscuridad para su posterior análisis.

El contenido de betacianina (pigmento de color rojo) y betaxantina (pigmento de color amarillo) se determinaron midiendo la absorbancia a 537 y 479 nm, respectivamente, mediante el uso de coeficientes de extinción molar de 60.000 L mol⁻¹ cm⁻¹ para betacianinas y 48.000 L mol⁻¹ cm⁻¹ betaxantinas. El contenido total de betalainas se determinó sumando el contenido de betacianinas y betaxantinas.

Determinación de la capacidad antioxidante

Para la determinación de la capacidad antioxidante de los granos de quinua (crudos, lavados, secados y cocidos) se utilizó el método del radical DPPH, siguiendo el procedimiento propuesto por Hirose *et al.*². Se tomaron 2 mL de los extractos etanólicos de los granos de

quinua y se mezclaron con 2 mL de solución etanólica de DPPH al 0,15 mM. La mezcla se agitó vigorosamente y se dejó reposar durante 30 min en oscuridad. Después se midió la absorbancia a 517 nm frente a un blanco que contenía solamente etanol al 95 %. La actividad antioxidante se calculó utilizando la siguiente ecuación: Capacidad captadora del radical DPPH (%) = $[(A-B) / A] \times 100$.

Donde A y B son las absorbancias del control y de la muestra de reaccionada a 517 nm, respectivamente. Se preparó una curva de calibración con Trolox y la actividad antioxidante de los granos de quinua se expresó como μmol de equivalente Trolox (ET) por cada 100 g de muestra en peso fresco.

Análisis estadístico

Los resultados de CFT, F, PB y capacidad antioxidante fueron insertados en un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), donde se realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$; comparando las etapas de procesamiento y la variedad de quinua utilizada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición proximal de las muestras de quinua

Las dos variedades de granos de quinua, mostraron similar contenido en nutrientes, aunque se puede destacar un mayor contenido de proteína y fibra en la variedad Negra Collana en comparación con la variedad Pasankalla (tabla 1). El contenido de proteína fue menor al reportado por Repo-Carrasco *et al.*³ cuyo contenido promedio de proteína de diez variedades de quinua, entre ellas de color rojo, negro y amarillo, fue de 12,61 %. Este resultado puede ser explicado por el lugar donde fueron cosechados los granos de quinua, como lo demuestra en su investigación Gonzalez *et al.*¹⁴, quienes informan que existe una clara variación en el rendimiento de semillas, el contenido total de proteínas y la composición de aminoácidos entre los cultivares de diferentes regiones agroecológicas.

Tabla 1. Composición proximal de granos de quinua (g/100 g).

Variedad de quinua	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra cruda	Ceniza	Carbohidratos
Pasankalla	8,56 ± 1,2	9,39 ± 0,54	5,25 ± 0,76	1,93 ± 0,24	3,11 ± 0,10	71,76
Negra Collana	12,45 ± 0,89	10,42 ± 0,35	4,64 ± 0,85	2,59 ± 0,12	2,45 ± 0,12	67,45

Los demás componentes, como humedad, grasa, fibra cruda, ceniza y carbohidratos, fueron similares a los reportados por Miranda *et al.*¹⁵ y Repo-Carrasco *et al.*³, a excepción del contenido de grasa, el cual fue menor al encontrado por Miranda *et al.*⁴, quien trabajó con quinuas provenientes del Valle de Elqui, ciudad de La Serena, Chile.

Compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante

El contenido inicial de compuestos fenólicos totales (CFT) fue mayor en la variedad Negra Collana (142,3 mg EAG/ 100 g b.s) que en la variedad Pasankalla (108,9 mg EAG/ 100 g b.s). Este contenido fue similar al reportado por Repo-Carrasco y Encina-Zelada¹³, quienes analizaron quince variedades de quinuas provenientes del Perú, encontrando que los CFT variaron entre 35,29 a 139,94 mg EAG/ 100 g b.s. Valores más elevados han sido reportados en quinuas provenientes del altiplano peruano. Abderrahim *et al.*⁶, reportan que el contenido de CFT se encuentran en el rango de 128 a 452 EAG/100 g b.s. En diversas investigaciones se han reportado contenido de CFT menores, a los encontrados en esta investigación, por ejemplo Tang *et al.*⁵, reportan que el contenido de CFT en quinuas provenientes de Guelph en Canadá variaron entre 46,7 a 68,2 mg EAG/ 100 g b.s. En esta investigación también se reporta que el contenido de CFT se incrementó con el color de las quinuas. Miranda *et al.*⁴, reportan que el contenido de CFT de seis eco tipos de quinuas chilenas variaron entre 14,22 a 65,53 mg EAG/ 100 g b.s y Miranda *et al.*⁹ reportan valores de CFT de 28,41 mg EAG/100 g b.s en quinuas provenientes de Elqui Valley, Chile. Como se puede apreciar, el contenido de CFT en los granos de quinua es muy variable y puede estar influenciado por las condiciones agroecológicas donde se siembra¹¹.

Durante el procesamiento de los granos de quinua se evidenció una pérdida significativa de CFT después del proceso de lavado ($p < 0,05$) (figura 1A). Donde se perdió el 49 y 51 % de CFT en la variedad Negra Collana y Pasankalla, respectivamente. Esta pérdida está íntimamente ligada al elevado porcentaje de CFT libres que presenta la quinua, como ha sido reportado por Abderrahim *et al.*⁶; Laus *et al.*¹⁶ y Tang *et al.*⁵. Después del proceso de secado (figura 1A), el contenido de CFT se mantuvo estable, sin evidenciar pérdidas significativas ($p > 0,05$); este resultado contradice al expuesto por Miranda *et al.*⁹, quienes reportan pérdidas significativas, de CFT, durante el secado a temperaturas de 60, 70 y 80 °C. Pero este cambio puede depender de muchos factores, como: el tiempo de secado, la velocidad del aire, la variedad de quinua, etc. Después del proceso de cocción, se evidenció que la variedad Negra Collana retuvo mayor cantidad de compuestos fenólicos que la variedad Pasankalla ($p < 0,05$), logrando una retención del 32 y 22 % de CFT, respectivamente. Este resultado es similar al reportado por Dini *et al.*⁷, quienes evaluaron el contenido de CFT después del proceso de cocción de quinuas amargas y dulces, determinando que las quinuas amargas, retuvieron mayor cantidad de CFT que la variedad dulce (69 y 37 %, respectivamente).

