

Artículo Original / Original Article

Impacto de la germinación en los compuestos bioactivos de dos ecotipos de kiwicha de grano color negro y rosado (*Amaranthus caudatus* L.)

Impact of germination on the bioactive compounds of two ecotypes of black and pink kiwicha grains (*Amaranthus caudatus* L.)

Wendy Sarmiento-Aguilar^{1*}. <https://orcid.org/0000-0001-5400-534X>
Erika Pachari-Vera¹. <https://orcid.org/0000-0001-9624-025X>

1. Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Facultad de Ingeniería de Procesos,
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.

*Dirigir correspondencia: Wendy Sarmiento-Aguilar.
Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, UNSA. Av. Independencia s/n, Arequipa, Perú.
E-mail: wsarmiento@unsa.edu.pe

Este trabajo fue recibido el 23 de marzo de 2022.
Aceptado con modificaciones: 3 de septiembre de 2022.
Aceptado para ser publicado: 21 de septiembre de 2022.

RESUMEN

Las investigaciones en kiwicha de grano color negro y rosado (*Amaranthus caudatus* L.) son muy limitadas ocasionando la subutilización de estos ecotipos debido al desconocimiento de su potencial alimentario. Estos granos nativos deberían ser rescatados y valorados como una opción de alimento nutritivo empleando tecnologías sencillas como la germinación para mejorar sus cualidades nutricionales. El objetivo de la investigación fue determinar el impacto del periodo de germinación en los compuestos bioactivos de dos ecotipos de kiwicha de "grano color negro" y "grano color rosado". En un diseño experimental y comparativo se estudiaron los ecotipos de kiwicha (negro y rosado) y periodos de germinación (0, 24, 48 y 72 h). Se determinó: compuestos fenólicos totales, betalaínas, capacidad antioxidante, proteínas, grasas, cenizas y humedad. Al aumentar el periodo de germinación se incrementaron progresivamente los compuestos fenólicos totales, betalaínas, capacidad antioxidante, proteínas y cenizas en ambos granos de kiwicha; y disminuyeron gradualmente el contenido de grasas y humedad, comparado con el periodo cero (granos sin germinar).

La exposición a periodos de germinación logró mayores contenidos de compuestos fenólicos totales, capacidad antioxidante, proteínas y cenizas en granos de kiwicha de color negro en comparación a granos de color rosado; sin embargo, los granos de color rosado obtuvieron contenidos de betalaínas y humedades superiores a los granos de color negro.

Palabras clave: Amaranto; *Amaranthus caudatus*; Composición; Compuestos bioactivos; Germinación.

ABSTRACT

Research on black and pink-colored kiwicha grains (*Amaranthus caudatus* L.) is very limited, resulting in the underutilization of these ecotypes due to the lack of knowledge of their food potential. These native grains should be rescued and valued as a nutritious food option using simple technologies such as germination to improve their nutritional qualities. The objective of the research was to determine the impact of the germination period on the bioactive compounds of two ecotypes of kiwicha "black-colored grain" and "pink-colored grain". In an experimental and comparative design, kiwicha ecotypes (black and pink) and germination periods (0, 24, 48 and 72 h) were studied. The following were determined: total phenolic compounds, betalains, antioxidant capacity, protein, fat, ash and moisture. As the germination period increased, total phenolic compounds, betalains, antioxidant capacity, proteins and ashes progressively increased in both kiwicha grains; and fat and moisture content gradually decreased, compared to the zero period (ungerminated grains).

Exposure to germination periods resulted in higher contents of total phenolic compounds, antioxidant capacity, proteins and ashes in black-colored kiwicha grains compared to pink-colored grains; however, pink-colored grains obtained higher betalaín and moisture content than black-colored grains.

Keywords: *Amaranthus caudatus*; Amaranth; Bioactive compounds; Composition; Germination.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la tendencia de la población por el consumo de comida saludable genera una demanda permanente por la provisión de alimentos funcionales como una alternativa con beneficios para la salud^{1,2,3}. Una alimentación saludable es vital y debe proveer nutrientes esenciales para el buen funcionamiento corporal⁴. En este contexto, la kiwicha (*Amaranthus caudatus*) es una opción importante para satisfacer las necesidades nutricionales de los consumidores. La kiwicha debido a su calidad y contenido proteico (19 g/100 g) contiene más proteínas que el arroz, sorgo o centeno además en comparación al trigo posee el doble de lisina y al ser un alimento funcional es aceptado en poblaciones de países desarrollados^{5,6,7}.

Los granos de kiwicha se utilizan para elaborar alimentos funcionales porque poseen compuestos bioactivos en forma de betalaínas y fenoles, así como nutrientes en forma de fibra dietética, proteínas, lípidos insaturados, aminoácidos esenciales, antioxidantes naturales, entre otros^{8,9}. La kiwicha no contiene gluten en comparación con otros cereales como la avena y el trigo; es recomendada para personas con diabetes; asimismo, al contener compuestos bioactivos ofrece efectos antioxidantes, antimicrobianos, antihipercolesterolémicos y antihiperlipidémicos^{10,11}. La kiwicha puede transformarse en productos como harinas, aceites, almidones, bebidas y como parte de suplementos alimenticios¹².

El proceso de germinación mejora la composición nutricional y disponibilidad de compuestos bioactivos de los granos andinos¹³; es un método accesible para el procesamiento de granos debido a su bajo costo, bajo requerimiento de energía, fácil ejecución y sobre todo conserva la estructura de los compuestos bioactivos como fenoles y betalaínas¹⁴. Varias investigaciones demuestran que el proceso de germinación de granos produce cambios en la distribución de metabolitos secundarios y logra la movilización de las proteínas de reserva almacenados

en los cotiledones con alteraciones en la composición de aminoácidos, generándose compuestos bioactivos como péptidos de peso molecular intermedio facilitando su alta digestibilidad y una asimilación efectiva^{15,16,17,18}.

La región andina del Perú ofrece eminente diversidad biológica de kiwicha con un gran potencial para redescubrir e introducir al consumo variedades locales sub utilizadas altamente nutritivas, pero con cualidades no muy conocidas¹⁹. Los agricultores tradicionales conservan y cultivan una enorme diversidad de granos de kiwicha en sus parcelas, entre ellos granos de color negro y rosado. Sin embargo, el potencial de estos cultivos para aportar a la seguridad alimentaria aún no se encuentra desarrollado²⁰. Son insuficientes los estudios específicos referentes al efecto de los periodos de germinación sobre los compuestos bioactivos y la composición nutricional de la kiwicha en ecotipos de grano color negro y rosado; la gran mayoría de investigaciones publicadas se refieren a la variedad Oscar blanco de grano color amarillo claro, ocasionando desconocimiento del potencial nutricional de estos ecotipos^{6,20,21,22,23}. El objetivo de este trabajo es determinar el efecto del periodo de germinación sobre los compuestos bioactivos (compuestos fenólicos totales, betalaínas, capacidad antioxidante) y composición nutricional (proteínas, grasas, cenizas, humedad) de dos ecotipos de kiwicha de "grano color negro" y "grano color rosado".

