

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y COMPUESTOS BIOACTIVOS DE TREINTA ACCESIONES DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus* L.)

Ruth Chamorro Gómez^{*a}, Ritva Repo Carrasco^b, Karina Ccaca Ramírez^c,
Fredy Quispe Jacobo^c

RESUMEN

En la presente investigación se evaluaron la composición química y los compuestos bioactivos de 30 accesiones de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). La fibra dietaria total (FDT) se encontró entre 7,50 a 14,12 %, los compuestos fenólicos totales entre 51,34 y 75,69 mg GAE/100 g de muestra, los flavonoides totales entre 12,65 a 36,58 mg CE/100 g de muestra. La evaluación de amilosa utilizando como dispersante NaOH y DMSO presentaron resultados con correlación significativa ($r^2 = 0,883$). Se encontraron diferencias estadísticas para todos los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en todas las kiwichas evaluadas. Los análisis estadísticos de correlación de compuestos fenólicos totales con actividad antioxidante de acuerdo al radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) y 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico) (ABTS) muestran coeficientes de correlación significativas 0,610 y 0,714, respectivamente. El coeficiente de correlación entre la capacidad antioxidante con el radical DPPH y ABTS fue 0,823.

Palabras clave: ABTS, amilosa, betalainas, DPPH, fibra dietaria, flavonoides

CHEMICAL COMPOSITION AND BIOACTIVE COMPOUNDS OF THIRTY ACCESSIONS OF KIWICHA (*Amaranthus caudatus* L.)

ABSTRACT

In the present investigation the chemical composition and bioactive compounds of grains of 30 accessions of kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) were evaluated. The total dietary fiber (TDF) was found between 7.50 to 14.12 %, the total phenolic compounds between 51.34 to 75.69 mg GAE/100 g sample, total flavonoids between 12.65 and 36.58 mg CE/100 g of sample. The amylose evaluations using NaOH and DMSO as dispersants showed significant correlation between the results ($r^2 = 0.883$). Statistical differences were found for all the bioactive compounds and antioxidant capacity in all the kiwichas evaluated. Statistical analysis of correlation of total phenolic compounds with antioxidant capacity according to the radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azinobis (3-

^{*a} Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Av. s/n Universitaria, Huánuco, Perú. rchamorro@unheval.edu.pe

^b Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina s/n, La Molina, Lima, Perú.

^c Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA. Av. La Molina 1981 Lima, Perú

ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) showed significant correlation coefficients 0.610 and 0.714 respectively. The correlation coefficient between the antioxidant capacity with the DPPH and ABTS radical was 0.823.

Key words: ABTS, amylose, betalains, DPPH, dietary fiber, flavonoids

INTRODUCCIÓN

Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) conocido como amaranto, se consumió desde la época precolombina en América del Sur hace miles de años, antes de la incorporación del maíz y la papa en la dieta andina¹.

Actualmente, este grano andino se revalora por sus propiedades nutricionales y beneficios en la salud al ser consumido como un cereal integral, que crece en condiciones adversas². Estudios recientes destacan su contenido elevado de proteínas ricas en lisina, metionina y cisteína, así como ácidos grasos insaturados, fibra y minerales². Los carbohidratos se encuentran entre 55,5 a 71,5 %¹.

El conocimiento de la kiwicha como fuente de fitoquímicos se constituye en una fuente potencial de estos compuestos en la dieta humana³. Los polifenoles son micronutrientes abundantes en nuestra dieta, a los que se atribuye su rol en la prevención de enfermedades degenerativas tal como cáncer y problemas cardiovasculares, los efectos benéficos de los polifenoles dependen de la cantidad consumida y de su biodisponibilidad⁴.

Las betalainas son un grupo de aproximadamente 70 pigmentos hidrosolubles, con estructuras de glucósidos, derivados de la 1,7-diazoheptametina y que se han dividido en dos grandes clases: los rojos o betacianinas y los amarillos o betaxantina (figura 1). Un grupo de pigmentos de betalainas tipo betacianinas fueron reportados en la familia *Amaranthaceae*, las cuales poseen capacidad antioxidante⁵.

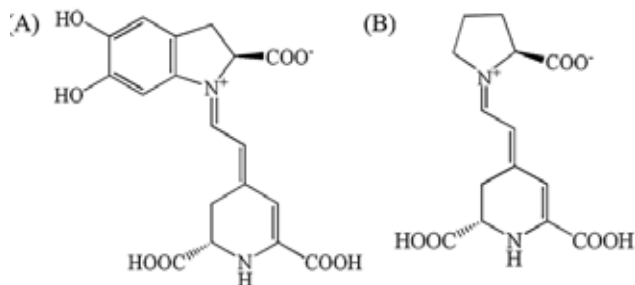


Figura 1. Estructura química de (A) betanidina, una betacianina más común y (B) indicaxantina, una betaxantina⁵.

La actividad antioxidante de las semillas de kiwicha, evaluada según el método DPPH, en la variedad Centenario presenta 410,0 $\mu\text{mol trolox/g}$ y en la variedad Oscar Blanco 398,1 $\mu\text{mol trolox/g}$, mientras que por el método con ABTS valores más altos fueron registrados, 670,1 $\mu\text{mol trolox/g}$ en Oscar Blanco y 827,6 $\mu\text{mol trolox/g}$ en la variedad Centenario⁶. Investigaciones anteriores reportan actividad antioxidante de compuestos fenólicos totales, flavonoides totales y betalainas en granos de kiwicha^{3,6}.

El consumo de granos andinos aporta fibra a nuestra dieta y ayuda a prevenir las enfermedades cardiovasculares, la fibra insoluble tiene la capacidad de unir las sales biliares en el lumen intestinal, disminuyendo su reabsorción y favoreciendo su eliminación en las deposiciones; para compensar esta pérdida, el hígado resintetiza sales biliares a partir del colesterol del organismo, fenómeno que contribuye a disminuir la colesterolemia. Se ha demostrado que los alimentos ricos en fibra dietética tienden a ser una fuente rica de vitaminas, minerales, fitoquímicos, antioxidantes naturales y otros micronutrientes⁶. Los objetivos de la presente investigación fueron evaluar la composición química de 30 accesiones de kiwicha y determinar el contenido de algunos compuestos bioactivos, como fibra dietaria, fenólicos totales, flavonoides totales y betalainas de 30 accesiones de kiwicha.

PARTE EXPERIMENTAL

Materiales y reactivos

30 accesiones de kiwicha de la Estación Experimental Baños del Inca de Cajamarca, Perú, se evaluaron en esta investigación. Los códigos PER de las muestras fueron: PER 002354, PER 002355, PER 002356, PER 002357, PER 002358, PER 002359, PER 002360, PER 002363, PER 002365, PER 002366, PER 002367, PER 002368, PER 002369, PER 002370, PER 002377, PER 002378, PER 002379, PER 002381, PER 002380, PER 002422, PER 002442, PER 002443, PER 002456, PER 002457, PER 002458, PER 002459, PER 002460, PER 002461, PER 002462 y PER 002463. En los análisis se usaron reactivos de las marcas Merck y Sigma Chemical Co, grado analítico.

Métodos

Composición química. Los contenidos de humedad, ceniza, proteína (factor de conversión 6,25), lípidos y fibra cruda fueron determinados según AOAC⁷. Los carbohidratos se obtuvieron por diferencia.

