

## ESTUDIO QUÍMICO Y NUTRICIONAL DE GRANOS ANDINOS GERMINADOS DE QUINUA (*CHENOPODIUM QUINOA*) Y KIWICHA (*AMARANTUS CAUDATUS*)

M. Bravo A.<sup>1,2</sup>, J. Reyna R.<sup>2</sup>, I. Gómez Sánchez P.<sup>2</sup>, M. Huapaya H.<sup>2</sup>

### RESUMEN

El proceso de germinación fue aplicado a los granos andinos: quinua y kiwicha, con la finalidad de generar en ellos cambios físico-químicos, los que son favorables para las preparaciones menos viscosas y más energéticas, además de incrementar sus nutrientes. Se trabajó con quinua Blanca de Junín y Kiwicha variedad Oscar Blanco procedentes de Huancayo. La germinación de los granos fue más alta en la quinua, no así en la kiwicha, obteniéndose 98% y 70% de germinación respectivamente. Los resultados obtenidos en los granos andinos germinados fueron: 13,09% proteína, 6,10% grasa, 1,50% ceniza y fibra total 2,68% en base seca; vitaminas: 4,24 mg% de niacina y 6,20 mg% de ácido ascórbico; minerales: 4,56 mg% de hierro, 405,44 mg% de calcio y 39,86 mg% de fósforo para la quinua y 16,45% proteína, 8,29% grasa, 3,18% ceniza y fibra total 9,50% en base seca; vitaminas: 4,24 mg% de niacina y 7,17 mg% de ácido ascórbico; minerales: 7,74 mg% de hierro, 346,8 mg% de calcio y 49,0 mg% de fósforo para la kiwicha. Los análisis fueron realizados según los métodos de la AOAC.

**Palabras claves:** Granos andinos, germinación, nutrientes, vitaminas.

### CHEMICAL AND NUTRITIONAL STUDY OF ANDEAN GRAINS GERMINATED OF QUINOA (*CHENOPODIUM QUINOA*) AND AMARANTH (*AMARANTUS CAUDATUS*)

### ABSTRACT

The germination process was applied to Andean grains: quinoa and amaranth, in order to generate them physical and chemical changes, which are favorable for preparations less viscous and more energy, and increase nutrients. We worked with White quinoa and amaranth variety Junín Oscar Blanco from Huancayo. The germination of the grains was higher in quinoa, amaranth not in yielding 98% and 70% germination respectively. The results Andes sprouted grains were: 13,09% protein, 6,10% fat, 1,50% ash and 2,68% total fiber on a dry basis; vitamins 4,24 mg of niacin and 6,20 mg% ascorbic acid, minerals: 4,56 mg% iron, calcium 405,44 mg% and 39,86 mg% phosphorus for quinoa and 16,45% protein, 8,29% fat, 3,18% ash and 9,50% total fiber on a dry basis; vitamins 4,24 mg% niacin and 7,17 mg% ascorbic acid, minerals: 7,74 mg% iron, calcium 346,8 mg% and 49,0 mg% phosphorus for amaranth. The analyzes were performed according to the AOAC methods.

**Keywords:** Andean grains, germination, nutrients, vitamins.

1. Laboratorio de Química Cuántica y Nuevos Materiales. D.A. Físicoquímica, FQIQ, UNMSM. aldo.guzman@unmsm.edu.pe
2. Laboratorio de Química Cuántica y Nuevos Materiales. D.A. Físicoquímica, FQIQ, UNMSM. jarroyo16@gmail.com.
3. Facultad de Química e Ing. Química. UNMSM. hensik\_23@hotmail.com
4. Unidad de Servicios de Análisis Químicos. FQIQ, UNMSM. plopezm@fqiq.unmsm.pe

## I INTRODUCCIÓN

Los cultivos andinos que históricamente formaron parte de la dieta de sus poblaciones originarias, son considerados hoy como alimentos de alta calidad. En general son considerados cultivos rústicos, con resistencia a sequía, helada y salinidad, sin embargo, no se han conducido muchos trabajos para mejorarlos. <sup>[4]</sup>