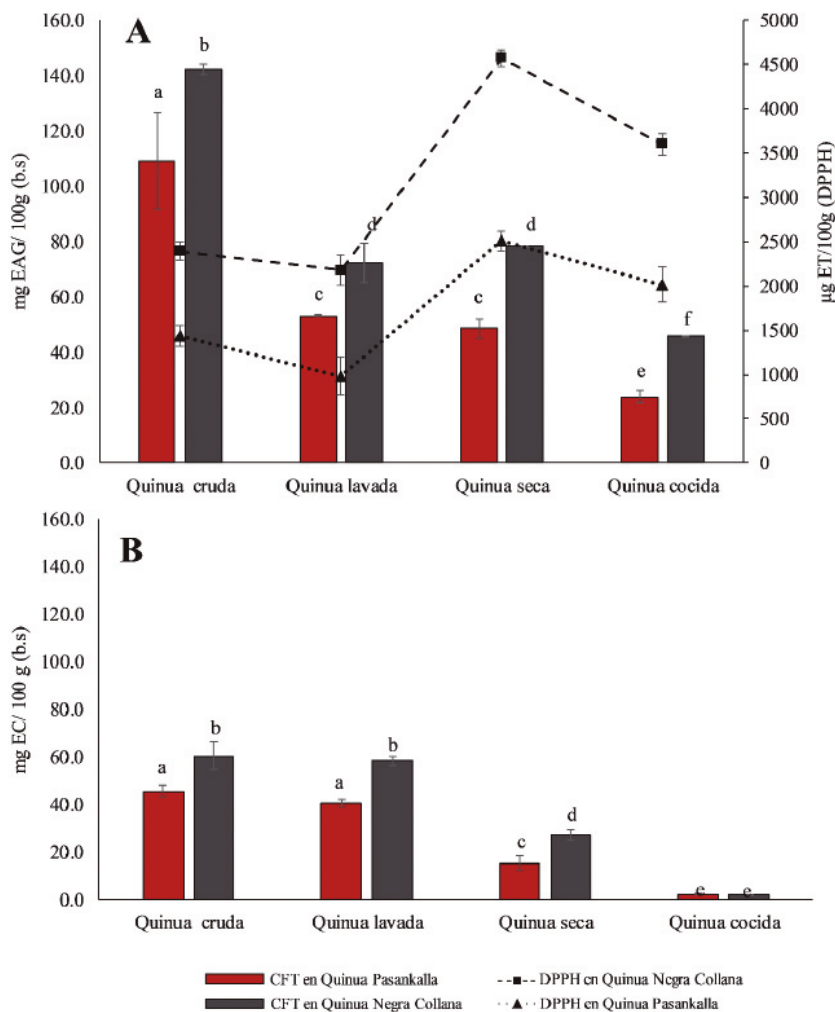


Figura 1. Efecto del procesamiento de los granos de dos variedades de quinua en el contenido de A) compuestos fenólicos totales (CFT), capacidad antioxidante (DPPH) y B) flavonoides. Las letras diferentes muestran que existe diferencias significativas ($p < 0,05$).

La figura 1A también muestra la actividad antioxidante después de las diferentes etapas de procesamiento ($p < 0,05$), donde se puede apreciar que existe un aumento después del proceso de secado y cocción para ambas variedades de quinuas, en comparación con el contenido inicial. Este fenómeno se puede atribuir a la liberación o formación de compuestos durante el secado y la cocción que tengan mayor capacidad antioxidante^{7,9}.

Con respecto al contenido de flavonoides iniciales, se evidenció diferencia significativa ($p < 0,05$) entre la variedad Pasankalla (45,67 mg EC/ 100 g b.s) y Negra Collana (60,34 mg EC/ 100 g b.s). Estos resultados fueron similares a los reportados por Repo-Carrasco *et al.*³, quienes determinaron que el contenido de flavonoides en diez variedades de quinuas peruanas varió entre 36,2 a 144,3 mg / 100 g y los flavonoides predominantes, en las muestras, fueron la quercetina y el kaempferol, mientras que en algunas variedades se encontró también miricetina e isorhamnetina. Si bien estos valores son elevados para ser grano, se ha reportado mayor contenido de flavonoides en quinuas cultivadas en Japón, las cuales tenían concentraciones de 130,1 a 190,0 mg/100 g (suma de quercetina glicosilada y kaempferol)².

Después del proceso de lavado no se evidenció pérdida significativa ($p < 0,05$), en ninguna de las variedades de quinua (figura 1B). Esto se puede deber a que los flavonoides se acumulan en las vacuolas y estas están protegidas por las células¹⁷. En cambio, después del proceso de secado y cocción, sí se evidenciaron pérdidas significativas ($p < 0,05$) para ambas variedades de quinuas (figura 1B). Estos resultados obtenidos difieren de lo reportado por Dini *et al.*⁷, quienes evidencian pérdidas del 55 a 78 % de flavonoides, en cambio en esta investigación encontramos pérdidas entre 80 a 95 %. Esto se puede deber al tipo de flavonoide que presentan estas variedades de quinuas, lo cual nos invita a desarrollar investigación más detallada sobre estos compuestos.

Contenido de pigmentos betalámicos

El contenido de pigmentos betalámicos (betacianinas, betaxantinas y betalaínas) fue ligeramente mayor en la variedad Negra Collana (0,17 mg/ 100 g) (figura 2B) comparado con la variedad Pasankalla (0,13 mg/100 g) (figura 2A). No se evidenciaron pérdidas significativas de los pigmentos después del proceso de lavado y secado ($p > 0,05$) pero sí después del proceso de cocción, logrando un contenido final entre 0,04 y 0,06 mg/ 100 g de betalaínas.