Almidón. La determinación de almidón se realizó según Pérez *et al.*⁸. Los granos de kiwicha se pesaron en tubos de centrifuga de 50 mL ($2,0 \pm 0,5$ g) y se remojaron con agua destilada, toda la noche. Después del tiempo indicado se realizó la molienda por 10 min en una licuadora, y el material triturado se tamizó sobre malla N° 200 (75 μm). La obtenida se centrifugó a 5000 rpm por 5 min. Se procedió a estandarizar el pH = 7. Luego se centrifugó a 5000 rpm por 5 min, se repitió este procedimiento luego de adicionar etanol a 78° y agua destilada. El sedimentado se secó en una estufa a 40 °C hasta peso constante (~48 horas).

Amilosa y Amilopectina

Hidróxido de sodio (NaOH). La determinación de la amilosa se realizó según Sené *et al.*⁹. Se pesó 25 mg de almidón en un tubo de prueba de 13 x 100 mm con tapa roscada y cubierta de teflón. Se incorporó 0,25 mL de etanol 95° y mezcló. Seguidamente se adicionó 2,25 mL de hidróxido de sodio 1 molar, se tapó y mezcló. Se calentó en baño de ebullición por 10 min. Se dejó reposar toda la noche. Entonces se transfirió a una fiola de 25 mL y se agitó vigorosamente. Para la reacción en un tubo de prueba se incorporó 4 mL de agua destilada y se midió 0,5 mL de la muestra. Se adicionó 1 mL de ácido acético 1 molar y se agitó inmediatamente para adicionar 0,2 mL de solución de yodo (0,2 g de yodo/2 g yoduro de potasio en 100 mL), seguidamente se adicionó 4,3 mL de agua destilada, se agitó y se dejó reposar por 20 min en la oscuridad. Se ajustó el espectrofotómetro UV-Vis con el blanco hasta leer cero a 620 nm y se leyó las soluciones estándar y muestras desconocidas.

Dimetil sulfóxido (DMSO). La determinación de amilosa se realizó según Hoover y Ratnayake¹⁰. En un vaso precipitado de 10 mL, se pesó 20 mg de almidón y agregó 8 mL de DMSO al 90 %. Esto se ubicó en un agitador magnético con temperatura y agitó vigorosamente. Cuando alcanzó los 85 °C se controló 15 min. Al término se dejó enfriar el vaso precipitado a temperatura ambiente y diluyó con agua destilada en una fiola volumétrica de 25 mL. En una fiola de 50 mL, se tomó una alícuota de la solución diluida (1 mL). Se añadió 5 mL de la solución de yodo (2 g de yoduro de potasio/0,2 g de yodo molecular, se enrazó a 500 mL). Pronto se enrazó la fiola con agua destilada, mezcló y dejó en reposo durante 15 min en oscuridad (a temperatura ambiente). Se ajustó el espectrofotómetro con el blanco hasta leer cero a 600 nm y se leyó las soluciones estándar y muestras desconocidas.

Azúcares reductores. Se evaluó según Najmus y Whitney¹¹; 0,2 mL del extracto acuoso de las muestras se mezclaron con 0,8 mL de la solución ácido dinitrosalicílico (30 g de tartrato de sodio y potasio, 10 g de ácido dinitrosalicílico y 16 g de hidróxido de sodio fueron enrazados en 1000 mL) se agitó y se dejó en baño María por 15 min (~100 °C) la muestra fue enfriada inmediatamente en baño de hielo y se agregaron 5 mL de agua destilada para su evaluación. Al finalizar se midieron las absorbancias a 540 nm frente a un blanco en el espectrofotómetro UV-Vis. El contenido de azúcares reductores se obtuvo a partir de una curva de calibración de glucosa y expresados como equivalentes mg de glucosa/100 g en base seca (bs). Se realizó la curva de calibración de glucosa entre los 250 y 2200 mg/L ($r^2 = 0,999$; $y = 0,0002x - 0,0247$).

Compuestos bioactivos

Fibra dietaria. Se evaluó según el método de la AACC¹². Para esto, se pesó 1000 mg de la muestra en un vaso de precipitado de 250 mL (por cuadruplicado) se adicionó 40 mL de solución buffer MES-TRIS (19,52 g de 2 (*N*-morfolino) ácido etanosulfónico (MES) y 14,2 g de tris (hidroximetil) aminometano (TRIS) en 2 L de agua destilada, se ajustó el pH a 8,2 con NaOH, 6 N), seguido se llevó a cabo una digestión enzimática utilizando α -amilosa termoestable (50 μ L a ~100 °C), proteasa (100 μ L a 60 °C) y amiloglucosidasa (200 μ L a 60 °C) para degradar el almidón y las proteínas presentes. El hidrolizado se filtró y el residuo se lavó con 10 mL de: agua destilada a 70 °C, etanol de 95° y acetona, luego fue secado y pesado (FDI). El filtrado (FDS) se precipitó con (cuatro volúmenes) etanol de 95° a 60 °C, por ~60

min. Transcurrido el tiempo se lavó con 15 mL de alcohol de 78°, 95° y acetona, luego se filtró, secó y pesó. A los valores se les restó el contenido de proteína, ceniza y blanco. La fibra dietaria total (FDT) se obtuvo de la suma de la FDI y FDS.

Preparación de la muestra para fenólicos totales, flavonoides totales, capacidad antioxidante y azúcares reductores. La muestra se preparó según Hirose *et al.*¹³. Se pesó 100 mg de la muestra homogenizada directamente en el tubo de centrifuga de 13 mL con tapa, se adicionó 10 mL de etanol:agua destilada (1:1), se agitó y maceró toda la noche (4 °C). Trascurrido el tiempo, el extracto crudo se filtró a través de un filtro de membrana de 0,45 µm y almacenó a -20 °C hasta su posterior análisis.

Fenólicos totales. Se utilizó el método adaptado de Hirose *et al.*¹³. A 3 mL de agua destilada se agregó 1 mL del extracto. Y se mezcló en un agitador tipo vórtex. Luego se añadió 1 mL de reactivo del fenol según Folin-Ciocalteu (1:4). Se homogenizó y finalmente se agregó 1 mL de carbonato de sodio al 10 %. Se mezcló las soluciones por 1 hora, en oscuridad y al término del tiempo indicado se leyó las absorbancias en el espectrofotómetro UV-Vis a 760 nm. El contenido de compuestos fenólicos totales se expresó como mg equivalentes de ácido gálico (GAE)/100 g en base seca. Se realizó la curva de calibración del ácido gálico entre 4 y 40 mg/L ($r^2 = 0,999$; $y = 0,0166x$).

Flavonoides totales. Se determinaron según Dini *et al.*¹⁴. 0,5 mL de extracto se añadió a un tubo de prueba de 10 mL conteniendo 2 mL de agua destilada a tiempo cero, se añadieron 0,15 mL de nitrito de sodio acuoso (5 g/100 mL). Después de 5 min, se añadieron 0,15 mL de una solución acuosa de cloruro de aluminio (10 g/100 mL). A los 6 min, se añadió 1 mL de hidróxido de sodio 1 molar a la mezcla. Inmediatamente se diluyó al volumen con la adición de 1,2 mL de agua destilada y se agitó hasta que la solución estuvo completamente mezclada. La absorbancia se midió a 510 nm en el espectrofotómetro UV-Vis frente a un blanco que fue preparado con agua destilada. Los contenidos de flavonoides totales en los extractos se expresaron como mg equivalentes de catequina (CE)/100 g en base seca. Se realizó la curva de calibración de catequina entre los 10 y 80 mg/L ($r^2 = 0,998$; $y = 0,0039x$).

