

# Productos alimenticios etiquetados como “orgánicos” a base de cultivos andinos: un estudio de sus bio-componentes y actividad antioxidante *in vitro*

## Food products labeled as “organic” based on Andean crops: a study of their biocomponents and antioxidant activity *in vitro*

Juana ZVALETA MELGAR<sup>1</sup>, Ana María MUÑOZ<sup>2,3</sup>, Fernando RAMOS ESCUDERO<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Nutrición y Dietética, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú.

<sup>2</sup> Unidad de Investigación en Nutrición, Salud, Alimentos Funcionales y Nutraceuticos, Universidad San Ignacio de Loyola (UNUSAN-USIL), Lima, Perú.

<sup>3</sup> Instituto de Ciencias de los Alimentos y Nutrición, Universidad San Ignacio de Loyola (ICAN-USIL), Lima, Perú.

Recibido: 22/noviembre/2023. Aceptado: 15/enero/2024.

### RESUMEN

**Objetivo:** En este estudio se plantea la evaluación de sus propiedades antioxidantes de varios productos con etiquetado “orgánico” elaborados con matrices alimentarias de cultivos andinos.

**Materiales y métodos:** Un total de 23 muestras con etiquetado “orgánico” a base de cultivos andinos fueron evaluadas en función a la composición nutricional, propiedades antioxidantes (polifenoles totales, flavonoides totales, antocianinas, betalainas y actividad de secuestro de radicales DPPH).

**Resultados:** Los resultados de este estudio muestran que las semillas (S1 a S7) seguido de las mezcla de harinas (PM1 y PM3) presentan altos contenidos de proteínas, mientras que la semilla de chía (S2) fueron ricos en lípidos y cenizas. Mejores contenidos de polifenoles, flavonoides, flavanoles, flavonoles y antocianinas fueron observados en las mezcla de harina (PM1 a PM5), estas mezclas fueron obtenidas a partir de maca, quinua, maíz morado, cacao, y lúcuma, mientras que las semillas como quinua perlada roja, amaranto, quinua roja, quinua negra, y quinua tricolor contribuyeron con betaxantinas y betacianinas. El orden de clasificación de los productos alimenticios en función del valor antioxidante y com-

posición nutricional ubicó en primer lugar a la muestra PM2 (quinua, cacao criollo, maíz morado, algarrobo, canela), segundo lugar para maíz morado (P1) y en tercer lugar para hojuelas (FL).

**Conclusiones:** Los hallazgos de este estudio permitieron establecer que la mezcla de harinas con etiquetado “orgánico” mostraron mayor actividad de secuestro de radicales DPPH.

### PALABRAS CLAVE

Cultivos andinos orgánicos; etiquetado; productos; polifenoles, antocianinas, betalainas; actividad antioxidante.

### ABSTRACT

**Objective:** In this study, the evaluation of the antioxidant properties of several products labeled “organic” made with food matrices of Andean crops is proposed.

**Material and methods:** A total of 23 samples with “organic” labelling based on Andean crops were evaluated with respect to their nutritional composition, antioxidant properties (total polyphenols, total flavonoids, anthocyanins, betalains, and DPPH radical scavenging activity).

**Result:** The results of this study show that the seeds (S1 to S7) followed by the flour mixtures (PM1 and PM3) present high protein contents, while the chia seed (S2) was rich in lipids and ashes. Regarding polyphenols, flavonoids, flavanols, flavonols and anthocyanins, it was observed that the flour mixtures (PM1 to PM5) presented better contents, these

**Correspondencia:**  
Fernando Ramos Escudero  
dramos@usil.edu.pe

mixtures were obtained from maca, quinoa, purple corn, cocoa, and lucuma, while the seeds as red pearl quinoa, amaranth, red quinoa, black quinoa, and tri-color quinoa contributed betaxanthins and betacyanins. The order of classification of the food products with the "organic" label based on the antioxidant value and nutritional composition placed the PM2 sample in first place (quinoa, Criollo cocoa, purple corn, carob powder, cinnamon), followed by purple corn flour (P1) and in third place for flakes (FL).

**Conclusion:** The findings of this study allowed us to establish that the flour mixtures labeled "organic" showed greater DPPH radical scavenging activity.

## KEY WORDS

Organic Andean crops; labelled; products; polyphenols, anthocyanins, betalains; antioxidant activity.

## INTRODUCCIÓN

El mercado mundial de alimentos y bebidas a base de cultivos orgánicos ha experimentado un crecimiento en los últimos años. La producción de alimentos con etiquetado de orgánico se elabora a partir de materias primas provenientes de la agricultura orgánica. Para el año 2021, la práctica de la agricultura orgánica fue alrededor de 76,4 millones de hectáreas y fueron gestionadas por 3,7 millones de agricultores<sup>1</sup>. Además, las ventas en el mercado mundial de alimentos y bebidas con etiquetado de ecológicas fueron aproximadamente de 135,5 billones de dólares americanos<sup>1</sup>. El efecto positivo que tiene el consumo de alimentos orgánicos es el bajo contenido de residuos de pesticidas y una mayor ingesta de metabolitos secundarios provenientes de plantas que son característicos de los alimentos orgánicos. Una reciente revisión sistemática mostró resultados significativos donde el incremento de la dieta orgánica se asocia positivamente con una menor incidencia de infertilidad, defectos de nacimiento, sensibilización alérgica, infección aguda al oído, preeclampsia, síndrome metabólico, IMC alto y linfoma no Hodgkin<sup>2</sup>. Además no hay evidencia sólida de que los alimentos orgánicos sean más nutritivos que los alimentos que provienen de cultivos convencionales. Además, varios estudios sugieren que la certificación de un producto "orgánico" no puede utilizarse como un indicador de mejor calidad nutricional. Sin embargo, la incorporación de otras matrices alimentarias orgánicas para el procesamiento de los alimentos podría explicar mejor la calidad nutricional de los productos con etiquetado "orgánico". Los cultivos provenientes de las regiones altoandinas son especies de plantas únicas y endémicas que incluyen frutas, como: lúcuma, chirimoya, pepino dulce, sauco, tumbo serrano, tuna, etc.), raíces y tubérculos (papas, camote, yacón, mashua, olluco, ashipa, arracacha, maca, etc.), semillas y granos (maíz, tarwi, etc.) y cereales (quinua, cañihua, kiwicha, etc.)<sup>3</sup>, y varios de estos productos endémicos provienen de sistemas de agricultura orgánica. Debido a su remarcable y mayor valor nutricional como polifenoles, proteínas, polisacáridos,

carotenoides, antocianinas, y betalainas han sido utilizados como ingredientes diferentes productos alimenticios como bebidas, extruidos, productos de panificación libre de gluten, pastas, aperitivos, y platos culinarios tradicionales. Varios cereales Andinos han demostrado propiedades biológicas como reductor de marcadores de riesgo de enfermedades cardiovasculares, actividad antioxidante, actividad inhibidora de la  $\alpha$ -amilasa<sup>4</sup>, y propiedad anti-hiperglucemiante.