MATERIALES Y MÉTODOS

Tratamientos y diseño experimental. Se hizo un diseño experimental donde dos ecotipos nativos de kiwicha de "grano color negro" y "grano color rosado"; (*Amaranthus caudatus*) se sometieron a cuatro periodos de germinación (0, 24, 48 y 72 horas). El periodo cero se refirió a granos sin germinar.

Muestras. Se utilizaron dos ecotipos nativos de kiwicha de "grano color negro" y "grano color rosado" (Figura 1), cultivado por agricultores del "Valle Sagrado

de Urubamba" a una altitud de 2.875 msnm en Cusco, Perú. Las muestras fueron acopiadas y proporcionadas por la empresa "Cusco Mara" E.I.R.L. mediante su Centro Ecológico Experimental. Por cada ecotipo se obtuvieron tres muestras iniciales en campo mediante un muestreo aleatorio las que fueron mezcladas para conformar muestras representativas de 1 kg por cada uno. Se almacenaron a 10 °C en un espacio seco, ventilado y oscuro con el fin de mantener su potencial de germinación.

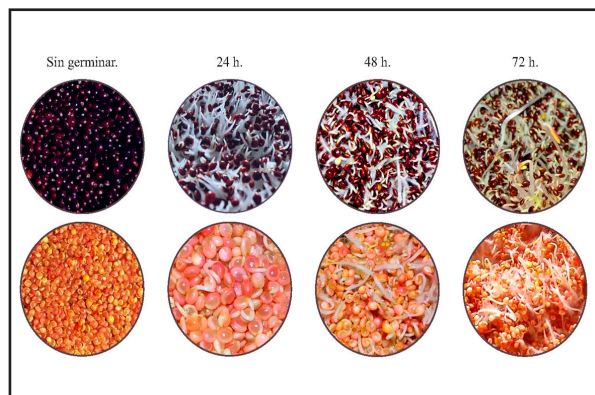


Figura 1: Muestras de granos de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) de "color negro" y "color rosado" sin germinar y con periodos de germinación de 24, 48 y 72 h.

Germinación y molienda de muestras. La germinación se desarrolló empleando modificaciones al procedimiento descrito por Pilco et al.²⁰ y Paucar et al.²¹. Se pesó 100 g de semilla de kiwicha por cada ecotipo para su remojo en una solución de hipoclorito de sodio al 0,1% en proporción 1:5 (p/v) durante 10 minutos, posteriormente se lavaron con agua destilada y luego del escurrido se remojó en agua destilada en proporción 1:5 (p/v) por un periodo de 12 h. Antes de proceder a la germinación las muestras nuevamente fueron escurridas. Para la germinación las muestras se colocaron en bandejas cubiertas con gasa estéril; estas se colocaron en una estufa (marca Binder modelo ED115, Alemania) a una temperatura estándar de 26 °C durante 24, 48 y 72 h. Durante los periodos de germinación se registró una humedad promedio de 55% mediante un termohigrómetro (marca Boeco modelo SH-110, Alemania). Las semillas germinadas se secaron a temperatura ambiente entre 22 °C a 24 °C hasta alcanzar 12% de humedad verificada por el termohigrómetro. Posteriormente, las muestras se sometieron a molienda mediante un molinillo de granos (marca Bosch modelo TSM6A013B, Alemania), luego fueron cribadas con un tamiz de acero de 0,5 mm para las determinaciones analíticas correspondientes²⁰.

Métodos de análisis

Compuestos fenólicos totales: Para la determinación de fenoles se utilizó el método de Swain y Hillis descrito por Repo de Carrasco et al.²⁴ modificado. Se pesó 0,5 g de muestra seca triturada y se agregó 5 mL de metanol al 95% en un tubo Falcon; luego se mezcló con un homogeneizador y se dejó en reposo por 24 horas en refrigeración (4 °C). La muestra se centrifugó por 15 min 3.000 rpm y se tomó 0,5 mL del sobrenadante, se añadió 8 mL de agua ultrapura y 0,5 mL del reactivo Folin-Ciocalteu 0,25 N. Se mezcló y dejó reaccionar por 3 minutos, se añadió 1 mL de carbonato de sodio 1N, después de 10 minutos. La muestra se leyó a 725 nm en un espectrofotómetro UV-VIS (Perkin Elmer modelo Lambda 365, USA). Se realizó una curva de calibración con la finalidad de determinar los compuestos fenólicos totales utilizando ácido gálico. Se obtuvo la curva de calibración $y = 4,2042x - 3E-05$ con un coeficiente de correlación $R^2 = 0,999$. Los resultados se expresan como miligramos de ácido gálico equivalente por 100 g de muestra seca.

Betalaínas: Se determinó como suma de los pigmentos de betaxantinas y betacianinas por el método espectrofotométrico de componentes múltiples de Nilsson con modificaciones descrito por Hernández et al.²⁵. Las muestras fueron leídas midiendo la absorbancia a 476 nm, 538 nm y 600 nm en un espectrofotómetro UV-VIS (Perkin Elmer modelo Lambda 365, USA). El contenido de betalaínas totales se calculó mediante las siguientes ecuaciones:

- Absorbancia debido a betacianinas (BC): $x = 1,095(a - c)$
- Absorbancia debido a betaxantinas (BX): $y = b - z - x / 3,1$
- Absorbancia debido a impurezas: $z = a - x$
- Donde: a es la absorbancia a 538 nm; b la absorbancia a 476 nm; c la absorbancia a 600 nm.
- Cálculo de betalaínas totales: $BT (mg/100g) = (BC + BX)$; $BC \text{ ó } BX (mg/100g) = (A * DF * 106 / e * l)$.