Betalainas. Para la determinación de betalainas, se siguió la metodología de Von Elbe¹⁴. Se realizó la extracción de las betalainas de 200 mg de muestra homogenizada con 10 mL de buffer fosfato a pH 6,5 (4/9,4 (v/v) 8,863 g/L Na_2HPO_4 /6,773 g/L KH_2PO_4) bajo agitación constante a una velocidad media durante 2 horas en oscuridad (a temperatura ambiente). Finalizado el tiempo señalado se centrifugó a 13000 rpm durante 30 min a 4 °C. Se ajustó el espectrofotómetro con el blanco hasta leer cero a 476, 538 y 600 nm y se procedió a leer las absorbancias de las muestras desconocidas. La determinación de betacianinas y betaxantinas resultó de reemplazar los valores de absorbancia en las expresiones: $x = 1,095 (a - c)$, $y = b - z - x/3$, 1 y $z = a - x$; donde: a = absorbancia a 538 nm, b = absorbancia a 476 nm, c = absorbancia a 600 nm, x = absorbancia debido a betacianina, y = absorbancia debido a betaxantinas, y z = absorbancia debido a impurezas.

Capacidad antioxidante con DPPH. Se determinó según Hirose *et al.*¹³; 0,3 mL de extracto se mezcló con 2,7 mL de solución de DPPH (0,07 mM). La mezcla se agitó vigorosamente y se dejó reposar durante 30 min en oscuridad, la absorbancia se midió a 517 nm en el espectrofotómetro frente a un blanco. La actividad antioxidante en los extractos se expresó como equivalentes trolox (μmol)/100 g en base seca. Se realizó la curva de calibración de trolox entre los 5 y 47 mg/L ($r^2 = 0,999$; $y = 0,0008x$).

Capacidad antioxidante con ABTS. Se siguió la metodología según Re *et al.*¹⁵ se tomó 0,3 mL de extracto y se mezcló con 3 mL de solución de ABTS (se disolvió ABTS en agua destilada hasta una concentración de 7 mM; el radical catión ABTS fue producido haciendo reaccionar la solución de ABTS con 2,45 mM de persulfato de potasio y dejando permanecer la mezcla en oscuridad a temperatura ambiente durante 12 a 16 horas antes del uso. Debido a que el ABTS y el persulfato de potasio reaccionan estequiométricamente en una proporción de 1:0,5; la absorbancia fue ajustada con etanol a $0,70 \pm 0,02$ a 734 nm). La mezcla se agitó vigorosamente y se dejó reposar durante 6 min en la oscuridad, la absorbancia se midió a 734 nm en el espectrofotómetro UV-Vis frente a un blanco. La actividad antioxidante en los extractos se expresó como equivalentes trolox (μmol)/100 g en base seca. Se realizó la curva de calibración de trolox entre los 5 y 47 mg/L ($r^2 = 0,999$; $y = 0,0103x$).

Análisis estadístico. Los análisis fueron realizados por triplicado en su mayoría y los resultados se expresaron como medias y su desviación estándar. Los resultados fueron evaluados mediante análisis de varianza (ANVA) y Kruskal-Wallis, según las diferencias entre las accesiones, se consideraron significativas sus diferencias en $p \leq 0,05$. Adicionalmente, se realizaron pruebas de significancias según Tukey a $p \leq 0,05$. Para establecer la relación entre las diferentes variables se utilizó la correlación No paramétrica de Spearman bivariada a un nivel de significancia de 0,05 y 0,01. Los análisis estadísticos se realizaron en el programa estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 20.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la composición química mostraron diferencias significativas en $p \leq 0,05$ entre 30 diferentes accesiones de kiwicha, tabla 1.

Tabla 1. Resultados de la composición química de las accesiones de kiwicha.