Por lo tanto, el objetivo de estudio fue para evaluar la composición nutricional, así como el contenido de polifenoles totales, flavonoles, antocianinas, betalainas, flavanoles, flavonoles y la actividad antioxidante *in vitro* de productos orgánicos a base de cultivos andinos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Etiquetado y adquisición de las muestras*

Las muestras fueron adquiridas de los supermercados de Lima metropolitana (Wong, Tottus y Vivanda). Las muestras indican en la etiqueta que derivan de cultivo "100% orgánico" y "100% natural". Un total de 23 muestras fueron obtenidas como se describe a continuación: semillas (n=7), mezcla de harinas (n=5), harinas (n=3), pastas (n=5), productos procesados (n=3) (Tabla 1).

### *Análisis químico proximal*

Para la determinación de la composición proximal se utilizó los Métodos Oficiales de Análisis de AOAC Internacional. El contenido de humedad fue obtenido por pérdida de peso a 103°C. El contenido de proteína mediante el ensayo micro-Kjeldahl. Los lípidos mediante extracción con Soxhlet y el contenido de cenizas utilizando el horno mufla a 550°C. La disponibilidad de carbohidratos fue calculada por la diferencia (expresado en g/100g). La energía fue evaluada del contenido de proteínas (4 kcal/g), lípidos (9 kcal/g) y carbohidratos (4 kcal/g).

### *Contenido de polifenoles totales, flavonoides, flavanoles, y flavonoles*

El contenido de polifenoles totales fue determinado de acuerdo con el método del reactivo de Folin-Ciocalteu<sup>5</sup>. El contenido de flavonoides fue determinado mediante el método colorimétrico de cloruro de aluminio descrito por Alvites-Misajel et al.<sup>6</sup>. El contenido de flavanoles se realizó de acuerdo con el método de 4-(dimetilamino) cinamaldehído (DMACA) propuesto por Arnous et al.<sup>7</sup>. El contenido de flavonoles fue medido mediante el método colorimétrico de 2-aminoetil difenil borato adaptado de Oomah y Mazza<sup>8</sup>.

### *Contenido de betalainas y antocianinas*

Para la cuantificación de betacianinas (Bc) y betaxantinas (Bx) se utilizó una masa molecular y un coeficiente de extin-

**Tabla 1.** Resumen de alimentos con etiquetado "orgánico"

Cod.	Producto y marca	Ingrediente	Presentación	Certificador
S1	Ecoandino	quinua	Semillas	Control Unión Perú SAC
S2	América orgánica	semillas de chíá negra	Semillas	Kiwa BCS
S3	Eco-Inca	quinua perlada roja	Semillas	Kiwa BCS
S4	América orgánica	amaranto	Semillas	Kiwa BCS
S5	Vidandina	quinua roja	Semillas	Ceres Gmbh
S6	Vidandina	quinua negra	Semillas	Ceres Gmbh
S7	Vidandina	quinua tricolor	Semillas	Ceres Gmbh
PM1	Ecoandino	maca, quinua, maíz nativo, maíz morado, camu-camu	Mezcla de harinas	Control Unión Perú SAC
PM2	Ecoandino	quinua, cacao criollo, maíz morado, algarrobo, canela	Mezcla de harinas	Control Unión Perú SAC
PM3	Ecoandino	maca amarilla, negra y roja	Mezcla de harinas	Control Unión Perú SAC
PM4	Ecoandino	lucuma, quinua, maíz nativo, algarrobo, canela	Mezcla de harinas	Control Unión Perú SAC
PM5	America organica	cacao, quinua, azúcar de caña, tapioca	Mezcla de harinas	Kiwa BCS
P1	Ecoandino	maíz morado	Harina	Control Unión Perú SAC
P2	Ecoandino	arracacha	Harina	Control Unión Perú SAC
P3	América orgánica	maca gelatinizada	Harina	Kiwa BCS
PF	América orgánica	quinua, arroz	Pasta fusilli	Kiwa BCS
PP	América orgánica	arroz, amaranto, quinua, remolacha, espinaca, curcuma	Pasta penne	Kiwa BCS
PA1	América orgánica	quinua, arroz	Pasta anelli	Kiwa BCS
PA2	América orgánica	quinua, arroz	Pasta andina	Kiwa BCS
PT	América orgánica	arroz, amaranto, quinua, remolacha, espinaca, curcuma	Pasta trigano	Kiwa BCS
GR	Wasi organics	quinua pop, copos de avena, miel, bayas, aceite de cártamo	Producto procesado/granola	Control Unión Perú SAC
SN	Wasi organics	quinua, maíz morado, ajonjolí, aceite de cártamo	Producto procesado/snack	Control Unión Perú SAC
FL	Ecoandino	quinua, yacón, maíz morado, cacao	Producto procesado/hojuelas	Control Unión Perú SAC

ción de betanina (MW = 550,48 g/mol;  $\epsilon$  = 60,000 L/mol.cm;  $\lambda$  = 538 nm) y para indicaxantina (MW = 308 g/mol;  $\epsilon$  = 48,000 L/mol.cm;  $\lambda$  = 480 nm), respectivamente. El Contenido de antocianinas se determinó por el método de pH diferencial<sup>9</sup>. La medición de la absorbancia se realizó a 520 y 700 nm.

### Actividad antioxidante hidrofílica mediante DPPH

La medición se llevó a cabo utilizando el reactivo de 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH). Una alícuota 25  $\mu$ L de extracto se hizo reaccionar con 975  $\mu$ L de DPPH (100  $\mu$ mol/L). La lec-

tura de las absorbancias se recogió a 515 nm. Los resultados se expresaron en % de inhibición de DPPH en el tiempo.

### Análisis estadístico

Los resultados se expresaron en media  $\pm$  desviación estándar. El orden de clasificación de las muestras se llevó a cabo función de la composición química y valor antioxidante utilizando un ANOVA de Friedman a un nivel de significancia de 0,05. Todos los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa STATISTICA versión 8.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, USA).