Los granos andinos quinua y kiwicha constituyen la base de la alimentación de la mayoría de los productores y pobladores rurales de la zona andina del país. <sup>[12]</sup>

Actualmente existe demanda en el mercado nacional e internacional principalmente por la quinua con calidad industrial (grano grande, blanco, bajo contenido de saponinas) y la kiwicha de grano blanco para la obtención de productos elaborados como almidón, harina, leche vegetal, colorantes, concentrados, enriquecedor de harinas, etc. <sup>[13]</sup>

El empleo cada vez mayor de productos nativos, es un importante aspecto a tener en cuenta, pues tanto agricultores como transformadores deben observar la creciente demanda de estos por el público urbano nacional e inclusive el internacional. Es por esta y otras razones, sobre todo las del tipo nutricional, que los investigadores se han interesado en utilizar los cultivos nativos en sus múltiples investigaciones, de tal forma de resaltar sus bondades alimentario-nutricionales para su mejor y más amplia difusión entre los consumidores y la industria interesada en ellos. Dentro de los procesos tecnológicos aplicados a los granos andinos se encuentran aquellos que emplean calor, humedad, presión, trituración, etc., y también se emplean la biotecnología, como la germinación, para la obtención de malta, como es el caso de la malta de cebada y la jora del maíz, ambos terminan fermentándose, obteniéndose bebidas con algún grado de alcohol. El proceso de germinación es el utilizado en el presente trabajo, el cual ha sido aplicado a los granos andinos quinua y kiwicha. La importancia de la alimentación

infantil ha sido y es el interés mayúsculo de muchos investigadores y organismos públicos y privados. Una alternativa para aumentar la densidad energética en las preparaciones (papillas) para niños pequeños, es el tratamiento enzimático, el que permite modificar el almidón, logrando reducir la viscosidad y el volumen de la preparación, lo que facilitaría agregar más alimento, con el consiguiente incremento de la energía y otros nutrientes, <sup>[2]</sup> esto se logra incluyendo cereales o leguminosas germinadas, que aportarían las enzimas amilasas, capaces de convertir los hidratos de carbono más complejos (almidón) en azúcares más sencillos, logrando así el efecto mencionado; además de aportar más nutrientes, como son las proteínas, las cuales aumentan con el proceso de germinación, lo mismo que sus aminoácidos, lográndose mayor digestibilidad y mayor eficiencia de utilización. <sup>[3,6,9,10]</sup> En nuestra región andina tenemos granos nativos sub explotados, que pueden ser materia prima para el empleo de mezclas dirigidas a niños pequeños y otros grupos, aplicándoles la biotecnología de la germinación, como por ejemplo a la quinua <sup>[11]</sup>, además son alimentos de mejor calidad nutricional que cereales no nativos, con mejores condiciones agronómicas para su cultivo <sup>[4,11]</sup>. Así, se cultiva la quinua, kiwicha, los cuales han sido ampliamente estudiados con la intención de revalorarlos y emplearlos en la agroindustria <sup>[1,8,10]</sup>. En la formulación de productos para la alimentación infantil, hay que tener en cuenta una serie de características especiales entre los que destacan el bajo contenido de fibra, adecuada densidad energética, cantidad y calidad de proteínas, las que se encuentran especificadas en varias publicaciones <sup>[7,9,10]</sup>. Se trabajó con los granos andinos: quinua Blanca de Junín y Kiwicha variedad Oscar Blanco procedentes de la ciudad de Huancayo, a 3259 msnm, ubicada en la región Junín.

## II. PARTE EXPERIMENTAL

Selección de Materia Prima. Los granos andinos quinua Blanca de Junín y kiwicha

variedad Oscar Blanco, proceden de la ciudad de Huancayo, Departamento de Junín; con la finalidad de garantizar la germinación, pues los granos almacenados mucho tiempo, limitan el brote.