Código Nacional	Humedad (%)	Ceniza (% bs)	Lípidos (% bs)	Proteína (% bs)	Fibra cruda (% bs)	Carbohidratos (% bs)
PER 002354	11,30 ± 0,07 ^{abdfg}	1,96 ± 0,03 ^a	8,13 ± 0,11 ^{fg}	15,28 ± 0,02 ^{cdgh}	2,08 ± 0,02 ^{cdilm}	74,63 ± 0,08 ^{abc}
PER 002355	10,64 ± 0,07 ^{gh}	2,13 ± 0,05 ^{bc}	8,72 ± 0,02 ^{bcdef}	15,14 ± 0,08 ^{gh}	2,75 ± 0,05 ^{bc}	74,01 ± 0,08 ^{cdefghij}
PER 002356	11,30 ± 0,00 ^{abdefg}	2,52 ± 0,02 ^{ghij}	8,12 ± 0,09 ^{fg}	16,35 ± 0,16 ^{ab}	2,34 ± 0,05 ^{gh}	73,01 ± 0,06 ^k
PER 002357	11,07 ± 0,08 ^{fg}	2,15 ± 0,04 ^{bc}	8,38 ± 0,03 ^{def}	14,41 ± 0,04 ^{ij}	1,90 ± 0,00 ^{mn}	75,06 ± 0,10 ^{ab}
PER 002358	11,08 ± 0,12 ^{fg}	2,64 ± 0,00 ^{gh}	7,91 ± 0,06 ^{gh}	15,94 ± 0,14 ^{abcd}	2,56 ± 0,04 ^{cd}	73,52 ± 0,20 ^{efghijk}
PER 002359	11,07 ± 0,01 ^{fg}	2,50 ± 0,04 ^{ghik}	8,20 ± 0,13 ^{efg}	15,16 ± 0,12 ^{gh}	2,31 ± 0,04 ^{gh}	74,13 ± 0,21 ^{cd}
PER 002360	10,67 ± 0,17 ^{ghk}	2,72 ± 0,05 ^{cd}	7,89 ± 0,04 ^{gh}	15,16 ± 0,11 ^{gh}	1,97 ± 0,01 ^{klmn}	74,24 ± 0,05 ^{cd}
PER 002363	10,27 ± 0,09 ^f	2,85 ± 0,07 ^c	8,84 ± 0,11 ^{bc}	14,13 ± 0,15 ^f	2,10 ± 0,01 ^{ghilm}	74,19 ± 0,25 ^{cd}
PER 002365	10,73 ± 0,04 ^{hi}	2,77 ± 0,01 ^{cd}	8,54 ± 0,05 ^{cd}	15,38 ± 0,12 ^{def}	2,27 ± 0,04 ^{gh}	73,31 ± 0,12 ^{hijk}
PER 002366	10,70 ± 0,01 ^g	2,37 ± 0,07 ^{klm}	8,44 ± 0,16 ^{def}	15,62 ± 0,03 ^{bcdefg}	2,07 ± 0,03 ^{klm}	73,57 ± 0,19 ^{defghijk}
PER 002367	11,49 ± 0,00 ^{bcd}	2,33 ± 0,02 ^{lm}	7,99 ± 0,10 ^{gh}	15,69 ± 0,12 ^{bcdefg}	2,44 ± 0,01 ^{efg}	73,99 ± 0,04 ^{cd}
PER 002368	11,11 ± 0,07 ^{fg}	2,32 ± 0,02 ^{lm}	8,47 ± 0,06 ^{cd}	16,18 ± 0,16 ^{abc}	2,47 ± 0,02 ^{defg}	73,03 ± 0,00 ^k
PER 002369	11,22 ± 0,07 ^{defg}	2,58 ± 0,01 ^{gh}	8,40 ± 0,02 ^{def}	15,75 ± 0,00 ^{gh}	2,44 ± 0,00 ^{fg}	73,26 ± 0,05 ^{ijk}
PER 002370	11,43 ± 0,03 ^{bcde}	2,31 ± 0,04 ^{lm}	6,88 ± 0,08 ^k	15,55 ± 0,03 ^{cd}	2,14 ± 0,04 ^{hijkl}	75,26 ± 0,05 ^a
PER 002377	11,08 ± 0,01 ^{fg}	2,79 ± 0,02 ^{cd}	7,24 ± 0,07 ^{jk}	15,50 ± 0,01 ^{cd}	2,01 ± 0,07 ^{klm}	74,46 ± 0,06 ^{abc}
PER 002378	11,26 ± 0,01 ^{cd}	2,23 ± 0,01 ^{lm}	7,40 ± 0,16 ^j	16,01 ± 0,16 ^{abcde}	1,97 ± 0,00 ^{klm}	74,35 ± 0,32 ^{bcd}
PER 002379	11,04 ± 0,00 ^{gh}	2,22 ± 0,01 ^{mn}	8,13 ± 0,03 ^{fg}	15,52 ± 0,01 ^{cd}	2,69 ± 0,07 ^{cd}	74,12 ± 0,02 ^{defg}
PER 002381	11,36 ± 0,03 ^{cd}	3,67 ± 0,02 ^a	7,66 ± 0,01 ^{hi}	15,28 ± 0,11 ^{efgh}	5,79 ± 0,13 ^a	73,38 ± 0,13 ^{ghijk}
PER 002380	11,85 ± 0,01 ^a	2,79 ± 0,01 ^{cd}	8,57 ± 0,02 ^{cd}	16,59 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,12 ^a	72,04 ± 0,01 ^l
PER 002422	11,69 ± 0,01 ^{ab}	1,96 ± 0,01 ^o	7,68 ± 0,06 ^{hi}	16,11 ± 0,14 ^{abcd}	1,92 ± 0,03 ^{lm}	74,26 ± 0,17 ^{cd}
PER 002442	11,57 ± 0,01 ^{abc}	2,65 ± 0,00 ^{defg}	8,54 ± 0,12 ^{cd}	15,80 ± 0,02 ^{bcdefg}	2,73 ± 0,07 ^{bc}	73,01 ± 0,11 ^k
PER 002443	11,03 ± 0,00 ^{gh}	2,41 ± 0,00 ^{kl}	7,91 ± 0,20 ^{gh}	16,17 ± 0,13 ^{abc}	2,12 ± 0,01 ^{ghilm}	73,52 ± 0,07 ^{efghijk}
PER 002456	11,13 ± 0,02 ^{fg}	2,43 ± 0,01 ^{kl}	9,67 ± 0,02 ^a	14,53 ± 0,01 ^{hi}	2,04 ± 0,00 ^{lm}	73,37 ± 0,03 ^{ghijk}
PER 002457	11,10 ± 0,04 ^{fg}	2,33 ± 0,03 ^{lm}	9,09 ± 0,02 ^b	15,37 ± 0,07 ^{defg}	2,94 ± 0,04 ^a	73,21 ± 0,16 ^k
PER 002458	10,61 ± 0,11 ^{ghk}	2,74 ± 0,01 ^{cd}	7,92 ± 0,07 ^{gh}	15,25 ± 0,01 ^{efgh}	2,17 ± 0,06 ^{gh}	74,09 ± 0,02 ^{cd}
PER 002459	10,18 ± 0,02 ^l	2,44 ± 0,02 ^{gh}	7,99 ± 0,01 ^{gh}	15,52 ± 0,04 ^{defg}	2,00 ± 0,04 ^{lm}	74,05 ± 0,06 ^{cd}
PER 002460	10,39 ± 0,18 ^{kl}	2,35 ± 0,01 ^{lm}	7,63 ± 0,01 ^{hi}	15,67 ± 0,09 ^{bcdefg}	1,76 ± 0,00 ^f	74,34 ± 0,10 ^{bcd}
PER 002461	10,38 ± 0,11 ^{gh}	3,00 ± 0,08 ^b	8,43 ± 0,08 ^{def}	15,31 ± 0,10 ^{fg}	2,48 ± 0,02 ^{defg}	73,26 ± 0,10 ^{ijk}
PER 002462	10,48 ± 0,11 ^{gh}	2,10 ± 0,00 ^{mn}	7,46 ± 0,01 ^{ij}	15,88 ± 0,13 ^{abcde}	2,04 ± 0,03 ^{lm}	74,56 ± 0,22 ^{abc}
PER 002463	10,71 ± 0,08 ^f	2,66 ± 0,01 ^{defg}	7,00 ± 0,12 ^k	15,77 ± 0,77 ^{bcdefg}	2,60 ± 0,04 ^{cd}	74,58 ± 0,57 ^{abc}

Los valores representan el promedio de tres repeticiones. El factor de conversión de la proteína fue 6,25.

En la tabla 1 se observa altos contenidos de proteínas (PER 002380, PER 002356, PER 002368, PER 002443, PER 002422, PER 002378, PER 002358 y PER 002462 con 16,59; 16,35; 16,18; 16,17; 16,11; 16,01; 15,94 y 15,88 % bs, respectivamente, estas accesiones son estadísticamente similares) y lípidos (hasta 9,67 % la PER 002456, estadísticamente superior).

Los granos de kiwicha contenían almidón entre 53,47 a 63,58 %, correspondientes a los códigos PER 002381 y PER 002462, respectivamente (tabla 2). La correlación entre almidón y carbohidratos fue significativa con $r = 0,497$ a 0,01 y con azúcares reductores (0,424). Pérez *et al.*⁸ desarrollaron una metodología para la obtención de almidón el cual requiere el remojo de granos, tamizado luego de la molienda, estandarización de pH y centrifugado con etanol. Método que es propio de este grano debido a que presenta alto contenido de grasa, proteína y fibra; en comparación, por ejemplo, con un tubérculo, pues la extracción de almidón es más sencilla y no requiere de las operaciones antes mencionadas. En investigaciones anteriores¹⁶ reportan contenidos ligeramente superiores. Otros autores¹⁷ reportan dentro de lo encontrado en esta investigación.

Los granos de kiwicha contenían amilosa (con NaOH) entre 0,36 a 16,60 % (tabla 2). Correspondientes a las semillas con código PER 002370 y PER 002378, respectivamente. Mientras que la amilopectina se encontraba presente entre 83,40 a 99,64 %, propios de los códigos PER 002378 y PER 002370, respectivamente. Los granos de kiwicha contenían

amilosa (con DMSO) entre 1,77 a 16,74 % pertenecientes a los códigos nacionales PER 002356 y PER 002378, respectivamente. Por su parte la amilopectina se encontró entre 83,26 a 98,23 %; propios de la PER 002378 y PER 002356. Cabe resaltar que los resultados usando ambas metodologías arrojan valores similares que muestran que la PER 002378, presenta mayor contenido de amilosa (16,74 % con DMSO y 16,60 % con NaOH), esto lo confirma el coeficiente de correlación Spearman $r = 0,881$; el cual resultó significativa al nivel 0,01. El criterio tomado en esta investigación para usar 600 nm para DMSO y 620 nm para NaOH, fue hacer un barrido y apreciar la mayor absorbancia, luego de la formación del complejo yodo y amilosa, a las longitudes mencionadas correspondientes a cada metodología. En investigaciones realizadas emplearon¹⁷ enzimas para determinar la amilosa estimando con el ratio de glucosa oxidasa-peroxidasa, con lecturas a 510 nm,

En la tabla 2, los azúcares reductores se encontraron entre 1,60 a 4,51 % expresado como glucosa, pertenecientes a las semillas con códigos PER 002365 y PER 002462. En una investigación¹⁸ se evaluaron el efecto de la germinación en el contenido de azúcares reductores expresados en sucrosa, encontraron que el grano de kiwicha sin germinar tenía 0,26 % de sucrosa y conforme se incrementaban las horas de germinación también incrementaban los azúcares reductores alcanzando hasta 11,7 % al evaluar el grano germinado por 20 horas.