Dónde: A es la absorbancia (para BC ó para BX); DF es el factor de dilución; l es el ancho de la celda (1 cm). Para la cuantificación de las betacianinas (BC) el coeficiente de extinción molar (e) fue 60.000 L/mol cm y para la cuantificación de las betaxantinas (BX) el coeficiente de extinción molar (e) fue 48.000 L/mol cm. Para la preparación del extracto se pesó 0,5 g de la muestra triturada en un tubo Falcon, se añadió 6 mL de buffer fosfato a pH 6,5, luego se agitó en un vortex por un minuto a 120 rpm y se almacenó en oscuridad a 3 °C por 24 horas, transcurrido el tiempo se centrifugó a 4.500 RPM por 30 min a 3 °C. Se separó el sobrenadante y se midió la absorbancia a 538 nm y 476 nm. Se utilizó como blanco agua destilada. Los resultados se expresaron como miligramos de betalaínas totales por 100 g de muestra seca.

Capacidad antioxidante: Se determinó empleando

modificaciones al procedimiento descrito por Hirose et al.²⁶. Se pesó 100 mg de la muestra homogenizada directamente en un tubo de centrifuga, se adicionó 10 mL de etanol: agua destilada (1:1), se agitó y maceró por 24 h a 4 °C; luego el extracto se filtró a través de una membrana de 0,45 µm. A 0,3 mL de extracto se agregó 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 un espectrofotómetro UV-VIS (Perkin Elmer modelo Lambda 365, USA). Se construyó una curva de calibración de trolox: $y = 0,00077x$, $r^2 = 0,995$. Los resultados se expresan como equivalentes trolox (µmol) por 100 g en base seca.

Proteínas: Se determinó mediante el método 2.057 de la AOAC²⁷ que se fundamenta en la transformación del nitrógeno presente en las proteínas a nitrógeno inorgánico mediante el procedimiento Kjeldahl. Para la determinación final de proteínas se multiplicó el porcentaje de nitrógeno detectado por el factor 6,25^{1,7,22,28}. Los resultados se expresaron en porcentaje (%) de proteína total.

Grasas: Se realizó mediante el método 209.093 de la Norma Técnica Peruana²⁹ basado en la extracción de la grasa de alimentos en un equipo Soxhlet. Los resultados se evidencian en porcentaje (%) de grasa total.

Cenizas: Se efectuó mediante el método 942.05 de la AOAC³⁰, las muestras se calcinaron en una mufla (Heraeus-Hanau- MR-170, Alemania) a 600 °C por un tiempo de dos horas. Los resultados se expresaron en porcentaje (%) de ceniza total en base seca.

Humedad: Se determinó mediante una balanza de humedad (marca Radwag, modelo MA50X2A, Polonia). Los resultados se presentaron en porcentaje (%) de humedad.

Análisis estadístico

Las determinaciones de compuestos fenólicos totales, betalaínas, capacidad antioxidante, cenizas y humedad se realizaron por triplicado. Las proteínas y grasas se realizaron por duplicado. Los resultados se expresaron como valores medios con su desviación estándar. Las diferencias en las determinaciones analíticas entre los tratamientos se examinaron mediante un análisis de varianza (ANOVA). También se utilizó la prueba de significación de Tukey ($p \leq 0,05$) para comprobar diferencias relevantes dentro de los tratamientos. Los análisis se realizaron en el programa estadístico InfoStat versión 2020.

RESULTADOS

La germinación se comprobó por la emisión de radículas en las semillas las que alcanzaron una longitud promedio de 4, 12 y 35 mm en granos color rosado y 8, 25 y 40 mm en granos negros sometidas a 24, 48 y 72 h respectivamente; el porcentaje de germinación fue superior a 95% en ambos ecotipos.

Los resultados para la determinación de compuestos bioactivos se muestran en la tabla 1. Se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en

todos los tratamientos investigados para la determinación de compuestos fenólicos totales, teniendo el mayor valor en kiwicha grano negro con 72 h de germinación (926 ± 2 mg EAG/100 g) mientras que el menor valor registrado fue 168 ± 2 mg EAG/100 g en kiwicha grano rosado sin germinar.

Los mayores registros de betalaínas se obtuvieron en granos de kiwicha color rosado con 72 h y 48 h de germinación. Con 72 h de germinación se detectó $3,17 \pm 0,03$ mg BT/100 g y con 48 h de germinación $3,12 \pm 0,03$ mg BT/100 g sin diferencias entre ellos; pero, con diferencias significativas frente a los demás tratamientos; siendo $0,26 \pm 0,05$ mg BT/100 g en grano negro sin germinar el menor registro de betalaínas.

La mayor capacidad antioxidante se registró en granos color negro con 72 h de germinación (450 ± 1 µmol TE/100 g) con diferencia significativa respecto a los demás tratamientos; el menor valor fue $56,6 \pm 1,1$ µmol TE/100 g de grano rosado sin germinar.

Respecto al contenido de proteínas, los valores mayores fueron detectados en granos de kiwicha color negro con 72, 48 y 24 h de germinación logrando $17,9 \pm 0,11\%$; $17,6 \pm 0,34\%$ y $17,4 \pm 0,25\%$ respectivamente, siendo similares entre ellos, pero con diferencias significativas frente a los otros tratamientos; grano rosado con 24 h de germinación ($14,2 \pm 0,06\%$) y grano rosado sin germinar ($13,7 \pm 0,25\%$) registraron los menores valores, sin diferencias entre ellos.

El contenido de grasas disminuyó por efecto del periodo de germinación; en grano rosado sin germinar se encontró $7,10 \pm 0,03\%$ con diferencia significativa frente a los demás tratamientos y con una diferencia de 2,5% respecto a grano negro con 72 h de germinación ($4,61 \pm 0,05\%$) que ofreció el menor valor en grasas.

La germinación por periodos de 72, 48 y 24 h en granos negros de kiwicha obtuvieron los mayores efectos en el contenido de cenizas logrando $3,22 \pm 0,07\%$; $3,05 \pm 0,170\%$ y $2,83 \pm 0,15\%$ respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellos; este grupo ofreció diferencias evidentes respecto al menor contenido de cenizas revelado en granos rosados sin germinar ($2,05 \pm 0,07\%$).

La humedad en granos de kiwicha rosado y negro correspondiente al tiempo cero (sin germinar) fueron semejantes entre ellos logrando $10,3 \pm 0,05\%$ y $10,2 \pm 0,09\%$ respectivamente, ambos demostraron diferencias significativas respecto a la menor humedad detectada a 72 h de germinación con valores de $9,25 \pm 0,05\%$ en grano rosado y $9,11 \pm 0,03\%$ en grano negro.

La tendencia de las determinaciones analíticas en granos de kiwicha de grano negro y rosado establecieron que a medida que se incrementó el periodo de germinación se incrementaron los valores de compuestos fenólicos, betalaínas, capacidad antioxidante, proteínas y cenizas; en cambio los valores de grasas y humedad disminuyeron progresivamente.