Capacidad de Germinación. Consiste en someter los granos a condiciones favorables para su crecimiento y desarrollo, para lo cual se cuentan 100 granos y se verifica el porcentaje de germinación.

Limpieza. Se realizó en forma manual, aunque puede hacerse por algún medio mecánico. Se eliminan impurezas: piedras, pajas, sílice, insectos, empleando una malla metálica con abertura inferior al diámetro de los granos.

Lavado. Una fase importante, sobre todo para el grano de quinua, que contiene saponina, una de las formas de eliminar el sabor amargo, se logra friccionando los granos entre las manos y lavándolo hasta que no forme espuma. Los otros granos también se lavan, para eliminar toda partícula adherida a su superficie. Así mismo para el lavado se utilizaron las mallas metálicas. Se empleó agua para los enjuagues, ligeramente tibia, máximo 60°C.

Remojo. Se realizó con agua potable, determinando la cantidad de agua a emplear de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$Q \text{ agua} = [(100 - H_i / 100 - H_f) - 1] \times \text{cantidad}$$

de muestra en granos

Donde:

$H_i$  = humedad inicial de la muestra

$H_f$  = humedad final de la muestra

$Q$  = agua = cantidad de agua

La humedad final requerida para que se active el proceso de crecimiento y desarrollo, está entre 40 y 45%. La temperatura del ambiente varió entre 20 y 24°C, la cual fue medida por un termohidrógrafo.

Germinación. Esta fase se realiza con los granos húmedos, colocados en el mismo recipiente de remojo, procurando que la capa que se forma no tenga mucha altura, porque impide la respiración de los granos. Sobre los granos extendidos, se coloca una tela húmeda, lo que permite mantener la humedad superficial y facilitar una germinación más uniforme.

El tiempo total de germinación, es determinado por:

- Transformaciones bioquímicas, por acción enzimática de amilasas del propio grano, convirtiendo el almidón en azúcares sencillos y por lo tanto observando su reducción.
- Crecimiento de la radícula hasta uno o dos centímetros.

Secado. El que paraliza la germinación, por lo cual el secado del grano germinado fue realizado en una estufa marca MEMMERT. Los granos frescos son colocados extendidos en capas no muy gruesas, sometidos a una temperatura entre 55 a 60°C. El tiempo de secado varía con el grosor de la capa de granos, pudiendo ser necesario emplear entre 10 a 15 horas.

Molienda. Una vez obtenido el grano germinado seco y sin raicillas, se somete a una molienda fina, utilizando un molino ultracentrífugo tipo ZM1 marca RETSCH, con malla de abertura 0.025 mm. Obteniéndose un peso de 800 gramos de harina de quinua y 750 gramos de harina de kiwicha.

Tamizado. La harina integral se pasa por un tamizador, con la finalidad de obtener harina refinada. En este caso se empleó un tamizador mecánico de laboratorio tipo MLU-300 marca BUHLER con un sistema de mallas, lo que permite que las fracciones más gruesas queden arriba de la malla con abertura 0.020 mm (6xx) y así utilizar las fracciones más finas de la parte inferior.

## Métodos utilizados

Los análisis químicos se realizaron según los métodos de la AOAC [6]. Se realizó el análisis proximal en las harinas de los granos andinos sin germinar y germinados: humedad, grasa, ceniza y proteína; análisis de nutrientes: minerales y vitaminas.

La determinación de humedad en las harinas se realizó por el método 925.10. Se pesó 2,0 g de muestra homogenizada, se llevó a estufa a temperatura de 130°C por 1 hora.

La determinación de grasa en las harinas se realizó por el método 922.06. Se pesó 2,0 g de muestra homogenizada, se realizó hidrólisis ácida, luego se procedió a la extracción con solventes y por evaporación se obtiene la grasa.

El análisis de cenizas se realizó por el método 923.03. Se pesó 3-5 g de muestra, se realizó la calcinación en la mufla a 550°C hasta peso constante.