Tabla 2. Resultados de almidón, amilosa y amilopectina (con DMSO y NaOH) y azúcares reductores

Código Nacional	Almidón (%)	Amilosa DMSO (%)	Amilopectina DMSO (%)	Amilosa NaOH (%)	Amilopectina NaOH (%)	Azúcares reductores (g de glucosa/100 g bs)
PER 002354	56,37 ± 0,59 ^{hijklm}	3,05 ± 0,00 ^{mm}	96,95 ± 0,00 ^{ef}	2,94 ± 0,10 ^k	97,06 ± 0,10 ^f	2,58 ± 0,10 ^{efghij}
PER 002355	56,84 ± 0,82 ^{hijklm}	2,32 ± 0,00 ^{ppq}	97,68 ± 0,00 ^{bcd}	1,62 ± 0,21 ^{lm}	98,38 ± 0,21 ^{de}	2,45 ± 0,03 ^{efghij}
PER 002356	56,22 ± 0,86 ^{hijklm}	1,77 ± 0,12 ^r	98,23 ± 0,12 ^a	1,43 ± 0,04 ^{lmn}	98,57 ± 0,04 ^{ode}	2,43 ± 0,14 ^{efghij}
PER 002357	56,75 ± 0,38 ^{hijklm}	2,56 ± 0,00 ^{ppq}	97,44 ± 0,03 ^{bcd}	1,39 ± 0,18 ^{lmn}	98,61 ± 0,18 ^{ode}	2,19 ± 0,13 ^{ghijkl}
PER 002358	54,77 ± 0,46 ^{lmn}	2,26 ± 0,12 ^{ppq}	97,74 ± 0,12 ^{bcd}	1,29 ± 0,18 ^{lmn}	98,71 ± 0,18 ^{cd}	2,52 ± 0,36 ^{efghij}
PER 002359	57,89 ± 0,22 ^{efghij}	2,74 ± 0,12 ^{ppq}	97,26 ± 0,12 ^{bcd}	0,75 ± 0,05 ^{op}	99,25 ± 0,05 ^{ab}	1,74 ± 0,09 ^{kl}
PER 002360	58,72 ± 0,23 ^{efghij}	2,07 ± 0,00 ^{pp}	97,93 ± 0,00 ^{bcd}	0,77 ± 0,16 ^{op}	99,23 ± 0,16 ^{ab}	2,70 ± 0,40 ^{efghij}
PER 002363	54,80 ± 0,84 ^{lmn}	1,95 ± 0,14 ^r	98,05 ± 0,14 ^{ab}	1,54 ± 0,40 ^{lm}	98,46 ± 0,40 ^{de}	2,15 ± 0,34 ^{ghijkl}
PER 002365	56,89 ± 0,82 ^{hijklm}	2,87 ± 0,12 ^{mm}	97,13 ± 0,12 ^{def}	1,79 ± 0,12 ^l	98,21 ± 0,12 ^e	1,60 ± 0,02 ^l
PER 002366	57,28 ± 0,49 ^{efghij}	13,11 ± 0,37 ^q	86,89 ± 0,37 ^a	12,43 ± 0,20 ^b	87,57 ± 0,20 ^b	2,00 ± 0,05 ^{hijkl}
PER 002367	55,70 ± 0,46 ^{klmn}	12,32 ± 0,49 ^{cd}	87,68 ± 0,49 ^{op}	11,74 ± 0,22 ^c	88,26 ± 0,22 ^b	1,70 ± 0,09 ^{kl}
PER 002368	56,33 ± 0,92 ^{hijklm}	11,16 ± 0,12 ^q	88,84 ± 0,12 ^{mn}	10,30 ± 0,17 ^c	89,70 ± 0,17 ^l	2,04 ± 0,06 ^{hijkl}
PER 002369	56,30 ± 0,69 ^{hijklm}	5,79 ± 0,37 ^r	94,21 ± 0,37 ^a	3,83 ± 0,04 ^j	96,17 ± 0,04 ^f	2,20 ± 0,13 ^{ghijkl}
PER 002370	57,15 ± 0,68 ^{efghijkl}	3,05 ± 0,28 ^{mm}	96,95 ± 0,28 ^{ef}	0,36 ± 0,04 ^p	99,64 ± 0,04 ^a	2,65 ± 0,22 ^{defgh}
PER 002377	60,35 ± 0,14 ^{bcd}	3,56 ± 0,48 ^m	96,44 ± 0,48 ^f	1,08 ± 0,05 ^{no}	98,92 ± 0,05 ^{bc}	2,84 ± 0,10 ^{defgh}
PER 002378	58,39 ± 0,14 ^{efghij}	16,74 ± 0,12 ^r	83,26 ± 0,39 ^r	16,60 ± 0,08 ^a	83,40 ± 0,08 ^p	3,39 ± 0,29 ^{bc}
PER 002379	58,11 ± 0,54 ^{efghij}	12,66 ± 0,40 ^{bc}	87,34 ± 0,40 ^{op}	11,04 ± 0,48 ^d	88,96 ± 0,48 ^m	2,53 ± 0,08 ^{efghij}
PER 002381	53,47 ± 0,90 ^r	10,89 ± 0,23 ^{gh}	89,11 ± 0,23 ^{lmn}	10,11 ± 0,04 ^{ef}	89,89 ± 0,04 ^{kl}	1,90 ± 0,05 ^{kl}
PER 002380	54,58 ± 0,33 ^{mm}	10,34 ± 0,24 ^b	89,66 ± 0,24 ^b	9,84 ± 0,05 ^f	90,16 ± 0,05 ^{bc}	2,22 ± 0,04 ^{ghijkl}
PER 002422	59,46 ± 0,82 ^{bcd}	10,34 ± 0,65 ^b	89,66 ± 0,65 ^b	9,88 ± 0,12 ^{ef}	90,12 ± 0,12 ^{kl}	2,64 ± 0,03 ^{defgh}
PER 002442	54,48 ± 0,84 ^{mm}	11,44 ± 0,28 ^{ef}	88,56 ± 0,28 ^{mn}	7,80 ± 0,04 ⁱ	92,20 ± 0,04 ^h	3,29 ± 0,10 ^{bcd}
PER 002443	59,54 ± 0,62 ^{bcd}	6,99 ± 0,12 ^q	93,01 ± 0,12 ^b	7,51 ± 0,12 ⁱ	92,49 ± 0,12 ^b	2,37 ± 0,09 ^{efghijk}
PER 002456	59,30 ± 0,25 ^{bcd}	10,52 ± 0,12 ^{gh}	89,48 ± 0,12 ^{kl}	11,00 ± 0,05 ^d	89,00 ± 0,05 ^m	2,50 ± 0,10 ^{efghij}
PER 002457	60,74 ± 0,77 ^{bcd}	9,61 ± 0,14 ^r	90,39 ± 0,14 ^r	9,24 ± 0,04 ^h	90,76 ± 0,04 ⁱ	2,67 ± 0,11 ^{defgh}
PER 002458	61,02 ± 0,01 ^{bc}	10,40 ± 0,12 ^q	89,60 ± 0,12 ^b	9,10 ± 0,14 ^b	90,90 ± 0,14 ⁱ	3,56 ± 0,22 ^b
PER 002459	61,34 ± 0,36 ^{ab}	11,87 ± 0,23 ^{de}	88,13 ± 0,23 ^{no}	9,18 ± 0,08 ^g	90,82 ± 0,08 ⁱ	2,28 ± 0,05 ^{efghijk}
PER 002460	57,66 ± 0,84 ^{hij}	11,13 ± 0,12 ^q	88,87 ± 0,12 ^{mn}	11,08 ± 0,08 ^d	88,92 ± 0,08 ^m	2,97 ± 0,02 ^{bcd}
PER 002461	57,25 ± 0,52 ^{efghijk}	8,70 ± 0,23 ^r	91,30 ± 0,23 ⁱ	9,70 ± 0,04 ^g	90,30 ± 0,04 ^{jk}	3,09 ± 0,77 ^{bcd}
PER 002462	63,58 ± 0,27 ^a	9,43 ± 0,12 ^r	90,57 ± 0,12 ^r	9,29 ± 0,04 ^{gh}	90,71 ± 0,04 ^{ij}	4,51 ± 0,80 ^a
PER 002463	63,56 ± 0,09 ^a	12,11 ± 0,23 ^{bc}	87,89 ± 0,23 ^{pp}	11,35 ± 0,10 ^{cd}	88,65 ± 0,10 ^{mm}	2,34 ± 0,04 ^{efghijk}

Los valores representan el promedio de tres repeticiones.