## RESULTADOS

### Composición proximal

En la Tabla 2 se muestra la composición proximal de las diferentes muestras utilizadas en este estudio. Cuando las muestras fueron agrupadas de acuerdo con su presentación estas presentaron el siguiente orden: Semillas (14,5%) > mezcla de harinas (11,3%) > harinas (8,85%) > pastas (8,71%) > productos procesados (6,49%). Con respecto al contenido de lípidos se observa que la semilla de chía negra (S2) presentó mayor contenido de fracción lipídica y las pastas presentaron bajo contenido de lípidos, por ejemplo, la

pasta andina (PA2) compuesta por quinua y arroz presentó un valor de 0,13%. En relación con el contenido de carbohidratos se observa que las muestras de mezcla de harinas, harina y pasta presentaron valores muy similares, mientras que los valores más bajos representan al grupo de semillas. El contenido de humedad fue muy variable, los mayores niveles se observaron en el grupo de semillas y pastas. Mientras que el grupo de productos procesados y el grupo de mezcla de harinas reportaron valores menores. El aporte de energía osciló entre 358 – 435 kcal/100 g. El mayor aporte se observó en productos procesados, siendo el snack (SN) con mayor aporte.

**Tabla 2.** Composición químico proximal de las diferentes muestras estudiadas

Cod.	%					Energía (Kcal/100g)
	Humedad	Cenizas	Lípidos	Proteínas	Carbohidratos	
S1	11,1±0,01	1,94±0,01	6,81±0,02	14,0±0,12	66,0±0,15	381±0,08
S2	7,07±0,01	4,57±0,04	32,1±0,16	13,3±0,09	42,9±0,03	514±0,98
S3	12,2±0,04	2,10±0,02	6,48±0,04	13,42±0,01	65,7±0,06	375±0,09
S4	11,4±0,04	2,26±0,05	7,00±0,04	14,5±0,25	64,7±0,23	380±0,21
S5	12,8±0,03	2,37±0,03	5,37±0,09	15,9±0,19	63,4±0,10	365±0,46
S6	12,3±0,04	2,23±0,02	6,12±0,04	16,5±0,01	62,7±0,12	372±0,23
S7	11,0±0,01	2,44±0,03	5,74±0,04	14,1±0,06	66,6±0,01	374±0,01
PM1	9,20±0,02	2,56±0,03	3,09±0,05	10,9±0,21	74,2±0,16	368±0,20
PM2	2,24±0,08	3,29±0,05	5,80±0,05	15,0±0,01	73,6±0,19	406±0,26
PM3	2,24±0,08	1,71±0,00	0,10±0,00	13,4±0,01	79,7±0,06	373±0,25
PM4	3,87±0,01	3,01±0,03	2,72±0,04	8,69±0,01	84,6±0,05	397±0,49
PM5	3,08±0,01	1,50±0,01	3,75±0,01	8,67±0,02	80,7±0,06	391±0,11
P1	8,68±0,01	1,50±0,01	4,20±0,02	9,99±0,17	75,6±0,21	380±0,05
P2	6,16±0,04	3,47±0,01	0,00±0,00	3,16±0,00	87,2±0,05	361±0,20
P3	9,85±0,06	4,70±0,04	0,56±0,02	13,4±0,02	71,5±0,06	344±0,02
PF	10,3±0,05	0,63±0,01	1,89±0,03	9,08±0,01	78,0±0,04	365±0,37
PP	10,7±0,04	0,69±0,00	1,32±0,03	8,70±0,01	78,5±0,07	360±0,00
PA1	12,5±0,04	0,62±0,04	1,18±0,02	8,67±0,03	77,0±0,00	353±0,08
PA2	10,5±0,01	0,57±0,01	0,13±0,02	7,86±0,04	80,9±0,03	356±0,16
PT	10,7±0,04	0,81±0,00	0,36±0,05	9,25±0,23	78,8±0,14	355±0,08
GR	3,42±0,01	1,37±0,01	10,8±0,03	9,24±0,23	75,1±0,22	435±0,23
SN	4,54±0,06	2,01±0,03	18,8±0,05	6,32±0,00	68,2±0,02	468±0,36
FL	2,24±0,08	1,85±0,01	4,11±0,05	3,92±0,02	87,9±0,01	404±0,50

### Contenido de polifenoles, flavonoides, flavanoles, y flavonoles

En la Tabla 3 se muestra el contenido de componentes bioactivos de las muestras analizadas. Cuando se estudia el contenido de polifenoles totales se observa que las muestras de mezcla de harinas presentan una media de 109 mg ácido gálico equivalente (GAE)/100g, siendo las muestras PM1 (maca, quinua, maíz, nativo, maíz morado, y camu-camu) y

PM5 (cacao, quinua, azúcar de caña, y tapioca) los que muestran mayor contenido. Teniendo en cuenta la presentación de las muestras estudiadas, el orden es como sigue: Mezcla de harinas (109 mg GAE/100g) > productos procesados (95,9 mg GAE/100g) > harinas (89,0 mg GAE/100g) > semillas (66,1 mg GAE/100g) > pasta (13,9 mg GAE/100g). Con respecto al contenido de flavonoides se observa que el grupo mezcla de harinas fue ligeramente superior al grupo

**Tabla 3.** Contenido de bioactivos de las diferentes muestras estudiadas

Cod.	mg/100g			
	Polifenoles	Flavonoides	Flavanoles	Flavonoles
S1	64,5±0,79	6,46±0,48	Nd	13,1±0,23
S2	111±0,91	57,1±0,47	Nd	12,0±0,15
S3	68,8±0,64	11,0±0,61	Nd	14,5±0,23
S4	25,5±0,95	0,55±0,23	Nd	7,77±0,16
S5	54,0±0,59	10,8±0,48	Nd	7,06±0,21
S6	62,3±0,72	15,6±0,61	Nd	21,0±0,23
S7	76,4±0,91	14,4±0,49	Nd	11,9±0,23
PM1	121±1,19	23,6±0,63	1,86±0,07	9,11±0,18
PM2	107±1,04	231±1,00	64,7±0,43	28,4±0,21
PM3	104±0,65	3,85±0,60	Nd	7,82±0,16
PM4	97,0±0,58	8,15±0,37	3,13±0,11	8,67±0,24
PM5	118±0,92	112±0,48	28,6±0,06	14,2±0,26
P1	116±0,84	137±0,84	5,75±0,12	29,6±0,21
P2	33,4±0,97	Nd	Nd	Nd
P3	117±0,74	9,34±0,50	1,56±0,08	16,7±0,25
PF	14,8±0,58	Nd	Nd	Nd
PP	14,1±0,45	Nd	Nd	Nd
PA1	13,6±0,48	Nd	Nd	Nd
PA2	11,9±0,58	Nd	Nd	Nd
PT	15,4±0,89	Nd	Nd	Nd
GR	74,5±0,59	3,60±0,52	Nd	3,97±0,14
SN	101±0,52	20,0±0,53	Nd	4,81±0,19
FL	112±0,74	114±0,31	18,4±0,08	27,2±0,22

