

Evaluación Nutricional de Acciones de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) Provenientes de Diferentes Altitudes y Cultivadas en la Sierra de Huancayo

Ponce de León-Saavedra, P.P.¹, Valdez-Arana, J.D.C.^{2,3} y Romaní-Morón, M.J.²

¹ Maestría de Tecnología de Alimentos, Escuela de Postgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina s/n, La Molina, Lima (12), Perú.

² Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina s/n, La Molina, Lima (12), Perú.

³ Laboratorio de Inocuidad Proyecto Contrato N° 141-FINCyT-IA-2013, Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina s/n, La Molina, Lima (12), Perú.

Correo: pampampam2@gmail.com / jvaldez@lamolina.edu.pe

RESUMEN

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es un grano de cosecha de origen andino y de la familia Quenopodiácea, ha tenido un creciente interés debido a su calidad nutricional superior comparada con otros granos. Existen investigaciones que han evaluado los posibles efectos del cambio de lugares (altitudes y latitudes) del cultivo sobre las características agronómicas o nutricionales, y es de gran interés evaluar este potencial, así como el hecho de ampliar las áreas de cultivo para las diversas acciones colectadas de diferentes altitudes que son sembradas en zonas específicas de la sierra del Perú. La presente investigación tiene el objetivo de determinar el potencial nutricional (análisis proximal y digestibilidad *in vitro* de almidón) en acciones de quinua desaponificadas provenientes de diferentes altitudes de la sierra de Cuzco y Puno y las sembradas y cosechadas en la sierra de Huancayo.

INTRODUCCIÓN

La quinua es una planta alimenticia del área andina y su cultivo data de 5000 años a. C. Los incas y las culturas preincaicas reconocieron desde muy temprano su alto valor nutricional. Antes de la llegada de los españoles, la quinua se cultivaba en todo el imperio incaico, que incluyó el Perú actual, la mayor parte de Bolivia, Ecuador, partes de Chile, Argentina y Colombia. La quinua era considerada un alimento sagrado, empleado además para usos medicinales (Repo-Carrasco *et al.*, 2003).

La quinua ha tenido un creciente interés debido a su calidad nutricional superior comparada con otros granos. Es considerada por la FAO (Escudero *et al.*, 2014) como un alimento perfecto, pues aporta los tres macronutrientes (carbohidratos, proteínas y lípidos), posee un balance aminoácido alto en lisina y metionina; y además presenta un amplio rango de minerales y vitaminas. La quinua entonces ha sido señalada como un nuevo producto alimenticio en el mundo (Hirose *et al.*, 2010).

Aunque la siembra de la quinua en el Perú se da tradicionalmente en la sierra y existen traslados a la costa; no se cuenta con investigaciones que hayan evaluado el efecto del cambio de altitudes de estos cultivos sobre las características nutricionales, funcionales y tecnológicas. Es de suma importancia poder evaluar este potencial, así como el hecho de ampliar las áreas de cultivo para las diversas acciones colectadas de diferentes altitudes que son sembradas en zonas específicas de la sierra del Perú.

Esta planta posee una amplia adaptación a las condiciones agroecológicas (Mujica *et al.*, 2006b), se ha encontrado una extrema adaptabilidad en suelo a nivel del mar por lo que se han ido creando programas de mejora para su cultivo fuera de los lugares originales y con ellos priorizar el incremento de la producción del grano, la resistencia a enfermedades, la tolerancia al estrés hídrico y al control del contenido de saponinas (Anabalon y Thomet, 2010).

La semilla de la quinua es clasificada de acuerdo a la concentración de saponinas, como dulce (libre de o que contiene menos de 0.11% de saponinas) o amarga (con un contenido mayor al 0.11% de saponinas) (Koziol, 1993).

La siguiente investigación tiene como objetivo principal evaluar el valor nutricional, funcional y tecnológico de granos de 17 accesiones de quinua con diferente contenido de saponinas, provenientes de las zonas altoandinas de Puno y Cuzco, sembradas en la sierra de Huancayo. Se realizó en los laboratorios de la Facultad de Industrias Alimentarias; Laboratorio de Físico-químico de Alimentos, Laboratorio de Investigación, Laboratorio de Evaluación Sensorial de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Laboratorio de Inocuidad acondicionado con el Proyecto N° 141-FINCYT-IA-2013. Así como el Laboratorio de Bioanalítica de la Sección Química de la Universidad Pontificia Católica del Perú.

METODOLOGÍA

La materia prima a evaluar fueron las accesiones de las zonas altoandinas de Puno y Cuzco sembradas en la sierra de Huancayo durante la campaña Diciembre 2014 – Agosto 2015.