Tabla 1. Determinaciones analíticas en muestras de dos ecotipos de kiwicha “grano negro” y “grano rosado” sometidos a diferentes periodos de germinación.

Determinaciones analíticas							
Ecotipos de	Compuestos	Betalaínas	Capacidad	Proteínas (%)	Grasas (%)	Cenizas (%)	Humedad (%)
kiwicha y	fenólicos totales	(mg BT/100 g)	antioxidante	n: 2	n: 2	n: 3	n: 3
periodos de	(mg EAG/100 g)	n: 3	(μmol TE/100 g)				
germinación	n: 3		n:3				
Grano negro							
Sin germinar	241±1,84f	0,257±0,05e	78,2±1,04g	15,3±0,16b	5,10±0,03e	2,71±0,16bc	10,2±0,09a
24 h de G	655±1,77c	0,710±0,02d	133±1,74e	17,4±0,25a	4,90±0,04ef	2,83±0,15ab	9,81±0,05b
48 h de G	869±1,59b	1,31±0,12c	202±1,58c	17,6±0,34a	4,77±0,06fg	3,05±0,17ab	9,70±0,05bc
72 h de G	926±1,58a	1,57±0,04b	450±1,23a	17,9±0,11a	4,61±0,05g	3,22±0,07a	9,11±0,03e
Grano rosado							
Sin germinar	168±1,81h	1,30±0,03c	56,6±1,10h	13,7±0,25d	7,10±0,03a	2,05±0,07d	10,3±0,05a
24 h de G	203±1,45g	1,38±0,05c	90,8±1,22f	14,2±0,06cd	6,86±0,06b	2,12±0,10d	9,60±0,03cd
48 h de G	375±1,53e	3,12±0,03a	167±1,40d	14,9±0,06bc	6,28±0,07c	2,22±0,08d	9,46±0,07d
72 h de G	574 ±1,45d	3,17±0,03a	258±1,49b	15,5±0,08b	5,71±0,10d	2,41±0,23cd	9,25±0,05e
CV (%)	0,330	3,35	0,760	1,20	1,03	5,45	0,580

En cada columna de las determinaciones analíticas los datos se presentan como resultado de una media con su desviación estándar (±) e incluye letras minúsculas que cuando son diferentes indican diferencia estadística significativa entre tratamientos según el test de Tukey (p≤0,05); n: número de muestras; CV: coeficiente de variabilidad.G= germinación.

Tabla 2. Correlaciones lineales para las determinaciones analíticas (y) por efecto de periodos de germinación (x) en muestras de dos ecotipos de kiwicha “grano negro” y “grano rosado”.

Determinaciones analíticas línea de	Ecuación de la de regresión	Coefficiente de correlación (r)	Coefficiente determinación (r ²)
Compuestos fenólicos totales en kiwicha grano negro	$y = 9,462x + 332,27$	0,94	0,890
Compuestos fenólicos totales en kiwicha grano rosado	$y = 5,793x + 121,65$	0,96	0,927
Betalaínas en kiwicha grano negro	$y = 0,0189x + 0,283$	0,99	0,980
Betalaínas en kiwicha grano rosado	$y = 0,0306x + 1,14$	0,91	0,828
Capacidad antioxidante en kiwicha grano negro	$y = 4,9317x + 38,305$	0,93	0,869
Capacidad antioxidante en kiwicha grano rosado	$y = 2,8339x + 41,178$	0,98	0,966
Proteínas en kiwicha grano negro	$y = 0,0328x + 15,867$	0,88	0,776
Proteínas en kiwicha grano rosado	$y = 0,0253x + 13,673$	0,99	0,996
Grasas en kiwicha grano negro	$y = -0,0067x + 5,085$	0,99	0,993
Grasas en kiwicha grano rosado	$y = -0,0198x + 7,2$	0,98	0,971
Cenizas en kiwicha grano negro	$y = 0,0073x + 2,69$	0,99	0,989
Cenizas en kiwicha grano rosado	$y = 0,0049x + 2,023$	0,97	0,948
Humedad en kiwicha grano negro	$y = -0,0146x + 10,24$	0,97	0,941
Humedad en kiwicha grano rosado	$y = -0,0136x + 10,139$	0,93	0,874

Y: variable dependiente (compuestos fenólicos, betalaínas, capacidad antioxidante, proteínas, cenizas, grasas y humedad) y las variables independientes (0, 24, 48 y 72 horas de germinación).

DISCUSIÓN

Compuestos fenólicos totales. En este estudio el periodo de germinación incrementa significativamente el contenido de compuestos fenólicos totales en granos de kiwicha negra

y rosada de manera progresiva comparada con granos sin germinar. En general, las muestras de kiwicha color negro presentan mayor contenido de compuestos fenólicos respecto a granos color rosado. En las muestras de granos no germinados

el contenido de compuestos fenólicos serían producto del efecto de diversos factores agronómicos, aspectos genéticos y condiciones ambientales sobre las plantas de kiwicha²¹. La germinación es un proceso catabólico que a través de la hidrólisis de nutrientes de reserva abastece de compuestos fundamentales para iniciar el crecimiento de las plantas^{16,20}. Entonces, el proceso de la germinación ocasiona cambios bioquímicos para favorecer el desplazamiento, acumulación y metabolismo de compuestos fenólicos y otros compuestos bioactivos¹⁷. Al respecto, Olawoye et al.³¹ demostraron que el incremento de los compuestos fenólicos durante la germinación estaría asociado a la actividad de la enzima fenilalanina amoniaco-liasa procedente de la formación de nuevos compuestos fitoquímicos; en cambio, Choque et al.²⁸; Huamaní et al.³²; Cornejo et al.²² sugieren que la formación de compuestos fenólicos en la germinación es provocada por enzimas relacionadas con la vía de los fenilpropanoides.