La determinación de proteína se realizó por el método Kjeldahl 920.87. Se pesó 1,0 g de muestra, se procedió a la digestión en medio ácido, seguida del proceso de destilación y luego la titulación.

La determinación de fibra total se realizó por el método NTP 205.003. Se pesó 1,0 g de muestra, se realizó el proceso de digestión ácida, luego se procedió a la digestión alcalina, seguida de calcinación en la mufla a 600°C.

El análisis de los elementos minerales se realizó en las cenizas obtenidas de las muestras, según el método 985.35. Las cenizas se disolvieron en ácido clorhídrico y se llevó a 100 mL en fiola. De esta solución se midieron alícuotas para análisis de los elementos calcio y hierro por Espectrofotometría de Absorción Atómica. El análisis de fósforo se realizó por el método 986.24. Las cenizas fueron solubilizadas en medio ácido y se llevó a 100 mL en fiola, de esta solución se midieron alícuotas para el análisis por Método Espectrofotométrico.

El análisis de vitamina C se realizó por el método 985.33. Se pesó 5-10 g de muestra. Se empleó como estándares: ácido ascórbico y 2,6-diclorofenol indofenol, para el análisis por método volumétrico.

El análisis de niacina se realizó por el método 961.14. Se pesó 28-30 g de muestra. Se empleó como estándares: niacina como solución stock 100µg/mL; solución estándar de trabajo 4µg/mL. Se utilizó solución de ácido sulfanílico para regular el medio. El análisis se realizó por método Espectrofotométrico.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis químicos de macronutrientes realizados en los granos andinos sin germinar se presentan en la (Tabla N° 1).

El valor de proteína en la kiwicha es más elevado que en la quinua, pero ambos presentan valores más altos que los cereales de mayor consumo como: trigo, arroz, maíz, etc. [14]

Capacidad de germinación. La germinación de los granos andinos resultó ser bastante alta en la quinua, no así en la kiwicha, obteniéndose 98 y 70% de germinación respectivamente. La germinación baja de la kiwicha puede deberse a la dureza del grano, así también al uso de insecticidas en la preservación durante el almacenamiento.

Remojo. En esta fase la quinua y la kiwicha, llegaron a la humedad adecuada en pocas horas, tal como se puede observar en la Tabla N°2.

De la tabla precedente, se desprende que un mayor tiempo de remojo estaría perjudicando el estado del grano, por lo tanto sería conveniente disminuir el tiempo de remojo a menos de 8 horas de acuerdo a lo recomendado por la bibliografía [9].

Germinación. Después del remojo, los granos se ponen a germinar. Las condiciones ambientales son las mismas que en el remojo es decir, entre 22 a 24°C. El tiempo

determinado para la quinua fue de 24 horas, pues en ese tiempo las raicillas crecieron entre 1,0 y 1,5 centímetros. En el caso de la kiwicha el tiempo de germinación fue el doble para lograr condiciones similares. El criterio del cambio en el contenido de almidón (Tabla N° 3), el cual disminuye por el proceso de germinación, fue empleado con prevención en vista que los resultados como podrá apreciarse, estos no reflejan de manera objetiva los cambios bioquímicos esperados. A pesar de ello, se observa disminución del almidón (expresado en base seca) del grano sin germinar al grano germinado en quinua con un día de germinación.

**Secado.** Una vez realizado el brote de la raicilla hasta el tamaño especificado, los granos germinados se ponen a secar en una estufa de lecho estático a una temperatura menor a 60°C, para no inactivar las enzimas generadas en el proceso. El tiempo de secado dependerá del grosor de la capa en la bandeja de secado, en la investigación realizada llegó alrededor de 1 centímetro, por lo que el secado demora unas 12 horas. La humedad final de los granos germinados secos está entre 6 y 9%.