Caracterización inicial por evaluación del contenido de saponinas y color

Se evaluó el contenido de saponinas y la medición de color a un total de 32 accesiones de semillas de quinua provenientes de la sierra de Huancayo teniendo como objetivo seleccionar las cuatro accesiones con un menor contenido de saponinas (< 0.11%) (Bhargava *et al.*, 2006), tres con un contenido medio (0.11-0.39%) (Mastenbroek *et al.*, 2000) y cuatro con un mayor contenido (0.4-5%) (Bhargava *et al.*, 2006).

- **Contenido de saponinas:** por el método afrosimétrico o húmedo, que determina el contenido de saponinas por medio de la metodología desarrollada INEN (1988), basado en la altura de la espuma formada luego de una agitación mecánica y reposo a diferentes intervalos de tiempo.
- **Evaluación del color:** empleando el Colorímetro Konica Minolta CR-400, a través de la estimación del triestímulo que maneja el espacio de coordenadas de color L*a*b* y L a b.
- **Contenido de saponinas por espectrofotometría:** se realizó según Monje *et al.* (2006), utilizando extractos alcohólicos de las semillas de quinua mediante una reacción de color Liberman-Burchard. El reactivo color es una mezcla de anhídrido acético y ácido sulfúrico en una proporción de 1:5 y la proporción reactivo: muestra fue de 3.5:1. Todas las muestras se llevaron al espectrofotómetro a una longitud de onda de 528nm.
- **Desaponificación de las accesiones seleccionadas:** siguiendo el método de Mujica *et al.* (2006b), el cual es un método húmedo que consistió en someter a las semillas de quinua a un lavado con abundante agua fría intercalando con frotación manual en varias repeticiones (10-12) hasta que la quinua no soltara más espuma. Este proceso demoró alrededor de 10 minutos.

Evaluación del potencial nutricional

Las muestras desaponificadas (lavadas y secadas), fueron molidas para su mejor análisis.

Las pruebas comprendieron: Determinación de Humedad %, según la AOAC (2006), parte 950.46, Proteína Total % (N x 6.25), según la AOAC (2006), parte 948.13, Grasa % (Extracto Etéreo), según la AOAC (2006), parte 948.1e, Cenizas %, según la AOAC (2006), parte 942.05, Fibra bruta %, según la AOAC (1995), parte 945.38 – 962.09E. Digestibilidad in vitro de almidones, según Holm *et al.* (1985)

RESULTADOS

1. Evaluación del Contenido de Saponinas por Método Afrosimétrico

Los resultados de la evaluación del contenido de saponinas en las muestras de accesiones de quinua provenientes de la sierra de Huancayo y sus semillas originales se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Selección de Accesiones de Quinua Provenientes de la Sierra de Huancayo por su Contenido de Saponinas (%) y Sus Semillas Originales

N°	Contenido de Saponinas	Código		Nombre	Sierra	Semillas originales	
		Original	Sierra				
1	Contenido Bajo (<0.11%) (Bhargava et al., 2006)	CQC	165	29	INIA	0.050	-
2		CQC	432	148	INIA	0.020	-
3		CQC	457	160	INIA	0.020	-
4		CQC	70	216	Yuraq choqillos	0.040	0.17
5		CQC	99	230	Yana quinua	0.040	0.00
6		CQC	125	240	Oqe puka quinua	0.010	0.00
7		CQC	146	250	Choqillos	0.080	0.65
8	Contenido Medio (0.11-0.39%) (Mastenbroek et al., 2000)	CQC	113	235	Yuraq quinua	0.110	0.05
9		CQC	124	239	Choqillos	0.250	0.15
10		CQC	132	243	Paraqay quinua	0.330	0.23
11		CQC	135	245	Oqe quinua	0.160	0.27
12		CQC	Negra Collana	254	Negra Collana	0.190	-
13	Contenido Alto (>0.4%) (Bhargava et al., 2006)	CQC	38	209	Q'ello choqillos	0.600	0.08
14		CQC	61	214	Yuraq choqillos	0.470	0.19
15		CQC	75	218	Yuraq Quinua	0.580	0.09
16		CQC	131	242	Q'ello quinua	0.450	0.89
17		CQC	150	253	Yuraq ayti	0.540	0.03

Se realizó una selección de 17 accesiones de quinua por su contenido de saponinas (%) por método afrosimétrico, posteriormente se analizaron 14 muestras de semillas originales para poder ser comparados y evaluar el comportamiento de la saponina cuando las semillas se cultivan en diferentes zonas altitudinales, y son sometidas a cambios de riego y otras condiciones agroclimáticas.