En esta investigación, el efecto de 72 h de germinación logró valores hasta $926 \pm 1,58$ mg EAG/100 g en grano negro y $574 \pm 1,45$ mg EAG/100 g en grano rosado; resultados diferentes son reportados por Pilco et al.²⁰ con 432 mg EAG/100 g en granos de kiwicha Oscar blanco para 72 h de germinación; Aguilar et al.²³ encontraron 1194 mg/100 g en granos de kiwicha Oscar blanco sometidos entre 96 a 144 h de germinación; Paucar-Menacho et al.²¹ informaron valores de 385 mg EAG/100 g en granos de la variedad Centenario para 63 h de germinación; Cornejo et al.²² obtuvieron 17,6 mg EAG/100 g en granos sin germinar y 58,6 mg EAG/100 g en granos con 24 horas de germinación; Chamorro et al.⁷ al efectuar la caracterización de 30 accesiones de kiwicha sin tratamientos de germinación se revelaron valores entre 51,3 y 75,7 mg EAG/100 g para la accesión PER002363 y PER002380 respectivamente; Repo et al.³⁴ en kiwicha sin germinar encontraron entre 19,5 y 30,4 mg EAG/100 g; Priyanka et al.³³ en *Amaranthus hypochondriacus* reportaron 58,3; 68,3 y 74,1 mg EAG/100 g correspondiente a 24, 48 y 72 h de germinación respectivamente.

Se observa una estrecha relación de interdependencia lineal entre el contenido de compuestos fenólicos y los periodos de germinación con coeficientes de correlación (r) de 0,94 para grano negro y 0,96 para grano rosado; el coeficiente de determinación (r^2) permite inferir que el tiempo de germinación influye en 89% y 92,7% en el contenido de compuestos fenólicos en grano negro y grano rosado respectivamente. En consecuencia, la germinación es un bioproceso apropiado para mejorar la concentración de compuestos fenólicos en granos de kiwicha color negro y rosado, estos resultados son favorables por sus beneficios asociados a las propiedades antioxidantes y la prevención de diversas enfermedades²⁸.

Betalainas. Las betalainas son compuestos importantes porque poseen actividad antioxidante y se utilizan como colorantes naturales para la industria alimentaria^{6,9}. En el presente estudio la germinación aumenta la presencia de betalainas en granos de kiwicha negra y rosada respecto

a los granos sin germinar. Las muestras de kiwicha color rosado registran mayores valores de betalainas frente a granos color negro.

Los mayores resultados en grano negro se detectan a 72 h de germinación (1,57 mg BT/100 g) con diferencia significativa frente a granos negros en tiempo cero sin germinar (0,257 mg BT/100 g). En granos rosados con 72 h de germinación también se obtienen mayores resultados (3,17 mg BT/100 g) con diferencia significativa respecto al tiempo cero (1,30 mg BT/100 g). Estos datos son mayores a los descritos por Chamorro et al.⁷ quienes evaluaron 30 accesiones de kiwicha registrando 1,10 mg BT/100 g en la accesión PER 002359; Repo et al.³⁴ analizaron granos de kiwicha color rosado procedentes del Cusco-Perú y reportaron 1,90 mg/100 g de betalainas del grupo de betacianinas de los cuales 1,00; 0,80 y 1,0 mg/100 g corresponden a amarantina, isoamarantina y betalinas respectivamente; Cai et al.³⁵ publicaron que las plantas de kiwicha que contienen betalainas del grupo de betacianinas y betaxantinas presentaron fuerte actividad antioxidante; Li et al.³⁶ revelaron diversos valores de betalainas en plantas de *Amaranthus caudatus* siendo 0,960 mg/100 g en semillas; 1,42 mg/100 g en tallos; 20,9 mg/100 g en hojas; 6,02 mg/100 g en flores y 2,69 mg/100 g en brotes.

Los coeficientes de correlación (r) de 0,99 en grano negro y 0,91 en grano rosado establecen una dependencia directa entre el tiempo de germinación y el contenido de betalainas. Según el coeficiente de determinación (r^2) los periodos de germinación poseen un efecto del 98,0% y 82,8% en el contenido de betalainas en grano negro y grano rosado de kiwicha respectivamente.

Capacidad antioxidante. El consumo de alimentos ricos en compuestos antioxidantes puede prevenir la formación de los radicales libres que desencadenan un estrés oxidativo ocasionando enfermedades degenerativas crónicas³⁷. La capacidad antioxidante de la kiwicha se debe a la actividad antioxidante de sus compuestos, así como a su concentración y naturaleza³³. La investigación evidencia que durante el proceso de germinación se incrementó la capacidad antioxidante de las muestras de kiwicha cotejado con muestras sin germinar. La germinación genera varios cambios metabólicos por aumento de la actividad de las enzimas hidrolíticas endógenas³⁸ y constituye un proceso eficiente para aumentar la actividad antioxidante de la kiwicha^{7,10}. Los granos color negro evidencian mayor capacidad antioxidante (450 μ mol TE/100 g en 72 h de germinación) respecto a los granos color rosado (258 μ mol TE/100 g en 72 h de germinación); estos resultados son distintos a los publicados por Cornejo et al.²² reportando 3219 μ mol TE/100 g en granos de *A. caudatus* sin germinar y 3574 μ mol TE/100 g en granos expuestos a 24 horas de germinación; Aguilar et al.²³ revelan 150 mg TE/g en granos de kiwicha variedad Oscar blanco expuestos entre 96 a 144 h de germinación y en la variedad Centenario detectaron 150 mg TE/g en los mismos periodos de germinación; Paucar et al.²¹ encontraron 2526 mg TE/100 g en granos de la variedad

centenario con 63 h de germinación; Chamorro et al.⁶ informaron registros entre 119 y 268 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ en las accesiones PER002354 y PER002380 respectivamente en granos sin germinar; Repo de Carrasco et al.²⁴ en granos sin germinar encontraron rangos entre 556 a 660 $\mu\text{g trolox/g}$; Perales et al.¹⁶ declaran registros de 7,60 y 23,4 $\text{mmol TE}/100\text{ g}$ para 29,5 h y 67 h de germinación en granos de *A. hypochondriacus*; asimismo, Priyanka et al.³³ la actividad antioxidante de *A. hypochondriacus* como porcentaje de inhibición con 23,7; 30,7 y 34,1% correspondiente a 24, 48 y 72 h de germinación respectivamente.

Los análisis estadísticos demuestran una alta correlación entre la capacidad antioxidante y los periodos de germinación (r : 0,93 grano negro y 0,98 grano rosado); la contribución de los periodos de germinación en la capacidad antioxidante se presenta en forma directamente proporcional. La germinación repercute en 86,9% y 96,6 % en la capacidad antioxidante de granos de kiwicha color negro y rosado respectivamente. En consecuencia, la kiwicha de grano color negro y rosado debe ser considerado como fuente potencial de antioxidantes y su concentración es favorecido por la germinación.