Nd: No detectado.

de harinas (P1, P2, y P3). En la arracacha (P2) y el grupo de pastas no se detectó la presencia de flavonoides. En el grupo de semillas, el contenido de flavonoides varió de 0,55 – 57,1 mg CE/100g, siendo las semillas de amaranto (S4) el de menor contenido y las semillas de chía negra las de mayor contenido (S2), mientras que en el grupo de productos procesados oscilo entre 3,60 – 114 mg CE/100g. En el caso de los flavanoles solamente en siete muestras se detectaron la presencia de esta clase de polifenoles. Siendo el grupo de mezcla de harinas las que mostraron mayor contenido, PM2 (quinua, cacao criollo, maíz morado, algarrobo, y canela) presentó un contenido de 64,7 mg CE/100g, mientras que la concentración más baja se detectó en maca gelatinizada (P3) con una media de 1,56 mg CE/100g. En el caso de las muestras de productos procesados, solamente la hojuela (FL) presentó un contenido de 18,4 mg CE/100g. En el caso de los flavonoles, el grupo de harinas presenta una media de 23,1 mg RE/100g de muestra. Mientras que, en el grupo de mezcla de harinas, el contenido de estos compuestos varió de 7,82 – 28,4 mg RE/100g de muestra, el grupo de semillas oscilo entre 7,06 – 21,0 mg RE/100g y el grupo de productos procesados entre 3,97 – 27,19 mg RE/100g. Las muestras con mayores contenidos de flavonoles fueron, quinua negra (S6= 21,0 mg RE/100g), hojuela (FL= 27,1 mg RE/100g) y maíz morado (P1= 29,6 mg RE/100g).

### Antocianinas y betalaínas

En la Tabla 4 se muestra el contenido de antocianinas y betalaínas de las muestras estudiadas. De los resultados observados, el grupo de harinas muestra un contenido de antocianinas equivalente a 236 mg C-3-g/100g, este valor corresponde a la muestra de maíz morado (P1), mientras que el grupo de mezcla de harinas, los representantes fueron PM1 y PM2 con contenidos equivalente a 31,1 y 45,5 mg C-3-g/100g, respectivamente. En el caso de los productos procesados, la granola y hojuela presentaron contenidos equivalentes a 2,89 y 59,9 mg C-3-g/100g, respectivamente. Con respecto a las betalaínas, las semillas mostraron una variación de 0,51 – 1,33 mg betaxantina/100g, y de 0,20 – 1,00 mg betacianina/100g. Para el grupo de pastas, solamente la muestra PT (conteniendo, arroz, amaranto, quinua, remolacha, espinaca, cúrcuma, etc.) mostró un valor equivalente a 1,37 mg betaxantina /100g y 1,32 mg betacianina /100g. Para el grupo de mezcla de harinas, la muestra PM3 (maca amarilla, roja, negra) mostro un contenido de 4,16 mg betaxantina /100g y 2,26 mg betacianina /100g.

### Actividad antioxidante de la fracción hidrofílica

Los resultados de la actividad antioxidante se muestran en la Figura 1. El grupo que corresponde a harinas (P1, P2 y P3) presentan una media de 39,2%, siendo el P1 (maíz morado) con mayor valor equivalente a 67,68%, mientras que la muestra P2 (arracacha) con un valor de 3,28%. En tanto

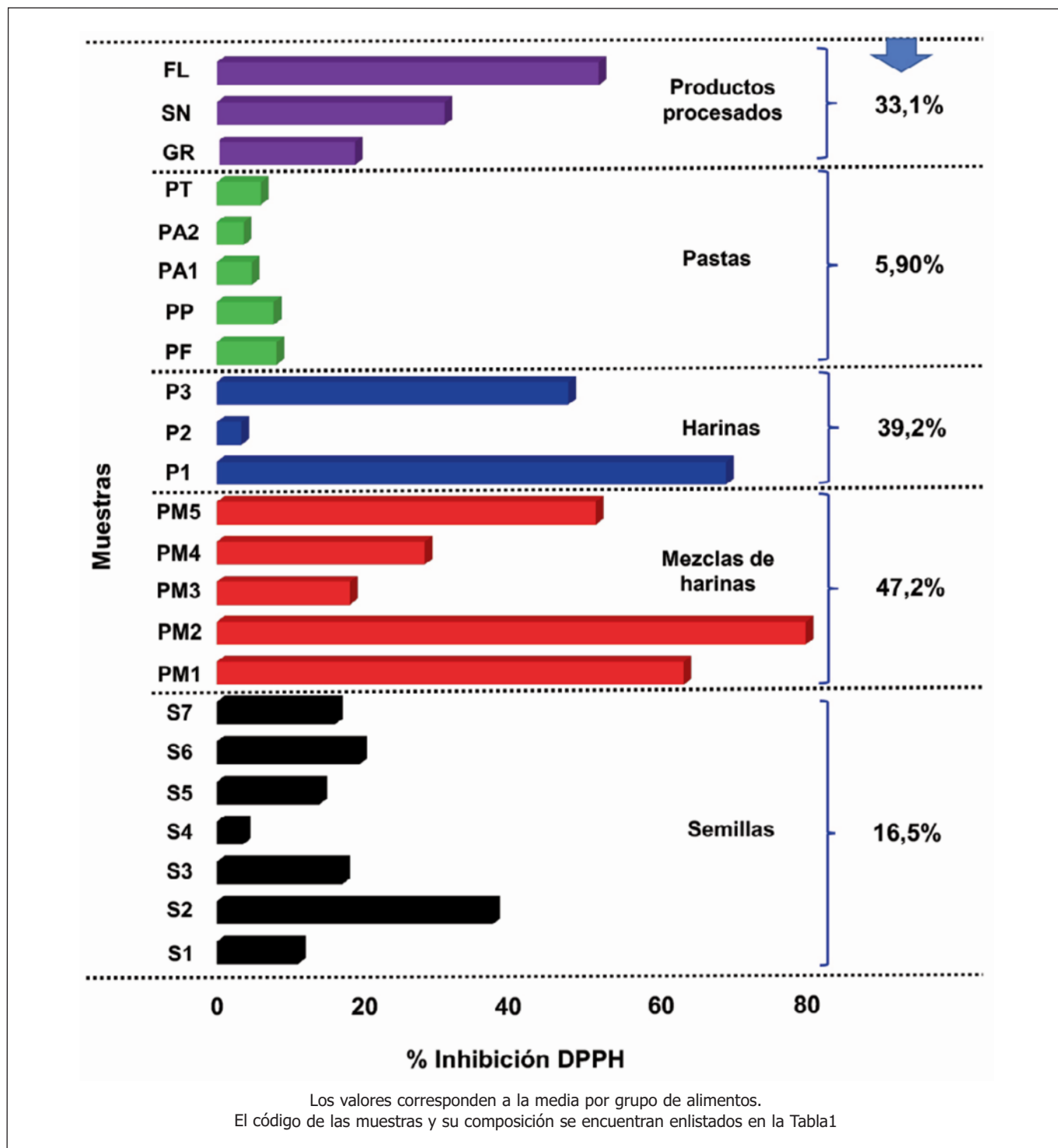
**Tabla 4.** Contenido de antocianinas y betalaínas de las diferentes muestras estudiadas