Entre las 17 accesiones de quinua existen diferencias significativas para su contenido de saponina ($p < 0.05$) y se clasificaron 7 con bajo contenido de saponinas, 5 con medio y 5 con alto contenido de saponinas (%). La accesión CQC_125 Oqe puka quinua es la accesión con menor porcentaje de saponinas 0.01% y la accesión CQC_038 Q'ello choqillos con 0.6% es la más amarga del grupo. Según la clasificación de Koziol (1993), cuando el contenido de saponina es mayor a 0.11% se les considera a las semillas de quinua como amargas; por lo que se tienen 7 muestras de quinua dulce y 10 muestras de quinua amargas.



Figura 1. Método afrosimétrico para cuantificar % de saponinas

Cuando se analizaron los contenidos de saponinas en las semillas originales, la mayoría de las accesiones tuvo un contenido menor a las cosechadas en la sierra de Huancayo. Se observó que la accesión CQC_125 y CQC_99 tuvo un contenido de saponina de 0%, estas accesiones formaron poco o nada de espuma formada luego de la prueba de agitación y reposo. Así mismo se encontraron accesiones con bajo contenido de saponina, entre ellas la CQC_150 y CQC_113 con 0.03 y 0.05 % respectivamente. Las accesiones con un contenido medio de saponinas fueron, CQC_124 con 0.15% hasta CQC_135 con 0.27%. Para contenidos mayores se obtuvieron dos accesiones, CQC_146 y CQC_131 con 0.65 y 0.89% siendo ésta la accesión más amarga.

Estos valores son útiles para ser comparados con sus semillas cosechadas en la sierra de Huancayo, encontrándose que las accesiones originales con cero por ciento de saponinas no cambiaron esta composición y se mantienen en la categoría de contenido menor a 0.11%.

En cuando al contenido alto de saponinas, la accesión más alta (CQC_131) también mantuvo esta composición luego de su siembra y cosecha en la sierra de Huancayo. Sin embargo la accesión CQC_146, teniendo un alto contenido de saponina (0.9%) como semilla original, luego de ser trasladada para su siembra en la sierra de Huancayo, cambió drásticamente posicionándose en la clasificación baja con 0.08%. Este comportamiento ocurre probablemente por diversas variables agronómicas como son la irrigación y salinidad sobre la composición nutricional y de saponinas en las semillas de quinua. Troisi *et al.*, (2014) mencionan que el nivel de saponinas disminuyen en semillas que han sido expuestas a sequía y regímenes salinos. Estudios actuales han evaluado el contenido de saponinas en variedades de semillas de quinua y concluyen que las semillas que crecen en zonas más áridas poseen un contenido de saponina más alto.

2. Evaluación del Contenido de Saponinas por Método Espectrofotométrico

Se realizó la cuantificación de saponinas por espectrofotometría utilizando extractos alcohólicos de las semillas de quinua mediante una reacción de color Liberman-Burchard (Monje *et al.*, 2006). Para la cuantificación de saponinas se utilizó la siguiente ecuación. Los resultados se presentan en el Cuadro 2.

$$A = 4,5725 \times C_{\text{saponinas}} + 0,0164 \text{ con un } R^2 = 0,9998$$

Se observa que las muestras presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) encontrándose accesiones con mayor cantidad de saponinas como la CQC_124 con 2.08% seguida de la CQC_131 y CQC_150 con 1.66% 1.67% respectivamente, así como la accesión con menor contenido de saponinas la CQC_165 con 0.10%.

Las diferencias en el contenido de saponinas por el método espectrofotométrico, con el obtenido por el método afrosimétrico puede deberse al efecto de la inexactitud del método por el tamaño de burbujas de aire formadas, así como la estabilidad de la espuma formada

Cuadro 2. Contenido de saponinas por el Método Espectrofotométrico de las Accesiones de Quinua Seleccionadas y sus Semillas Originales

Nº	Contenido de Saponina	Código		Nombre	Sierra	Original
					Saponinas (%)	
1	Contenido Bajo (<0.11%) (Bhargava et al., 2006)	CQC	165	INIA	0.10	-
2		CQC	99	Yana quinua	0.19	0.44
3		CQC	457	INIA	0.20	-
4	Contenido Alto (>0.4%) (Bhargava et al., 2006)	CQC	432	INIA	0.41	-
5		CQC	38	Q'ello choqillos	0.47	0.80
6		CQC	125	Qasruka quinua	0.52	0.66
7		CQC	146	Choqillos	0.65	1.25
8		CQC	75	Yuraq Quinua	0.68	0.94
9		CQC	135	Q'ello quinua	0.71	0.80
10		CQC	61	Yuraq choqillos	0.90	1.76
11		CQC	113	Yuraq quinua	0.99	1.29
12		CQC	70	Yuraq choqillos	1.34	0.88
13		CQC	132	Paracay quinua	1.19	1.22
14		CQC	Negra Collana	Negra Collana	1.60	-
15		CQC	131	Q'ello quinua	1.66	0.98
16		CQC	150	Yuraq aytí	1.67	0.91
17		CQC	124	Choqillos	2.08	2.02