Durante el proceso de cocción la pérdida de betalaínas en los granos de quinua Pasankalla y Negra Collana siguieron una cinética de primer orden ($n=1$). Estos resultados concuerdan con investigaciones anteriores las cuales reportan que los pigmentos betalámicos se degradan siguiendo una cinética de primer orden y que son sensibles a diversos factores como luz, temperatura y tiempo de almacenamiento^{18,19}.

La ganancia de betalaínas en el agua de cocción de las dos variedades de quinuas siguieron una cinética de primer orden; aunque la constante de velocidad de ganancia de betalaínas en el agua de cocción de la variedad Pasankalla (0.0243 min^{-1}) fue mayor que de la variedad Negra Collana (0.0142 min^{-1}). Dando como resultado visual una mayor pigmentación en el líquido de cocción en la variedad Pasankalla.

Recientemente se ha reportado que el contenido de betalaínas en granos de quinuas puede variar entre 0,15 – 6,10 mg/ 100 g, expresados como la suma de betacianinas y betaxantinas⁶, pero una de las posibles causas del menor contenido de betalaínas en esta investigación se puede deber al proceso de extracción, el cual se debería optimizar con la finalidad de tener resultados más concretos y concluyentes.

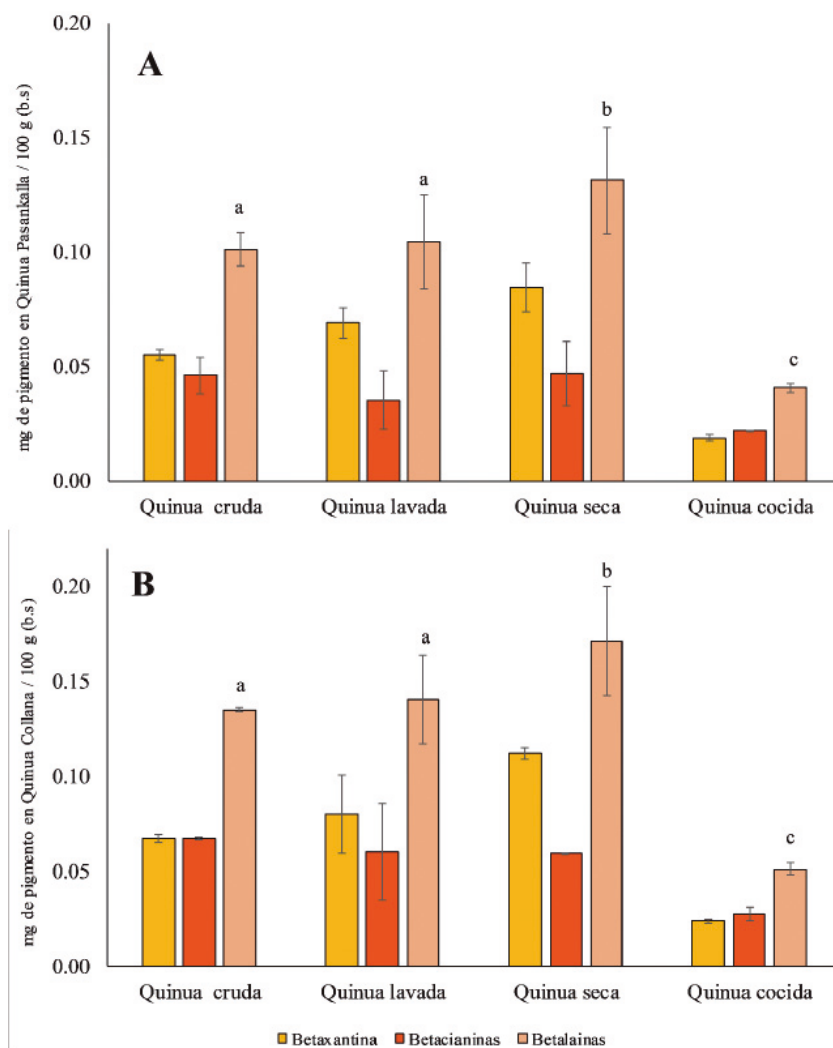


Figura 2. Efecto del procesamiento de la variedad A) Pasankalla y B) Negra Collana en el contenido de betaxantinas, betacianinas y betalainas. Las letras diferentes muestran que existe diferencias significativas ($p < 0,05$).