Cod.	mg / 100g			
	Antocianinas	Betaxantinas	Betacianinas	Total pigmentos
S3	Nd	0,57±0,04	0,70±0,03	1,27
S4	Nd	0,51±0,03	0,19±0,02	0,71
S5	Nd	0,75±0,03	0,63±0,04	1,37
S6	Nd	0,86±0,02	0,76±0,03	1,62
S7	Nd	1,33±0,03	1,00±0,02	2,33
PM1	31,1±0,93	Nd	Nd	31,1
PM2	45,6±0,21	Nd	Nd	45,5
PM3	Nd	4,16±0,04	2,26±0,04	6,41
P1	236±0,79	Nd	Nd	236
PT	Nd	1,37±0,04	1,32±0,09	2,69
GR	2,89±0,62	Nd	Nd	2,89
FL	59,9±1,91	Nd	Nd	59,9

Nd: No detectado.

que el grupo de productos procesados presenta una media de 33,1%. La muestra hojuela (FL, quinua, yacón, maíz morado, cacao) presento un % de inhibición de DPPH equivalente a 50,7%, mientras que el valor más bajo de este grupo corresponde a granola (GR, hojuelas de avena, miel de abeja, quinua, fresas, arándanos y aceite de cártamo) equi-

valente a 18,33%. Los otros grupos con contenidos menores fueron el grupo de semillas con una media de 16,55%. De este grupo los menores valores fueron observados en S1 (quinua blanca) y S4 (amaranto) con valores equivalente a 10,7 y 3,48%, respectivamente, y el grupo de pastas (PF, PP, PA1, PA2, y PT) presentaron una media de 5,90%.



**Figura 1.** Actividad antioxidante de la fracción hidrofílica de muestras estudiadas medida por DPPH.

### Ranking de productos alimenticios a base de cultivos andinos

El ranking de los productos alimenticios orgánicos a base de cultivos andinos de acuerdo con sus componentes nutri-

cionales y valor antioxidante (Tabla 5). El orden de clasificación se utilizó para comparar el rendimiento global de cada alimento. El valor más bajo corresponde al mayor rendimiento global.

**Tabla 5.** Orden de clasificación de los productos alimenticios orgánicos a base de cultivos andinos según sus componentes nutricionales y valor antioxidante

Cod.	Orden de rango de los componentes nutricionales y valor antioxidante <sup>1</sup>												Σ orden	Media de orden	Rendimiento global <sup>2</sup>
	Cenizas	Lípidos	Proteínas	Carbohidratos	Polifenoles	Flavonoides	Flavanoles	Flavonoles	Antocianinas	Betaxantinas	Betacianinas	DPPH			
S1	13	5	6	18	14	14	8	8	6	8	8	16	124	10,3	15
S2	2	1	10	23	6	5	8	9	6	8	8	7	93	7,75	5
S3	11	6	8	19	3	10	8	6	6	6	5	13	111	9,25	10
S4	9	4	4	20	18	17	8	14	6	7	7	22	136	11,3	17
S5	8	10	2	21	16	11	8	15	6	5	6	15	123	10,2	14
S6	10	7	1	22	15	8	8	4	6	4	4	10	99	8,25	7
S7	7	9	5	17	11	9	8	10	6	3	3	14	102	8,50	9
PM1	6	14	11	13	1	6	6	11	4	8	8	3	91	7,58	4
PM2	4	8	3	14	7	1	1	2	3	8	8	1	60	5,00	1
PM3	15	22	7	6	8	15	8	13	6	1	1	12	114	9,50	12
PM4	5	15	18	3	10	13	5	12	6	8	8	9	112	9,33	11
PM5	16	13	19	5	2	4	2	7	6	8	8	5	95	7,92	6
P1	17	11	12	11	4	2	4	1	1	8	8	2	81	6,75	2
P2	3	23	23	2	17	18	8	18	6	8	8	23	157	13,1	19
P3	1	19	9	15	3	12	7	5	6	8	8	6	99	8,25	8
PF	21	16	15	9	20	18	8	18	6	8	8	17	164	13,6	20
PP	20	17	17	8	21	18	8	18	6	8	8	18	167	13,9	21
PA1	22	18	20	10	22	18	8	18	6	8	8	21	179	14,9	23
PA2	23	21	16	4	23	18	8	18	6	8	8	20	173	14,4	22
PT	19	20	13	7	19	18	8	18	6	2	2	19	151	12,5	18
GR	18	3	14	12	12	16	8	17	5	8	8	11	132	11,0	16
SN	12	2	21	16	9	7	8	16	6	8	8	8	121	10,1	13
FL	14	12	22	1	5	3	3	3	2	8	8	4	85	7,08	3

<sup>1</sup> Los valores obtenidos en cada medición fueron clasificados en orden descendente. <sup>2</sup> El menor valor indica un mejor rendimiento general. El rendimiento general se basa en sus mejores puntuaciones para cada componente, por ejemplo, la quinua (S1) presenta la posición 13° (con respecto a las cenizas), 5° (lípidos)... 16° (DPPH). Σ orden y la media de orden fueron obtenidos a partir del ANOVA de Friedman.