**Molienda.** Todos granos germinados fueron sometidos a una molienda fina, obteniéndose harina integral.

**Tamizado.** La cernidora de laboratorio permite obtener harinas refinadas, para este caso se eligió las que atravesasen la malla 6xx que tiene una abertura de 20 mm., por lo que las harinas tienen partículas pequeñas.

Los resultados del análisis proximal efectuado en la harina de granos andinos germinados con partículas pequeñas (refinada), se presentan en la Tabla N° 4.

Los resultados de proteínas en harinas de granos andinos germinados comparados con los granos sin germinar nos demuestran un incremento sustancial para la kiwicha, más no para el grano de quinua, que pre-

sentó un incremento ligero en su valor de proteína.

En cuanto a minerales el fósforo disminuye en los granos andinos después de germinados, en el hierro se observa un ligero incremento; pero el calcio se ve incrementado en cantidades bastante elevadas. El fósforo sufre una disminución pues es necesaria la utilización de energía en el crecimiento y desarrollo de la planta (germinación) y el calcio estaría concentrándose al ser aportado quizás por el medio de germinación (Tabla N° 5).

En las vitaminas específicamente niacina y ácido ascórbico, se observa en la tabla N° 6, que el proceso de germinación aplicado a los granos andinos, incrementan mayormente el contenido de ácido ascórbico, en el caso de la niacina el incremento es menor; indicando así que estas vitaminas serían productos de ese proceso.

Las harinas de granos andinos germinados presentan una acidez elevada, pues existen ácidos grasos libres por la hidrólisis ocurrida durante la germinación. Además se debe considerar que las harinas fueron analizadas después de estar almacenadas, aunque por un corto tiempo. (Tabla N° 7)

**Tabla N° 1.** Análisis proximal de granos andinos sin germinar (B.S.).

Grano andino	Humedad (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Proteína (%)	Fibra total (%)
Quinua	10,17	7,83	3,05	12,94	4,58
Kiwicha	9,98	8,36	2,68	14,45	8,46

**Tabla N° 2.** Tiempo de remojo granos andinos.

Grano andino	Tiempo		
	8 horas	10 horas	12 horas
Humedad (%)			
Quinua	53	49	48
Kiwicha	53	43	43

**Tabla N° 3.** Cambios en el contenido de almidón en granos andinos germinados por uno y dos días.

Almidón g (%)				
Grano andino	Granos sin Germinar (B.S.)	Días de germinación		
		1	1	2
		(6 h) *	(8 h) *	(6 h) *
Quinua	64,89	43,72 (B.S.)	27,31	59,22 (B.S.)
Kiwicha	47,70	61,96 (B.S.)	40,60	58,26 (B.S.)

\* indica horas de remojo

**Tabla N° 4.** Análisis proximal de granos andinos germinados harina cernida malla 6xx (B.S.).

Grano andino	Humedad (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Proteína (%)	Fibra total (%)
Quinua	6,94	6,10	1,50	13,09	2,68
Kiwicha	5,68	8,29	3,18	16,45	9,50

**Tabla N° 5.** Contenido de minerales en Granos andinos germinados y sin germinar.

Grano andino	Hierro mg%	Calcio mg%	Fósforo mg%
Quinua sin germinar	4,2	85,0	178,1
Quinua germinada	4,56	405,44	39,86
Kiwicha sin germinar	7,6	236,0	240,5
Kiwicha germinada	7,74	346,8	49,0

**Tabla N° 6.** Contenido de vitaminas en Harina de Granos andinos germinados y sin germinar.

Grano andino	Niacina mg%	Ácido Ascórbico mg%
Quinua sin germinar	0,95	0,74
Quinua germinada	4,24	6,20
Kiwicha sin germinar	1,62	2,28
Kiwicha germinada	4,24	7,17

**Tabla N° 7.** Contenido de Acidez en harinas de Granos andinos germinados.

Grano andino	% Acidez (exp. Alcali N)
Quinua	7,31
Kiwicha	3,29

**FLUJOGRAMA DE OBTENCIÓN DE HARINA DE GRANOS ANDINOS GERMINADOS**

GRANO ANDINO

LIMPIEZA

LAVADO

REMOJO

GERMINACIÓN

GRANO ANDINO GERMINADO (fresco)

SECADO

ELIMINACIÓN DE RAICILLAS

MOLIENDA

TAMIZADO

HARINA DE GRANO ANDINO GERMINADO

**IV. CONCLUSIONES**

Los granos germinados también llamados brotes, son una fuente de alimentación saludable, al proporcionar vitaminas y otros

nutrientes inmediatos, siendo muy digeribles por los cambios ocurridos durante el proceso de germinación.