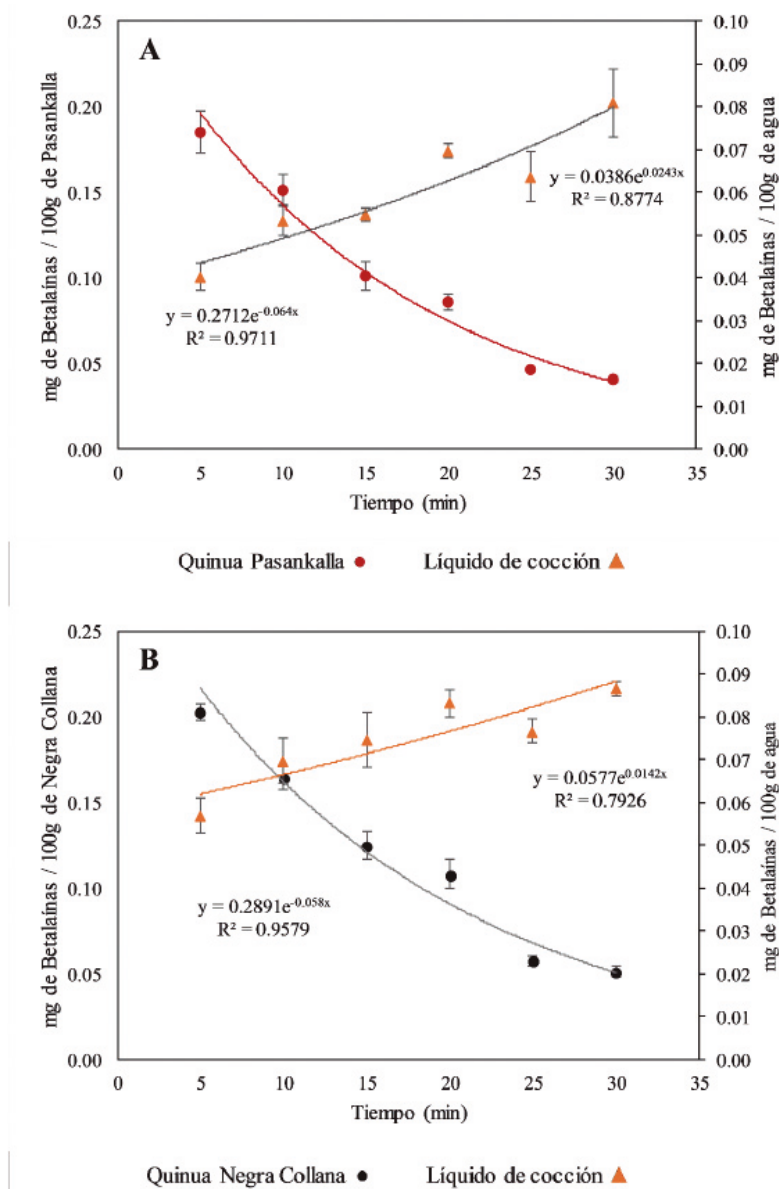


Figura 3. Cinética de pérdida y ganancia de betalainas durante el proceso de cocción de quinua Pasankalla (A) y quinua Negra Collana (B).