## DISCUSIÓN

En el caso de algunas pastas de trigo suplementado con harinas de fuentes vegetales presentaron un contenido de cenizas entre 0,73 a 2,66%<sup>10</sup>, otro estudio mostró que el contenido de cenizas en pastas enriquecidos con harina de quinua se encontró entre 0,93 a 1,35%<sup>11</sup>. En el caso de productos procesados como granola, snack y hojuela fueron superiores a las pastas, la variación podría deberse a la incorporación de mayores contenidos de quinua, avena, ajonjolí, maíz, yacón, y otros productos. Según Repo-Carrasco-Valencia y Serna<sup>13</sup> reportaron valores del contenido de cenizas para variedades de quinua La Molina 89, Kcancolla, Blanca de Juli y Sajama entre 3,0 a 3,8%. Mientras que Alvites-Misajel et al.<sup>6</sup> reportaron valores para chía negra y blanca provenientes de cultivo orgánico de 4,56 y 4,50% respectivamente. Por otro lado, las grasas son una fuente importante de energía, en algunos productos como barra de cereales con incorporación de avena el contenido de grasa fue 18,7%<sup>12</sup> y en una granola en barra a base de trigo enriquecido con quinua pop, kiwicha pop y granos de chía el contenido fue 9,49%<sup>14</sup>. En el caso de las semillas de quinua oscilaron entre 5,37 a 7,00%, mientras que la semilla de chía negra alrededor de 32,1%. Estos valores muestran cierta similitud con el reporte mostrado por Repo-Carrasco-Valencia y Serna<sup>13</sup> que mostraron valores para algunas variedades de quinua entre 4,1 a 6,0%, mientras que Alvites-Misajel et al.<sup>6</sup> reportaron valores para chía negra y blanca de 34,7 y 36,7% respectivamente. Las semillas de chía son fuente interesante de perfil de ácidos grasos, algunos reportes mencionan una relación  $\omega 3/\omega 6$  de 3,45 a 3,57<sup>6</sup>. Por otro lado, el grupo de pastas, harina y mezcla de harinas presentaron valores de contenido de grasa menores al 3,10%. Estos bajos contenidos de grasa pueden deberse a diferentes proporciones de incorporación de productos alimenticios orgánicos a base de cultivos andinos. Por otro lado, Schoenlechner<sup>15</sup> reporta valores de contenido de grasa para arroz (no pulido) (2,53%), quinua (6,16%), maíz (4,35%), avena (sin cascara) (9,18%), amaranto (10,5%). En caso del contenido de proteínas de los productos alimenticios orgánicos a base de cultivos andinos, se encuentran en mayor cantidad en las semillas y en el grupo de mezcla de harinas. Alvites-Misajel et al.<sup>6</sup> reportaron valores para chía negra y blanca de 20,5 y 17,3% respectivamente. En tanto que Repo-Carrasco-Valencia y Serna<sup>13</sup> muestran valores del contenido de proteínas para algunas variedades de quinua alrededor de 12,4 a 13,6%.

En los productos procesados las muestras SN y FL son fuente interesante de polifenoles, la incorporación de quinua, maíz morado, ajonjolí, yacón y cacao, pueden ser los responsables de compuestos fenólicos<sup>3,16,17</sup>. Cárdenas-Hernández et al.<sup>18</sup> reportaron el contenido de polifenoles totales en una pasta enriquecida con harina de semillas y hojas deshidratadas de amaranto para diferentes formulaciones en un rango de 98 a 337 mg de ácido ferúlico equivalente/100 g. Por otro

lado, en semillas de quinua coloreadas de diferentes variedades oscilo entre 123 a 341 mg GAE/100g<sup>19</sup>. Mientras que en semillas de chía negra y blanca procedente de cultivo orgánico entre 219 y 221 mg GAE/100 g<sup>6</sup>. En maíz morado de diferentes sistemas de extracción presentó valores entre 463 a 906 mg GAE/100g<sup>15</sup>. Mientras que en la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) fue 29,2 mg GAE/100 g<sup>20</sup>.

El contenido de flavonoides en los productos alimenticios orgánicos a base de cultivos andinos se encuentra diferentes proporciones en cada alimento. Tang et al.<sup>21</sup> reportaron que el contenido de flavonoides en quinua blanca, roja y negra fueron ~60, ~170 y ~150 mg catequina equivalente/100g. En tanto que en chía negra y blanca los contenidos fueron 157 y 150 mg catequina equivalente/100 g<sup>6</sup>, y en maíz morado osciló entre 115 a 266 mg rutina equivalente/100 g<sup>16</sup>. Por ejemplo, las pastas al ser productos por sustitución parcial contienen bajos contenidos de polifenoles y por consiguiente menor contenido de flavonoides. Además, el procesamiento en las pastas también influye en la reducción de las propiedades antioxidantes. Li et al.<sup>22</sup> reportaron contenidos para flavonoides totales de pastas provenientes de trigo (*Triticum aestivum*) variedad white Yumai fue 14,8 mg de rutina equivalente/100g, mientras que en pastas utilizando harina de trigo refinada fue 14,6 mg rutina equivalente/100 g en este estudio también se ha reportado una reducción del 70% de polifenoles totales en comparación con la harina de trigo.

Los flavanoles son un grupo interesante de compuestos bioactivos que están presentes en el cacao, chocolate, té verde y uvas, fresas, arándanos, maíz morado, etc.<sup>16</sup>. De los productos alimenticios orgánicos a base de cultivos andinos estudiados por lo menos en alguno de ellos se ha incorporado alimentos que son fuente de flavanoles.

El contenido de flavonoles totales fue encontrado en todos los productos alimenticios orgánicos a base de cultivos andinos a excepción del grupo de pastas. En quinua se identificó algunos flavonoles como kaempferol, kaempferol 3-glucosido, kaempferol 3-galactosido, kaempferol 3,7-diramnosido, quercetina, quercetina 3-rutinosido, quercetina 3-arabinosido<sup>22</sup>. Algunos estudios han reportado la presencia de quercetina 3-arabinosido e iso-quercetina en productos de cocoa en polvo en concentraciones de 2,10 a 40,3  $\mu\text{g/g}$  y de 3,97 a 42,7  $\mu\text{g/g}$  respectivamente, mientras que quercetina 3-glucorónido alrededor de 0,13 a 9,88  $\mu\text{g/g}$  y quercetina aglicona entre 0,28 a 3,25  $\mu\text{g/g}$ <sup>23</sup>. Mientras que en maíz morado se han encontrado derivados de kaempferol, quercetina, entre otros<sup>16</sup>.