Proteínas. Existen varios estudios que demuestran alto contenido de proteínas (13-16%) en granos de kiwicha respecto a otros cereales, la gran mayoría son evaluados en la variedad Oscar blanco de grano color claro. Sin embargo, son escasos los estudios publicados sobre el efecto de la germinación sobre las proteínas en granos de kiwicha subutilizados de color negro y rosado. En la presente investigación se revela 17,9% en grano negro y 15,5% en grano rosado expuestos a 72 horas de germinación, en cambio en muestras sin germinar se detecta 15,3% en grano negro y 13,7% en grano rosado. La germinación produce y moviliza nutrientes de reserva de la semilla provocando el incremento de proteínas²⁰. Según Bewley et al.³⁹ en pseudocereales como la kiwicha el incremento de proteínas es favorecido porque ocurre la liberación de aminoácidos libres y sucede en los tres primeros días de la germinación.

Los registros de proteínas de la investigación son diferentes a los revelados por Pilco et al.²⁰ quienes en la variedad Oscar blanco reportaron 17,4%; 20,2%; 23,7% en muestras de grano sometidos a 24, 48 y 72 h de germinación, respectivamente; en cambio, en granos sin germinar identificaron 15,4% de proteínas; Bravo et al.⁴⁰ revelaron un contenido de 16,4% en granos germinados durante 24 h y en granos sin germinar 14,4% en la variedad Oscar blanco; Chamorro et al.⁷ al valorar 30 accesiones de kiwicha Oscar blanco identificaron 16,6% y 14,4% en las accesiones PER002380 y PER002357 respectivamente en granos sin germinar; Repo-Carrasco-Valencia et al.³⁴ en granos de kiwicha procedentes del Cusco-Perú sin germinar reportaron entre 12,8% y 15,9% en granos negros y 14,5% en granos rosados; Cornejo et al.²² detectaron 16,0% en muestras sin germinar y en granos germinados durante 24 h identificaron 20,7%; en *Amaranthus hypochondriacus* Priyanka et al.³³ reportaron 18%; 18,4 % y 18,6% de grasas en

muestras con 24, 48 y 72 h de germinación respectivamente; López et al.⁴¹ revelaron 16,7% de proteínas.

Los coeficientes de correlación para grano negro y grano rosado determinan una dependencia directa entre el contenido de proteínas y los tiempos de germinación; el coeficiente de determinación permite inferir que los periodos de germinación poseen mayor efecto en granos de color rosado (99,6%) en cambio en granos color rosado su efecto alcanza a 77,6%.

Grasas. El consumo de granos andinos como la kiwicha es beneficioso porque constituye una fuente potencial de energía debido a su significativo contenido de grasas saludables^{20,21}. Se observa que conforme incrementan los periodos de germinación los valores de grasas disminuyen en comparación con los granos sin germinar. Las grasas se ubican el endospermo y embrión del grano de kiwicha y su disminución durante el periodo de germinación se debería a su utilización como fuente de energía^{7,33,39}.

La disminución de grasas en granos negros sometidos a 72 h de germinación alcanza un 19,6% respecto al testigo (sin germinar); en el caso de grano rosado la exposición a 72 h de germinación logra una disminución de 9,7% en el contenido de grasas. Resultados similares son publicados por Pilco et al.²⁰ en la variedad Oscar blanco, descubrieron 9,3%; 7,9% y 5,4% en muestras de grano expuestos a 24, 48 y 72 h de germinación, respectivamente; en cambio, en granos sin germinar identificaron 13,7% de grasas; Cornejo et al.²² revelaron 8,2% en muestras sin germinar y en granos germinados durante 24 h identificaron 5,6%; Bravo et al.⁴⁰ descubrieron 8,3% de grasas en granos germinados por 24 h y en granos sin germinar 8,4% en la variedad Oscar blanco; Priyanka et al.³³ en *Amaranthus hypochondriacus* reportaron 4,7%; 3,7% y 2,6% de grasas en muestras sometidas a 24, 48 y 72 h de germinación respectivamente. Por otro lado, Repo et al.³⁴ en granos de kiwicha Oscar blanco del Cusco-Perú sin germinar encontraron entre 6,5% y 6,7% en granos negros y 7,6% en granos rosados; Chamorro et al.⁷ al estudiar 30 accesiones de kiwicha Oscar blanco reportaron 9,7% y 7,2% en las accesiones PER002456 y PER002377 respectivamente en granos sin germinar; López et al.⁴¹ en *A. hypochondriacus* registraron 5,5% de grasas.

Se encuentra alta correlación entre los periodos de germinación y el contenido de grasas, el efecto de los periodos de germinación en el contenido de grasas fue en inversamente proporcional. Los periodos de germinación repercuten en 99,3% y 97,1% en la disminución del contenido de grasas en granos color negro y rosado respectivamente.

Cenizas. Las cenizas representan el contenido total de minerales en los alimentos muchos de ellos son de importancia nutricional^{2,9}; existe alta variabilidad en el contenido y la composición química de las cenizas inclusive en plantas de kiwicha, estas diferencias están asociados principalmente a aspectos genéticos, condiciones ambientales del entorno y al manejo agronómico^{9,39}. En el presente estudio, se observa que a medida que se incrementan los periodos de germinación los porcentajes de cenizas

también se incrementan en comparación con los granos sin germinar; siendo mayor el contenido de cenizas en granos negros respecto a granos rosados. Durante el proceso de la germinación de granos de kiwicha ocurren diferentes cambios en la distribución de metabolitos secundarios que favorecen su valor nutricional^{4,13}.

El incremento de cenizas en granos negros con 72 h de germinación alcanza un 18,8% frente a granos sin germinar; en cambio, la germinación por 72 h logra un incremento del 17,5% en el contenido de cenizas en granos rosados.

Resultados semejantes son reportados en la variedad Oscar blanco por Bravo et al.⁴⁰ registrando 3,2% de cenizas en granos germinados por 24 h y en granos sin germinar 2,7%; Cornejo et al.²² reportaron 3,2% en muestras sin germinar y en granos germinados durante 24 h registraron 4,4%; en cambio, son diferentes los resultados publicados por Pilco et al.²⁰ que en la variedad Oscar blanco registraron 3,4%; 3,1% y 2,5% de cenizas en granos sometidos a 24, 48 y 72 h de germinación, respectivamente y en granos sin germinar reportaron 3,8%; Chamorro et al.⁷ en kiwicha Oscar blanco identificaron rangos entre 3,7% a 1,9% sin germinación correspondiente a las accesiones PER002381 y PER002354 respectivamente; Repo et al.³⁴ encontraron valores entre 2,5 y 2,5% de cenizas en granos negros de kiwicha; así como, 2,2% en grano rosado y 2,8% en granos color crema; por otro lado, en *A. hypochondriacus* López et al.⁴¹ informaron 2,7% de cenizas; mientras que, Priyanka et al.³³ encontraron 2,16%; 2,15 % y 2,09% de cenizas en granos expuestos a 24, 48 y 72 h de germinación respectivamente.