En los resultados de la fibra dietaria (tabla 3), las semillas del código PER 002380 alcanzaron un máximo de 14,12 % de FDT, siendo la PER 002422 con 7,50 % la accesión con menor contenido de fibra dietaria. Según lo esperado la FDI se encontró en mayor proporción con un rango de variación de 6,11 % (PER 002422) hasta 13,04 % (PER 002380). Por otro lado, la FDS fluctuaba entre 0,52 % (PER 002456) a 1,97 % (PER 002356).

Los resultados de fibra dietaria revelan que el 88 % en promedio de la FDT fue insoluble y el 12 % en promedio fue soluble (tabla 3). La correlación entre FDI y FDT presentó una relación significativa con $r = 0,929$ al nivel 0,01. Por su parte la correlación entre FDS y amilopectina con NaOH fue significativa con $r = 0,603$ al nivel 0,01. Investigaciones anteriores¹⁴ en fibra dietaria en granos de kiwicha reportan valores similares a los hallados en las semillas evaluadas. Mientras que otros autores reportan contenidos inferiores¹ y que la FDI está compuesta por ácido galacturónico (28,5 %), arabinosa (15,3 %), xilosa (9,9 %), glucosa (21,7 %), galactosa (6,7 %), ramnosa (6,5 %), glucosa (proveniente de celulosa; 5,9 %), fucosa (2,3 %) y mannosa (3,2 %). Mientras que la FDS se encuentra compuesta por glucosa (24,5 %), ácido galacturónico (38,6 %), arabinosa (15,6 %), galactosa (7,3 %), mannosa (6,9 %) y xilosa (2,7 %).

Tabla 3. Resultados de Fibra dietaria insoluble, soluble y total de 30 accesiones evaluadas.

Código Nacional	FDI (%)	FDS (%)	FDT (%)
PER 002354	10,48 ± 0,56 ^{bc}	0,99 ± 0,19 ^{ghijklm}	11,47 ± 0,51 ^{bcd}
PER 002355	8,21 ± 0,33 ^{defghi}	0,93 ± 0,15 ^{hijklm}	9,14 ± 0,30 ^{efghi}
PER 002356	9,80 ± 1,01 ^{bcd}	1,97 ± 0,38 ^a	11,78 ± 1,30 ^{bc}
PER 002357	8,47 ± 0,80 ^{cdefg}	1,67 ± 0,29 ^{abdef}	10,14 ± 0,80 ^{cdef}
PER 002358	7,94 ± 0,27 ^{defghij}	1,33 ± 0,32 ^{bcddefghijkl}	9,27 ± 0,08 ^{efghi}
PER 002359	7,52 ± 0,49 ^{efghij}	1,84 ± 0,01 ^{abcd}	9,37 ± 0,50 ^{defghi}
PER 002360	10,97 ± 0,34 ^b	1,66 ± 0,35 ^{abdef}	12,63 ± 0,67 ^{ab}
PER 002363	8,03 ± 1,02 ^{defghij}	1,46 ± 0,19 ^{abcddefghi}	9,50 ± 1,17 ^{defghi}
PER 002365	7,87 ± 0,54 ^{defghij}	1,20 ± 0,38 ^{efghijkl}	9,07 ± 0,42 ^{efghi}
PER 002366	7,49 ± 0,98 ^{efghij}	0,85 ± 0,18 ^{hijklm}	8,34 ± 1,15 ^{fghi}
PER 002367	7,74 ± 0,81 ^{efghij}	0,76 ± 0,08 ^{klm}	8,50 ± 0,81 ^{efghi}
PER 002368	9,01 ± 0,92 ^{bcddef}	0,73 ± 0,22 ^{lm}	9,75 ± 0,91 ^{cdefghi}
PER 002369	6,49 ± 0,50 ^{ghij}	1,26 ± 0,18 ^{defghijkl}	7,74 ± 0,35 ^{hi}
PER 002370	7,76 ± 0,73 ^{efghij}	1,35 ± 0,26 ^{abcddefghijkl}	9,11 ± 0,90 ^{efghi}
PER 002377	9,01 ± 0,76 ^{bcddef}	1,62 ± 0,30 ^{abdefg}	10,63 ± 0,80 ^{bcd}
PER 002378	7,01 ± 0,32 ^{fghij}	0,91 ± 0,16 ^{hijklm}	7,92 ± 0,18 ^{ghi}
PER 002379	8,24 ± 0,21 ^{defghi}	0,82 ± 0,09 ^{klm}	9,05 ± 0,29 ^{efghi}
PER 002381	10,77 ± 0,48 ^b	0,99 ± 0,15 ^{ghijklm}	11,75 ± 0,35 ^{bc}
PER 002380	13,04 ± 0,35 ^a	1,08 ± 0,11 ^{efghijklm}	14,12 ± 0,42 ^a
PER 002422	6,11 ± 0,28 ^j	1,39 ± 0,15 ^{abcddefghijkl}	7,50 ± 0,23 ⁱ
PER 002442	7,82 ± 0,41 ^{defghij}	1,16 ± 0,26 ^{efghijklm}	8,98 ± 0,45 ^{efghi}
PER 002443	7,96 ± 0,99 ^{defghij}	1,04 ± 0,27 ^{fghijklm}	9,00 ± 1,10 ^{efghi}
PER 002456	8,17 ± 1,18 ^{defghi}	0,52 ± 0,16 ⁿ	8,69 ± 1,34 ^{efghi}
PER 002457	7,11 ± 0,75 ^{fghij}	1,41 ± 0,21 ^{abcddefghij}	8,51 ± 0,63 ^{efghi}
PER 002458	8,30 ± 1,12 ^{defgh}	1,72 ± 0,38 ^{abde}	10,02 ± 1,04 ^{cdefgh}
PER 002459	6,23 ± 1,37 ^{ij}	1,48 ± 0,05 ^{abcddefgh}	7,71 ± 1,33 ^{hi}
PER 002460	9,37 ± 0,77 ^{bde}	0,82 ± 0,21 ^{ijklm}	10,19 ± 0,74 ^{cdef}
PER 002461	7,11 ± 0,62 ^{fghij}	1,90 ± 0,31 ^{abc}	9,01 ± 0,76 ^{efghi}
PER 002462	8,23 ± 0,56 ^{defghi}	1,95 ± 0,19 ^{ab}	10,19 ± 1,82 ^{cdef}

Los valores representan el promedio de cuatro repeticiones.