Las muestras con fuentes antocianinas fueron GR (hojuelas de avena, miel de abeja, quinua pop, fresas, arándanos, aceite de cártamo), PM1 (maca, quinua, maíz nativo, maíz morado, camu-camu), PM2 (quinua, cacao criollo, maíz morado, algarrobo, canela), FL (quinua, yacón, maíz morado, cacao) y P1 (maíz morado). La literatura científica muestra que las fresas son excelente fuente de antocianinas con un con-

tenido total de antocianinas de 29,5 mg/100 g de muestra fresca<sup>24</sup>, mientras que el maíz morado osciló entre 3,1 a 100 C-3-g/g<sup>25</sup>, y en camu-camu el contenido antocianinas fue 42,4 mg/100 g de pulpa<sup>26</sup>.

Las betalaínas encontradas en los productos alimenticios orgánicos a base de cultivos andinos fueron la quinua roja perlada, amaranto, quinua roja, quinua negra, quinua tricolor, PM3 (mezcla de maca amarilla, maca roja, maca negra), y PT (arroz, amaranto, quinua, remolacha, espinaca, cúrcuma). Los reportes científicos mencionan que la remolacha, amaranto, y quinua son fuentes interesantes de betalaínas<sup>19</sup>. El contenido de betalaínas en este recurso oscila entre 10,2 a 17,1 mg/g<sup>27</sup>. En el caso de quinuas rojas el contenido de betalaínas varió entre 0,18 a 6,10 mg/100g<sup>19</sup>.

Con respecto a la actividad de secuestro de radicales DPPH, las muestras que contienen mezclas de harinas presentan mayor actividad antioxidante a excepción de aquellas que presentan menor incorporación de cacao o maíz morado, como se observa en las muestras PM3 (mezcla de maca amarilla, roja y negra) y PM4 (lúcuma, quinua, maíz nativo, algarrobo y canela). Sin embargo, las muestras PM5, PM1 y PM2 presentan mayor actividad antioxidante, como parte de sus ingredientes se observa que contienen maíz morado, camu-camu, y cacao. En este estudio se observa que P1 (maíz morado) presenta una alta actividad antioxidante (68%), así como PM2 (quinua, cacao criollo, maíz morado, algarrobo, canela) probablemente la incorporación de maíz morado y cacao son responsables de una mayor actividad antioxidante. En el cacao debido a sus componentes bioactivos contribuyen con efectos benéficos como anticancerígeno, antiaterogénico, antioxidante, antiinflamatorio, antimicrobiano, vasodilatador y analgésico. Los compuestos fenólicos que han demostrado estas bioactividades son flavanoles como monómeros de epicatequinas y sus oligómeros como las procianidinas<sup>17,28</sup>.

La correlación entre la actividad antioxidante vs polifenoles totales ( $r = 0,834$ ;  $p < 0,000$ ) que demuestra una alta correlación entre estas variables. Como era de esperar el contenido de polifenoles en el grupo de pastas estuvo entre 12 a 15 mg GAE/100g, por lo tanto, el % de inhibición DPPH también resultado menor y muy similar a P2 (arracacha) y S4 (amaranto). Las pastas PF y PA1 y PA2 contienen sustituciones de quinua, y arroz, mientras que las pastas PP y PT presentaron extractos de remolacha, espinaca y cúrcuma como colorantes naturales. La actividad antioxidante en quinua, amaranto y arroz es baja, los reportes científicos muestras que la quinua oscila entre  $\sim 0,45$  a  $\sim 1,10$  mmol TE/100g<sup>21</sup>, mientras que en el arroz blanco la actividad antioxidante es de 0,28 mmol TE/100g y en arroz pigmentado de 0,65 mmol TE/100g<sup>29</sup>.

Con respecto al orden de clasificación de los productos alimenticios orgánicos a base de cultivos andinos se observó que los diez mejores alimentos estudiados fueron: PM2 (quinua, cacao criollo, maíz morado, algarrobo, canela) > P1

(maíz morado) > FL (quinua, yacón, maíz morado, cacao) > PM1 (maca, quinua, maíz nativo, maíz morado, camu-camu) > S2 (chía negra) > PM5 (cacao, quinua, azúcar de caña, tapioca) > S6 (quinua negra) > P3 (maca gelatinizada) > S7 (quinua tricolor) > S3 (quinua perlada roja).

En el caso de PM2 se observa que es un alimento más completo, ya que desde el punto de vista de valor antioxidante obtiene la primera posición para flavonoides, flavanoles y actividad antioxidante. Posiblemente la contribución del valor antioxidante se deba a la presencia de catequinas y procianidinas, que se encuentran en grandes cantidades en el cacao<sup>17</sup>. Desde el punto de vista de componentes nutricionales, el PM2, ocupa el cuarto lugar para cenizas, octavo para lípidos y tercero para proteínas. Estos resultados indican que quinua proporciona un buen aporte de proteínas debido a su buen equilibrio de aminoácidos esenciales<sup>30</sup> y es superior al maíz, arroz, cebada y centeno. De manera general en estos diez alimentos seleccionados se encuentran cuatro semillas: S2 (quinto), S3 (décimo), S6 (séptimo), S7 (noveno); tres del grupo de mezcla de harinas: PM1 (cuarto), PM2 (primero), PM5 (sexto); dos del grupo de harinas: P1 (segundo), P3 (octavo); y uno del grupo de producto procesado (FL) (tercero). Todas estas muestras presentan puntuaciones entre 4,60 a 14; siendo las más bajas para el valor antioxidante y más alta para la composición nutricional.

## CONCLUSIONES

Los resultados del estudio mostraron que los productos alimenticios etiquetados como "orgánicos" a base de cultivos andinos presentaron una amplia variación en el contenido de bio-componentes y actividad antioxidante *in vitro*. Las mediciones realizadas en las diferentes presentaciones mostraron que las semillas fueron más altas en contenido de proteínas, lípidos y cenizas, mientras que la mezcla de harinas, pastas y productos procesados fueron más altos en carbohidratos. En relación con el contenido de polifenoles, flavonoides, flavanoles y flavonoles, la mezcla de harinas presentaron mayor abundancia de estos compuestos. La mezcla de harina (PM2) (quinua, cacao criollo, maíz morado, algarrobo, y canela) ocupó la primera posición en el orden de clasificación según sus componentes nutricionales y valor antioxidante.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Willer H, Schlatter B, Trávníček J. The world organic agriculture statistics and emerging trends 2023. Research Institute of Organic Agriculture FiBL and IFOAM – Organics International, Frick, Switzerland, 2023. En Línea. <https://www.fibl.org/en/shop-en/1254-organic-world-2023>
2. Vigar V, Myers S, Oliver C, Arellano J, Robinson S, Leifert C. A systematic review of organic versus conventional food consumption: Is there a measurable benefit on human health?. *Nutrients* 2020; 12:7.