También se registran relaciones de interdependencia directamente proporcional entre el periodo de germinación y el contenido de cenizas.

Humedad. La presencia de humedad en los granos de kiwicha es indispensable para el desarrollo de innumerables transformaciones bioquímicas que ocasionan cambios en su composición nutricional^{28,40}. Se demuestra que conforme los periodos de germinación aumentaron los porcentajes de humedad disminuyeron progresivamente cotejado con la humedad de granos sin germinar. En granos negros expuestos a 72 h de germinación la disminución de humedad llega a 11,0% y en grano rosado la germinación por 72 h logró disminuir 10,2% del contenido de humedad respecto a la muestra sin germinar.

Sobre el efecto de la germinación en la humedad de granos de kiwicha variedad Oscar blanco Pilco et al.²⁰ registraron 11,4%; 5,1% y 4,6% de humedad en granos expuestos a 24, 48 y 72 h de germinación respectivamente, en granos sin germinar reportaron 6,9%; Cornejo et al.²² determinaron 11,3% en muestras sin germinar y 8,6% en granos germinados por 24 h; Bravo et al.⁴⁰ encontraron 5,7% de humedad en granos germinados por 24 h y en granos sin germinar 10%; Chamorro et al.⁷ en kiwicha Oscar blanco sin germinación informaron rangos entre 11,8% a 10,2% de humedad correspondiente a las accesiones PER002380 y PER002359 respectivamente; Repo et al.³⁴ identificaron entre 12,1% y 11,5% de humedad en granos negros de kiwicha;

11,4% en grano rosado y 11,1% en granos color crema; en *Amaranthus hypochondriacus* Priyanka et al.³³ reportaron 10,1%; 9,9% y 9,8% de humedad en muestras sometidas a 24, 48 y 72 h de germinación respectivamente y López-Mejía et al.⁴¹ determinaron 7,2% de humedad. Se registran relaciones de interdependencia inversamente proporcional entre los periodos de germinación y el contenido de humedad en granos de kiwicha color negro y rosado.

CONCLUSIONES

Los periodos de germinación de 24, 48 y 72 h incrementaron de forma progresiva los contenidos de compuestos fenólicos totales, betalaínas, capacidad antioxidante, proteínas y cenizas en granos de kiwicha color negro y rosado; en cambio, disminuyeron gradualmente los contenidos de grasas y humedad, comparado con granos sin germinación. Los valores de compuestos fenólicos totales, capacidad antioxidante, proteínas y cenizas en granos de kiwicha color negro fue mayor respecto a granos de color rosado; en cambio, los granos de color rosado registraron valores superiores de betalaínas, grasas y humedad cotejado con granos color negro, por efecto de la exposición a los periodos de germinación.

Se deduce que los periodos de germinación controlada beneficiarían los compuestos bioactivos y la calidad nutricional de granos de ecotipos subutilizados de kiwicha de color negro y color rosado. Sin embargo, es necesario efectuar estudios de mayor profundidad para identificar de manera detallada el perfil nutricional de ambos ecotipos de kiwicha.

Agradecimientos. Nuestro especial agradecimiento a la Empresa "Cusco Mara" EIRL - Perú y al personal del Laboratorio de Análisis Agroambiental de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa-Perú, por las facilidades brindadas para el logro de objetivos de la presente investigación.

Financiamiento: Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de agencias de financiamiento de los sectores público, comercial o sin fines de lucro.

REFERENCIAS

1. de la Paz M, Martínez-López A, Villanueva-Lazo A, Pedroche J, Millan F, Millan-Linares M. Identification and characterization of novel antioxidant protein hydrolysates from kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *Antioxidants*. 2021; 10: 645.
2. Reyes S, Canto M. Knowledge about healthy food among Peruvian public university students. *Rev Chil Nutr*. 2020; 47: 67-72.
3. Gonzalez CG, Domper A, Fonseca L, Lera L, Correa P, Zacarías I, et al. Application and effectiveness of an educational model for healthy habits with fruit delivery and physical activity program for schoolchildren. *Rev Chil Nutr*. 2020; 47: 991-999.
4. Rojas-Rivas E, Espinoza-Ortega A, Thomé-Ortíz H, Moctezuma-Pérez S, Cuffia, F. Understanding consumers' perception and consumption motives towards amaranth in Mexico using the Pierre Bourdieu's theoretical concept