En los resultados de compuestos bioactivos (tabla 4), la accesión PER 002363 tuvo menor contenido de compuestos fenólicos totales, mientras que la PER 002380 presentó mayor contenido. Al respecto contenidos superiores a los encontrados en 30 accesiones de semillas evaluadas se reportaron⁶. También se hallaron valores por debajo de lo encontrado en esta investigación¹. Investigadores cultivaron 18 genotipos de *Amaranthus* paralelamente en Argentina, México, España y República Checa; llegando a la conclusión de que el contenido de polifenoles en las semillas fue muy influenciada por los factores medioambientales y la especie. Asimismo, encontraron que la *A. hypochondriacus* presentaba mayor contenido¹⁹. Se encontró relación positiva (ejemplo: a mayor concentración de fenólicos totales, mayor capacidad antioxidante con DPPH) entre: fenólicos totales y capacidad antioxidante con DPPH; fenólicos totales y capacidad antioxidante con ABTS; flavonoides totales y capacidad antioxidante con DPPH y flavonoides totales y capacidad antioxidante con ABTS con coeficiente de correlación de 0,610; 0,714; 0,292 y 0,385.

De la tabla 4, se puede notar que la PER 002369 tuvo un menor contenido de flavonoides totales con 12,65 mg CE/100 g bs, mientras que la kiwicha con código PER 002380 presentó el mayor contenido con 36,58 mg CE/100 g bs. Investigadores¹⁹ evaluaron el contenido de flavonoides totales en granos de kiwicha, después de cultivar en diferentes condiciones medio ambientales a 18 genotipos de *Amaranthus*. Encontraron que flavonoides como la rutina, exhibieron grandes variaciones, sin embargo, la nicotiniclorin fue menos afectada.

En las semillas con códigos PER 002355, PER 002356, PER 002367, PER 002370, PER 002378, PER 002442, PER 002443, PER 002456, PER 002458 y PER 002460, no se detectaron betalainas; sin embargo, la PER 002359 alcanzó un máximo de 1,01 mg/100 g bs. Hubo diferencias significativas entre todas las accesiones. Contenidos superiores de betalainas en semillas de kiwicha fueron reportados, entre 50 a 199 mg/100 g²⁰.

Al evaluar la reacción entre los compuestos con actividad antioxidante y el radical estable 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), se encontró un rango entre 119,15 a 268,20 $\mu\text{mol TE}/100$ g bs, los códigos correspondientes fueron PER 002354 y PER 002380, respectivamente (tabla 4). La reducción de color del radical ABTS por el efecto de un antioxidante se pudo evaluar leyendo la absorbancia a 734 nm y la decoloración del color violeta del radical DPPH a 517 nm.

Tabla 4. Compuestos bioactivos de las accesiones de kiwicha.

Código Nacional	Fenólicos totales (mg GAE/100 g bs)	Flavonoides totales (mg CE/100 g bs)	Betalainas (mg/100 g bs)	Actividad Antioxidante según DPPH		Actividad Antioxidante según ABTS	
				(μmol TE/100 g bs)			
PER 002354	52,75 ± 0,50 ^{mno}	30,99 ± 0,87 ^c	0,82 ± 0,00 ^f	119,15 ± 7,43 ^p	456,71 ± 8,49 ^{no}		
PER 002355	67,24 ± 0,73 ^{cd}	35,11 ± 0,87 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^{ad}	161,37 ± 11,35 ^{defghi}	654,70 ± 10,74 ^c		
PER 002356	63,74 ± 1,45 ^{ghi}	27,54 ± 0,80 ^d	0,00 ± 0,00 ^{ac}	173,28 ± 3,19 ^{bcd}	598,09 ± 14,54 ^{ef}		
PER 002357	66,87 ± 0,93 ^{cd}	30,38 ± 0,83 ^c	0,56 ± 0,00 ^g	169,67 ± 5,35 ^{bcde}	667,85 ± 7,60 ^{bc}		
PER 002358	65,16 ± 0,47 ^{efg}	22,71 ± 0,04 ^j	0,82 ± 0,00 ^f	153,33 ± 2,48 ^{ghijk}	565,26 ± 7,72 ^{ghi}		
PER 002359	54,27 ± 0,42 ^{lm}	33,88 ± 0,74 ^b	1,01 ± 0,00 ^a	125,44 ± 2,97 ^{mnp}	476,39 ± 3,84 ^d		
PER 002360	62,26 ± 0,60 ^f	18,22 ± 0,86 ^m	0,55 ± 0,00 ^h	146,40 ± 5,57 ^{ijkl}	542,06 ± 2,06 ^{kl}		
PER 002363	51,34 ± 0,43 ^o	19,79 ± 0,81 ^{lm}	0,07 ± 0,00 ⁱ	121,97 ± 2,23 ^{op}	453,32 ± 6,44 ^a		
PER 002365	58,00 ± 0,17 ^k	25,17 ± 0,89 ^{efg}	0,29 ± 0,00 ^k	124,85 ± 0,47 ^{mnp}	533,37 ± 6,64 ^{kl}		
PER 002366	62,20 ± 1,02 ^l	21,33 ± 0,85 ^{kl}	0,37 ± 0,00 ^j	120,88 ± 2,20 ^{op}	523,95 ± 5,11 ^l		
PER 002367	64,56 ± 0,28 ^{gh}	23,26 ± 0,87 ^{ghij}	0,00 ± 0,00 ^{ab}	161,83 ± 5,34 ^{defgh}	558,10 ± 6,99 ^{hij}		
PER 002368	67,55 ± 0,42 ^c	25,03 ± 0,93 ^{gh}	0,86 ± 0,00 ^f	169,20 ± 10,57 ^{bcddef}	630,36 ± 2,86 ^d		
PER 002369	64,28 ± 0,35 ^{gh}	12,65 ± 0,86 ⁿ	0,90 ± 0,00 ^b	160,01 ± 2,42 ^{defghi}	556,54 ± 2,19 ^{hij}		
PER 002370	64,46 ± 0,33 ^{gh}	21,50 ± 0,85 ^{ijkl}	0,00 ± 0,00 ^{ad}	165,91 ± 1,38 ^{odfgh}	608,15 ± 7,59 ^e		
PER 002377	70,67 ± 0,08 ^b	25,77 ± 0,85 ^{def}	0,82 ± 0,00 ^d	174,26 ± 2,42 ^{bcd}	678,82 ± 9,39 ^b		
PER 002378	69,42 ± 0,24 ^b	19,31 ± 0,01 ^m	0,00 ± 0,00 ^c	138,83 ± 4,37 ^{klm}	557,56 ± 13,78 ^{hij}		
PER 002379	69,34 ± 0,18 ^b	23,21 ± 0,77 ^{ghij}	0,07 ± 0,00 ^j	135,60 ± 3,21 ^{lmno}	561,88 ± 5,59 ^{ghij}		
PER 002381	63,34 ± 0,04 ^{hi}	14,69 ± 1,05 ⁿ	0,30 ± 0,00 ⁱ	155,10 ± 2,85 ^{efghi}	604,96 ± 4,74 ^e		
PER 002380	75,69 ± 0,32 ^a	36,58 ± 0,24 ^a	0,23 ± 0,00 ^m	268,20 ± 10,20 ^p	667,16 ± 2,24 ^{bc}		
PER 002422	65,93 ± 0,69 ^{def}	21,38 ± 0,73 ^{kl}	0,08 ± 0,00 ^g	129,65 ± 2,38 ^{mnpop}	577,57 ± 5,67 ^{gh}		
PER 002442	58,98 ± 0,02 ^{jk}	25,35 ± 0,85 ^{defg}	0,00 ± 0,00 ^y	164,66 ± 3,30 ^{odfgh}	596,12 ± 7,87 ^{ef}		
PER 002443	59,74 ± 0,57 ^l	23,61 ± 0,73 ^{gh}	0,00 ± 0,00 ^a	147,15 ± 4,72 ^{hijkl}	582,53 ± 5,77 ^g		
PER 002456	67,46 ± 0,88 ^{cd}	19,75 ± 0,77 ^{klm}	0,00 ± 0,00 ⁿ	181,44 ± 9,77 ^h	787,14 ± 4,02 ^a		
PER 002457	60,38 ± 0,61 ^j	21,62 ± 0,83 ^{ijk}	0,22 ± 0,00 ^a	152,59 ± 6,50 ^{ghijk}	564,25 ± 4,29 ^{gh}		
PER 002458	60,23 ± 0,26 ^j	22,86 ± 0,84 ^{hij}	0,00 ± 0,00 ^a	157,44 ± 7,99 ^{efghi}	596,78 ± 7,23 ^{ef}		
PER 002459	60,38 ± 0,55 ^j	23,26 ± 0,83 ^{ghij}	0,15 ± 0,00 ^a	154,17 ± 7,15 ^{ghijk}	573,93 ± 7,06 ^{gh}		
PER 002460	52,11 ± 0,36 ^{no}	19,37 ± 0,81 ^{lm}	0,00 ± 0,00 ^b	135,22 ± 3,10 ^{lmno}	500,29 ± 3,98 ^m		
PER 002461	55,51 ± 0,91 ^l	18,05 ± 0,96 ^m	0,07 ± 0,00 ^j	141,71 ± 2,30 ^{klm}	549,79 ± 8,36 ^{gh}		
PER 002462	66,74 ± 0,66 ^{cd}	27,34 ± 0,86 ^{bc}	0,11 ± 0,00 ^p	179,91 ± 5,80 ^{bc}	790,34 ± 2,18 ^a		
PER 002463	53,22 ± 0,37 ^{mn}	17,84 ± 0,86 ^m	0,26 ± 0,00 ^j	148,57 ± 6,03 ^{hijkl}	383,06 ± 22,22 ^p		