Los granos germinados tienen propiedades nutricionales superiores a las secas: su contenido de vitaminas, minerales, aminoácidos, oligoelementos, clorofila y enzimas pueden multiplicarse por varias centenas durante la germinación.

La germinación baja de kiwicha puede deberse a la dureza del grano, que impediría absorber el agua en las condiciones de remojo, como también cabe la posibilidad, que la "frescura" del grano no haya sido la óptima.

Las semillas guardadas en buenas condiciones conservan su poder de germinación durante un largo tiempo.

## V. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Directora Dra. Milagro Núñez Rivera del Centro Nacional de Alimentación y Nutrición INS-MINSA, por haber brindado todas las facilidades para realizar la investigación.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Aima Astete, Ana. "Comportamiento y utilización de la harina de kiwicha como sucedánea parcial del trigo en panificación". Tesis Químico U.N. San Antonio Abad, Cuzco. 1984.
- [2] Araya, Héctor y Cols. Consumo de preparaciones con diferentes atributos nutricionales y texturales por pre-escolares de 2 a 3 años, en: Rev. Chil. Nutr. Dic. 1989. Vol. 17. No 3.
- [3] Khaleque, Abdul y Cols. Studies on the development of infant foods from plant protein sources, in three parts Arch. Latinoam. Nutr. 35 (2, 3, 4): Jun, Set. Dic. 1985.
- [4] Ayala G., Ortega I., Moron C. Valor nutritivo y usos de la quinua. 2001. En *Quinua (Chenopodium quinoa Willd.) – Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro*. FAO, UNA-Puno, CIP. Santiago, Chile, 184-266.
- [5] AOAC. Official Methods of Analysis. 18th. Edition. 2004.
- [6] Del Valle, F.R. y Cols. Development and evaluation of a low-cost amaranth (*Amaranthus cruentus*) containing food for preschool children in: Arch. Latinoam. Nutr. Set. 1987. 37 (3): 480-93.
- [7] Donnel O., Alejandro M. Alimentación del niño en américa latina en Arch. Latinoam. Nutr. 1988. 38 (3) 685-704.
- [8] Repo-Carrasco, R. Cultivos Andinos y la Alimentación Infantil. 1992. Serie Investigaciones N° 1 del CCTA. Lima - Perú.
- [9] Resc. Regional Extension Service Centre Wearing Foods, Scientific series No 8. Ministry of Food Processing Industries Government of India. Dic. 1988.
- [10] Sánchez Marroquin A. Dos cultivos olvidados de importancia agroindustrial: El amaranto y la quinua. En Arch. Latinoam. Nutr. March 1983. 33 (1): 11- 32.
- [11] Tapia Mario E. Cultivos andinos sub explotados y su aporte a la Alimentación. Santiago de Chile. FAO. 1990.
- [12] Repo-Carrasco R., Espinoza C., Jacobson S.-E. Valor nutricional y usos de la quinua (*Chenopodium quinoa*) y de la kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). 10-14 May, 2001. UNALM, Lima, Perú, 391-400
- [13] Mujica, A., Izquierdo J., Marathee J.P. Origen y descripción de la quinua. 2001. FAO, UNA-Puno, CIP Santiago, Chile, 9-29.
- [14] Collazos Chiriboya C., Alvizur J. E., Vásquez G. J., Herrera A. N., Díaz. T. C., Roca N. A., Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. 2009. Octava edición.