- of Habitus. *Appetite*. 2019; 139: 180-188.
5. Burgos V, Del Castillo V. Use of pre-cooked kiwicha (*Amaranthus caudatus*) for the development of functional bars. *Rev Chil Nutr*. 2021; 48: 307-318.
 6. Mejía-Valvas RL, Gómez-Pando L, Pinedo-Taco R. Characterization of the productive units of kiwicha (*Amaranthus caudatus*) cropping in the provinces of Yungay, Huaylas and Carhuaz, department of Ancash, Perú. *Cienc Tecnol Agropec*. 2021; 22: 1440.
 7. Chamorro R, Repo-Carrasco R, Ccapa K, Quispe F. Chemical composition and bioactive compounds of thirty accessions of kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *Rev Soc Quím Perú*. 2018; 84: 362-374.
 8. Jiménez M, Giménez M, Farfán N, Sammán N. Consumer acceptability of a sweet bread nutritionally enriched through linear programming with broad bean, chia and amaranth flours. *Rev Chil Nutr*. 2019; 46: 279-287.
 9. Velásquez-Barreto F, Arteaga H, Alvarez-Ramirez J, Bello-Pérez L. Structural, functional, and chemical properties of small starch granules: Andean quinoa and kiwicha. *Food Hydrocoll*. 2021; 120: 106883.
 10. Martínez-López A, Millán-Linares M, Rodríguez-Martin N, Millán F, Montserrat-de la Paz S. Nutraceutical value of kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *J Funct Foods*. 2020; 65: 103735.
 11. Martínez SL. Food security, self-sufficiency, and the availability of amaranth in Mexico food security, self-sufficiency, and the availability of amaranth in Mexico. *Prob Des*. 2016; 47: 107-132.
 12. Carciochi RA, Galván-D'Alessandro L, Vandendriessche P, Chollet S. Effect of germination and fermentation process on the antioxidant compounds of quinoa seeds. *Plant Foods Hum Nutr*. 2016; 71: 361-367.
 13. Singh AK, Rehal J, Kaur A, Jyot G. Enhancement of attributes of cereals by germination and fermentation: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2015; 55:1575-1589.
 14. Valenzuela-Antezana R, Mita-Ticona G, Zapana-Yucra F, Quilla-Cayllahua D, Miranda-Alejo R, Mita-Churqui U. Effect of germination and cooking on the nutritional properties of three varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Rev Investig Altoandin*. 2015; 17: 169-172.
 15. Tovar E, Perafán E, Enríquez M, Pismag Y, Cerón-Fernández L. Extrusion process effect evaluation on normal and germinated flour quinoa (*Chenopodium quinoa* willd). *Rev Bio Agro*. 2017; 15: 30-38.
 16. Perales-Sánchez JK, Reyes-Moreno C, Gómez-Favela MA, Milán-Carrillo J, Cuevas-Rodríguez EO, Valdez-Ortiz A, et al. Increasing the antioxidant activity, total phenolic and flavonoid contents by optimizing the germination conditions of amaranth seeds. *Plant Foods Hum Nutr*. 2014; 69: 196-202.
 17. Gawlik-Dziki U, Swieca M, Sułkowski M, Dziki D, Baraniak B, Czyż J. Antioxidant and anticancer activities of *Chenopodium quinoa* leaves extracts – in vitro study. *Food Chem Toxicol*. 2013; 57: 154-60.
 18. Ferreira-Aulu M, Del Carpio O, Kaskinen J, Lakkala H, Morales-Soriano E, Repo-Carrasco-Valencia R, et al. Scenarios for the future of Andean crops. The desirable future of the Peruvian agrifood sector towards 2030, focusing on Andean crops. UNALM – CIINCA. Lima, Perú. 2020, p. 6-10.
 19. Bravo R, Valdivia R, Andrade K, Padulosi S, Jager M. Andean grains. *Advances, achievements and experiences developed in quinoa, cañihua and kiwicha in Peru. Bioversity International*. Roma, Italia. 2010, p.148.
 20. Pilco-Quesada S, Tian Y, Yang B, Repo-Carrasco-Valencia R, Suomela J. Effects of germination and kilning on the phenolic compounds and nutritional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *J Cereal Sci*. 2020; 94: 102996.
 21. Paucar-Menacho LM, Peñas E, Dueñas M, Frias J, Martínez-Villaluenga C. Optimizing germination conditions to enhance the accumulation of bioactive compounds and the antioxidant activity of kiwicha (*Amaranthus caudatus*) using response surface methodology. *LWT - Food Sci Technol*. 2017; 76: 245-252.
 22. Cornejo F, Novillo G, Villacrés E, Rosell CM. Evaluation of the physicochemical and nutritional changes in two amaranth species (*Amaranthus quitensis* and *Amaranthus caudatus*) after germination. *Food Res Internat*. 2019; 121: 933-939.
 23. Aguilar E, Romero M. Antioxidant activity of the germinate of the seed of four varieties of *Amaranthus caudatus* L. "kiwicha". *Rev Inv UNSCH*. 2018; 26:99-104.
 24. Repo de Carrasco R, Encina C. Determination of antioxidant capacity and phenolic compounds in andean cereals: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Rev Soc Quím Perú*. 2008; 74: 85-99.
 25. Hernández-Fuentes A, Franco A, Gallégo-Vázquez C, Campos R, Pinedo-Espinoza J. Antioxidant activity of xoconostle genotypes (*Opuntia joconostle*) from the state of zacatecas, Mexico. *Rev Iber Tec Post*. 2015;16: 81-85.
 26. 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.
 27. Association of Official Agricultural Chemists AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC. 13 th ed. Washington, D.C., The Association, 1980, p. 376-384.
 28. Choque-Quispe D, Ligarda-Samanez CA, Ramos-Pacheco BS, Leguía-Damiano S, Calla-Florez M, Zamallos-Puma L, et al. Phenolic compounds, antioxidant capacity, and protein content of three varieties of germinated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Ing Investig*. 2021; 41: 89831.
 29. National Institute of Quality of Peru. INACAL. 209.093 NTP, Lima-Perú. 1993.
 30. Association of Official Agricultural Chemists AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC. 15 th ed. Washington, D.C., The Association, 1990, p. 70-88.
 31. Olawoye BT, Gbadamosi SO. Effect of different treatments on in vitro protein digestibility, antinutrients, antioxidant properties and mineral composition of *Amaranthus viridis* seed. *Cogent Food Agric*. 2017; 3: 1296402.
 32. Huamaní F, Tapia M, Portales R, Doroteo V, Ruiz C, Rojas R. Proximate analysis, phenolics, betalains, and antioxidant activities of three ecotypes of kañiwa (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen) from Peru. *Pharmacol*. 2020; 1: 229-236.
 33. Priyanka T, Krishan K, Naseer A, Divya C, Qurat U, Sumaira J, et al. Effect of soaking and germination treatments on nutritional, anti-nutritional, and bioactive properties of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.), quinoa (*Chenopodium quinoa* L.), and buckwheat (*Fagopyrum esculentum* L.). *Curr Res Nutr Food Sci*. 2021; 4: 917-925.
 34. Repo-Carrasco-Valencia R, Jarkko KH, Juha-Matti P, Pirjo

- HM. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chem.* 2010; 120: 128-133.
35. Cai Y, Sun M, Corke H. Antioxidant activity of betalains from plants of the Amaranthaceae. *J Agric Food Chem.* 2003; 51: 2288-2294.
36. Li H, Deng Z, Liu R, Zhu H, Draves J, Marcone M, et al. Characterization of phenolics, betacyanins and antioxidant activities of the seed, leaf, sprout, flower and stalk extracts of three *Amaranthus* species. *J Food Compos Anal.* 2015; 37: 75-81.
37. Olivares L, Cabrera G, Martínez T. Importance of dietary antioxidants in reducing oxidative stress. *Investig. Cienc.* 2010; 50:10 -15.
38. Alvarez-Jubete L, Arendt E, Gallagher E. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends Food Sci Technol.* 2010; 21: 106-113.
39. Bewley D, Bradford K, Hilhorst H, Nonogaki H. *Seeds: Physiology of deveopment, germination and dormancy.* Springer. Londres. 2013, p. 133-18.
40. Bravo M, Reyna J, Gómez-Sánchez I, Huapaya M. Chemical and nutritional study of germinated Andean grains of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Rev Per Ing Quim.* 2013; 16: 54-60.
41. López-Mejía OA, López-Malo A, Palou E. Antioxidant capacity of extracts from amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) seeds or leaves. *Ind Crops Prod.* 2014; 53: 55-59.