Los valores representan el promedio de tres repeticiones.

La tabla 4 muestra, que la reacción entre los compuestos con capacidad antioxidante y el radical estable 2,2 azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico) (ABTS), generó valores desde 383,06 a 790,34 μmol TE/100 g bs, pertenecientes a las semillas con código PER 002463 y PER 002462, respectivamente. En investigaciones anteriores se reportan valores ligeramente superiores entre 670,1 a 827,6 μmol TE/100 g de muestra⁶.

CONCLUSIONES

- Las semillas de kiwicha resaltan por poseer una interesante composición química, de 30 accesiones evaluadas, las semillas con código PER 002380 aportan altos contenidos de proteína (16,59 %), fibra dietaria (14,12 %), fenólicos totales (75,69 GAE/100 g bs) y actividad antioxidante de acuerdo al radical DPPH 268,20 μmol TE/100 g bs.

- Las semillas de kiwicha tienen un especial aporte de compuestos bioactivos como fibra dietaria, fenólicos totales, flavonoides totales y betalainas comprendidos entre 7,50 a 14,12 %; 51,34 a 75,69 mg GAE/100 g bs; 12,65 a 36,58 mg CE/100 g bs y 0,0 a 1,01 mg/100 g bs, respectivamente.

AGRADECIMIENTO

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA del Perú por el financiamiento para el desarrollo de esta investigación en el marco del Proyecto "Evaluación nutricional y compuestos bioactivos de accesiones promisorias de kiwicha del INIA" que se ejecutó en el Área "Valoración y Uso de los Recursos Genéticos" perteneciente a la Subdirección de Recursos Genéticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AACC International. Method 32-21.01. Insoluble and soluble dietary fibre in oat products enzymatic-gravimetric method. 11th Ed. Saint Paul, Minnesota: Association of American Cereal Chemists; 2010.
2. AOAC. Official Methods of Analysis International. Association of Official Analytical Chemists. Rockville, Maryland: AOAC International; 2016.
3. Barba De La Rosa A, Fomsgaard I, Laursen B, Mortensen A, Olvera L, Silva C, et al. Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) as an alternative crop for sustainable food production: Phenolic acids and flavonoids with potential impact on its nutraceutical quality. *J Cereal Sci.* 2009; 49(1):117-121.
4. Bello-Pérez LA, Agama-Acevedo E, Sánchez-Hernández L, Paredes-López O. Isolation and Partial Characterization of Banana Starches. *J Agric Food Chem.* 1999; 47(3): 854-857.
5. Dini I, Tenore G, Dini A. Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. *LWT - Food Sci Tech.* 2010; 43: 447-451.
6. García S, Tironi V. Application of amaranth protein isolate and hydrolysate on a reduced salt fish restructured product: antioxidant properties, textural and microbiological effects. *Int J Food Sci Technol.* 2015; 50: 1452-1460.
7. Hirose Y, Fujita T, Ishii T, Yueno N. Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan. *Food Chem;* 2010; 119: 1300-1306.
8. Hoover R, Ratnayake W. Determination of Total Amylose Content of Starch. *Curr Protocol Food Anal Chem.* 2001; 00(1): E2.3.1-E2.3.5.
9. Jain G, Gould K. Are betalain pigments the functional homologues of anthocyanins in plants? *Environ Exper Bot.* 2015; 119: 48-53.
10. Kanensi O, Ochola S, Gikonyo N, Makokha A. Effect of Steeping and Germination on the Diastatic Activity and Sugar Content in Amaranth Grains and Viscosity of Porridge. *J Agric Food Technol.* 2013; 3(1): 1-7.

11. Khan M, Giridhar P. Plant betalains: Chemistry and biochemistry. *Phytochem.* 2015; 117:267-295.
12. Manach C, Scalbert A, Morand C, Remesy C, Jiménez L. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr.* 2004; 79(5):727-747.
13. Najmus A, Whitney P. Differential behaviour of the dinitrosalicylic acid (DNS) reagent towards mono- and di-saccharide sugars. *Biomass Bioenergy.* 2011; 35: 4748-4750.
14. Pérez E, Bahnassey Y, Breene W. A Simple Laboratory Scale Method for Isolation of Amaranth Starch. 1993; *Starch - Stärke.* 1993; 45(6): 211-214.
15. Sené M, Thévenot C, Prioul L. 1997. Simultaneous Spectrophotometric Determination of Amylose and Amylopectin in Starch from Maize Kernel by Multi-wavelength Analysis. *J Cereal Sci.* 1997; 26: 211–221.
16. Steffensen SK, Rinnan Å, Mortensen AG, Laursen B, de Troiani RM, Noellemeyer EJ, et al. Variations in the polyphenol content of seeds of field grown *Amaranthus* genotypes. *Food Chem.* 2011; 129(1):131-138.
17. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying and improved ABTS radical cation de colorization assay. *Free Radic Biol Med.* 1999; 26(9-10): 1231-1237.
18. Repo-Carrasco R, Peña J, Kallio H, Salminen S. Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded amaranth (*Amaranthus caudatus*). *J Cereal Sci.* 2009; 49: 219–224.
19. Repo-Carrasco-Valencia RA, Encina CR, Binaghi MJ, Greco CB, Ronayne de Ferrer PA. Effects of roasting and boiling of quinoa, kiwicha and kañiwa on composition and availability of minerals in vitro. *J Sci Food Agric.* 2010; 90(12):2068-2073. }
20. Von Elbe J. 2001. Betalains. *Curr Protocol Food Anal Chem.* 2001; 00(1): F3.1.1-F3.1.7.