CONCLUSIONES

El creciente interés por el consumo de los granos andinos como la quinua, no sólo se centra en su importante contenido de aminoácidos sino también porque es fuente de compuestos bioactivos que pueden tener efectos beneficiosos para la salud. La presente investigación demuestra que las quinuas provenientes del departamento de Cajamarca son ricas en compuestos fenólicos como los flavonoides y pigmentos como las betalainas. Si bien después de los procesos como lavado, secado y cocción algunos compuestos bioactivos, de las variedades Negra Collana y Pasankalla, disminuyen significativamente, también se pueden formar otros compuestos con mayor capacidad antioxidante. En esta investigación también se demostró que las variedades de quinuas en estudio son fuentes de pigmentos betalámicos, los cuales se pueden degradar y difundir en el agua durante el proceso de cocción siguiendo una cinética de primer orden. Por ello el consumo de ambas variedades es interesante como fuente natural de compuestos bioactivos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección Regional de Agricultura (DRAC) del departamento de Cajamarca, por proporcionar las materias primas de estudio. Así como también al personal de laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo y Laboratorio de Microbiología de Facultad de Medicina de la Universidad Señor de Sipán.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gawlik-Dziki U, Świeca M, Sułkowski M, Dziki D, Baraniak B, Czyz J. Antioxidant and anticancer activities of *Chenopodium quinoa* leaves extracts - In vitro study. *Food Chem Toxicol.* 2013; 57: 154–160.
2. Hirose Y, Fujita T, Ishii T, Ueno N. Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan. *Food Chem.* 2010; 119(4) :1300–1306.
3. Repo-Carrasco R, Hellström JK, Pihlava JM, Mattila PH. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chem.* 2010; 120(1): 128–33.
4. Miranda M, Vega-Gálvez A, Uribe E, López J, Martínez E, Rodríguez MJ, et al. Physico-chemical analysis, antioxidant capacity and vitamins of six ecotypes of chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Procedia Food Sci.* 2011; 1: 1439–1446.
5. Tang Y, Li X, Zhang B, Chen PX, Liu R, Tsao R. Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chem.* 2015; 166: 380–388.
6. Abderrahim F, Huanatico E, Segura R, Arribas S, Gonzalez MC, Condezo-Hoyos L. Physical features, phenolic compounds, betalains and total antioxidant capacity of

- coloured quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) from Peruvian Altiplano. Food Chem. 2015; 183: 83–90.
7. Dini I, Tenore GC, Dini A. Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. LWT - Food Sci Technol. 2010; 43(3): 447–451.
 8. 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 Chem. 2014; 157: 174–178.
 9. Miranda M, Vega-Gálvez A, López J, Parada G, Sanders M, Aranda M, et al. Impact of air-drying temperature on nutritional properties, total phenolic content and antioxidant capacity of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.). Ind Crops Prod. 2010; 32(3): 258–263.
 10. Alvarez-Jubete L, Wijngaard H, Arendt EK, Gallagher E. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. Food Chem. 2010; 119(2): 770–778.
 11. Fischer S, Wilckens R, Jara J, Aranda M. Variation in antioxidant capacity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Will) subjected to drought stress. Ind Crops Prod. 2013; 46: 341–349.
 12. AOAC. Official methods of analysis. 17th ed. Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists; 2000.
 13. Repo-Carrasco R, Encina Zelada CR. Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y Kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Rev Soc Quím Perú. 2008; 74(2): 85–99.
 14. Gonzalez JA, Konishi Y, Bruno M, Valoy M, Prado FE. Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivars from two different agroecological regions. J Sci Food Agric. 2012; 92(6): 1222–1229.
 15. Miranda M, Vega-gálvez A, Martínez E a, López J, Marín R, Aranda M, et al. Influence of contrasting environments on seed composition of two quinoa genotypes : nutritional and functional properties. Chil J Agric re. 2013; 73(2):108-116.
 16. Laus MN, Gagliardi A, Soccio M, Flagella Z, Pastore D. Antioxidant Activity of Free and Bound Compounds in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Seeds in Comparison with Durum Wheat and Emmer. J Food Sci. 2012; 77(11): 1150-1155.
 17. Dewanto V, Xianzhong W, Adom KK, Liu RH. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. J Agric Food Chem. 2002; 50(10): 3010–3014.
 18. Díaz-Rojas G, Mendoza-Llamo E, Vidaurre-Ruiz J. Cinética de la degradación de betalainas y fenoles totales durante la coccion de la quinua (*Chenopodium quinoa*). Rev Ing Ciencia, ecnología e Innovación. 2015; 2(2): 85–95.
 19. Sánchez-Chávez W, Cortez-Arredondo J, Solano-Cornejo M, Vidaurre-Ruiz J. Cinética de degradación térmica de betacianinas, betaxantinas y vitamina C en una bebida a base de jugo de remolacha (*Beta vulgaris* L.) y miel de abeja. Sci Agropecu. 2015; 6(2): 111–118.