3. Delgado GTC, Tapia KVC, Pacco Huamani MC, Hamaker BR. Peruvian Andean grains: Nutritional, functional properties and industrial uses. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2023; 63(29):9634-9647.
4. Ranilla LG, Rios-Gonzales BA, Ramírez-Pinto MF, Fuentealba C, Pedreschi R, Shetty K. Primary and phenolic metabolites analyses, in vitro health-relevant bioactivity and physical characteristics of purple corn (*Zea mays* L.) grown at two Andean geographical locations. *Metabolites* 2021; 11:722.
5. Muñoz Murillo P, García Mendoza J, Saltos Alcívar S. Néctar a base de pitahaya (*Hylocereus undatus*) con harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*): Compuestos antioxidantes, estabilidad fisicoquímica y aceptabilidad sensorial. *Nutr Clín Diet Hosp.* 2023;43(3):63-73.
6. Alvites-Misajel K, García-Gutiérrez M, Miranda-Rodríguez C, Ramos-Escudero F. Organically vs conventionally-grown dark and white chia seeds (*Salvia hispanica* L.): fatty acid composition, antioxidant activity and techno-functional properties. *Grasas Aceites* 2019; 70(2):e299.
7. Arnous A, Makris DP, Kefalas P. Effect of principal polyphenolic components in relation to antioxidant characteristics of aged red wines. *J Agric Food Chem.* 2001; 49(12):5736-5742.
8. Oomah BD, Mazza G. Flavonoids and antioxidative activities in buckwheat. *J Agric Food Chem.* 1996; 44(7):1746-1750.
9. Guija-Guerra H, Troncoso-Corzo L, Guija-Poma E. Actividad antioxidante del fruto de *Rubus sparsiflorus* (Shiraca). *Nutr Clín Diet Hosp.* 2023;43(1):56-63.
10. Alemayehu D, Desse G, Abegaz K, Desalegn BB, Getahun D. Proximate, mineral composition and sensory acceptability of home-made noodles from stinging nettle (*Urtica simensis*) leaves and wheat flour blends. *Int J Food Sci Nutr Eng.* 2016; 6(3):55-61.
11. Demir B, Bilgiçli N. Changes in chemical and anti-nutritional properties of pasta enriched with raw and germinated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flours. *J Food Sci Technol.* 2020; 57:3884-3892.
12. Cappella AD. Desarrollo de barra de cereal con ingredientes regionales, saludable nutricionalmente (Tesis de grado). 2016.
13. Repo-Carrasco-Valencia RAM, Serna LA. Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *LWT-Food Sci Technol.* 2011; 31(1):225-230.
14. Coral Monzón EJ, Rasta Rivas WE. Elaboración de granola en barra a base de trigo enriquecido con quinua pop (*Chenopodium quinoa*), kiwicha pop (*Amaranthus caudatus*) y granos de chíá (*Salvia hispánica*). (Tesis de grado). 2015.
15. Schoenlechner R. Pseudocereals in gluten-free products. Haros CM, Schoenlechner R. ed. *Pseudocereals: Chemistry and Technology.* West Sussex, UK., John Wiley & Sons, Ltd., 2017, p. 193-216.
16. Ramos-Escudero F, Muñoz AM, Alvarado-Ortiz C, Alvarado Á, Yáñez JA. Purple corn (*Zea mays* L.) phenolic compounds profile and its assessment as an agent against oxidative stress in isolated mouse organs. *J Med Food* 2012; 15(2):206-215.
17. Cádiz-Gurrea ML, Fernández-Ochoa Á, Leyva-Jiménez FJ, Guerrero-Muñoz N, Villegas-Aguilar MDC, Pimentel-Moral S, et al. LC-MS and spectrophotometric approaches for evaluation of bioactive compounds from Peru cocoa by-products for commercial applications. *Molecules* 2020; 25:3177.
18. Cárdenas-Hernández A, Beta T, Loarca-Piña G, Castaño-Tostado E, Nieto-Barrera JO, Mendoza S. Improved functional properties of pasta: Enrichment with amaranth seed flour and dried amaranth leaves. *J Cereal Sci.* 2016; 72: 84-90.
19. 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.
20. Zapata S, Piedrahita AM, Rojano B. Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and phenolic content of fruits and vegetables from Colombia. *Perspect Nutr Hum.* 2014; 16:25-36.
21. 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.
22. Li Y, Ma D, Sun D, Wang C, Zhang J, Xie Y, et al. Total phenolic, flavonoid content, and antioxidant activity of flour, noodles, and steamed bread made from different colored wheat grains by three milling methods. *Crop J.* 2015; 3(4):328-334.
23. Andres-Lacueva C, Monagas M, Khan N, Izquierdo-Pulido M, Urpi-Sarda M, Permanyer J, et al. Flavanol and flavonol contents of cocoa powder products: influence of the manufacturing process. *J Agric Food Chem.* 2008; 56(9):3111-3117.
24. Nowicka A, Kucharska AZ, Sokół-Łętowska A, Fecka I. Comparison of polyphenol content and antioxidant capacity of strawberry fruit from 90 cultivars of *Fragaria x ananassa* Duch. *Food Chem.* 2019; 270:32-46.
25. Lao F, Giusti MM. Quantification of purple corn (*Zea mays* L.) anthocyanins using spectrophotometric and HPLC approaches: Method comparison and correlation. *Food Anal Methods* 2016; 9:1367-1380.
26. Rufino MSM, Alves RE, Brito ES, Pérez-Jiménez J, Saura Calixto F, Mancini-Filho J. Bioactive compounds, and antioxidant capacities of non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chem.* 2010; 121(4):996-1002.
27. Sawicki T, Bączek N, Wiczowski V. Betalain profile, content and antioxidant capacity of red beetroot dependent on the genotype and root part. *J Funct Foods* 2016; 27:249-261.
28. Ramos-Escudero F, Casimiro-Gonzales S, Fernández-Prior A, Cancino Chávez K, Gómez-Mendoza J, de la Fuente-Carmelino L, Muñoz AM, Colour, fatty acids, bioactive compounds, and total antioxidant capacity in commercial cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). *LWT-Food Sci Technol.* 2021; 147:111629.
29. Goufo P, Trindade L. Rice antioxidants: phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols, tocotrienols, γ-oryzanol, and phytic acid. *Food Sci Nutr.* 2014; 2(2):75-104.
30. Navruz-Varli S, Sanlier N. Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *J Cereal Sci.* 2016; 69:371-376.