Asimismo se analizaron 14 semillas de accesiones de quinua originales para comparar los efectos del traslado de la siembra y los cambios agroclimáticos que puedan afectar la composición del grano de la quinua. Comparando los resultados espectrofotométricos de las semillas originales y las cosechadas en Huancayo, se encuentran 13 accesiones originales con valores altos de saponina, las cuales tienen la misma clasificación cuando fueron cosechadas en la sierra de Huancayo. Solo una accesión con contenido medio de saponina (CQC_99) con 0.19% en la sierra, mostró un mayor contenido de saponina en su semilla original (0.44%). Sin embargo cabe resaltar que la mayoría de accesiones cosechadas en la sierra de Huancayo tienden a bajar su contenido de saponinas a excepción de las accesiones con mayor contenido de saponinas tales como CQC_70, CQC_131, CQC_150 y CQC_124, las cuales luego de su traslado a la sierra de Huancayo aumentaron su contenido de saponina. Este comportamiento refleja el efecto que tiene el traslado de una semilla de su zona de cultivo original a otra zona altitudinal cuando se le somete a otras condiciones agronómicas como la aridez del suelo, la temperatura, el clima y riego.

3. Evaluación del Color de las Accesiones de Quinua provenientes de la Sierra de Huancayo y sus Semillas Originales

Se realizó la evaluación del color a las 17 accesiones de quinua provenientes de la sierra de Huancayo y se compararon con sus semillas originales para 14 de ellas. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Color de las Accesiones de Quinua Provenientes de la Sierra de Huancayo y Sus Semillas Originales.

N°	Código		Nombre	Sierra			Semillas Originales			
	Original	Sierra		L*	a*	b*	L*	a*	b*	
1	CQC	165	29	INIA	23.35	2.26	7.39	-	-	-
2	CQC	432	148	INIA	37.15	3.97	16.63	-	-	-
3	CQC	457	160	INIA	45.67	4.17	15.24	-	-	-
4	CQC	38	209	Q'ello choqillos	34.95	13.12	37.65	56.91	11.43	29.10
5	CQC	61	214	Yuraq choqillos	35.60	5.87	24.99	70.81	2.66	16.99
6	CQC	70	216	Yuraq choqillos	45.86	4.99	19.79	72.35	2.35	18.05
7	CQC	75	218	Yuraq Quimua	39.05	6.14	28.73	70.16	2.42	17.43
8	CQC	99	230	Yana quimua	12.08	5.80	6.22	34.78	2.54	2.03
9	CQC	113	235	Yuraq quimua	42.94	2.81	13.70	68.37	2.39	16.90
10	CQC	124	239	Choqillos	35.76	7.23	29.03	60.77	10.35	30.69
11	CQC	125	240	Qqe puka quimua	35.40	4.03	13.42	41.22	10.05	11.35
12	CQC	131	242	Q'ello quimua	36.57	6.52	26.58	58.56	11.86	29.78
13	CQC	135	245	Qqe quimua	32.75	4.03	18.17	45.88	2.95	11.76
14	CQC	143	248	Q'ello quimua	38.69	4.82	22.04	56.56	14.47	32.38
15	CQC	146	250	Choqillos	35.96	4.02	17.78	57.10	11.28	27.68
16	CQC	150	253	Yuraq ayti	34.41	5.18	26.21	71.19	2.14	17.04
17	CQC	Negra Collana	254	Negra Collana	35.44	4.69	15.99	-	-	-

En el Cuadro 3 se destacan las accesiones seleccionadas por su contenido de saponina. Las luminosidades son similares aunque se encuentran dos accesiones con luminosidad menor (CQC_165 y CQC_99), y tres con luminosidad mayor (CQC_70, CQC113 y CQC457). Este indicador sugiere que los granos de estas accesiones tienen una superficie más clara o que poseen brillantez. En el lado de las coordenadas *a y *b, comparando las respuestas, todas presentan mayores valores en la coordenada *b, por lo que tienen menos presencia de color rojo y son más amarillas. La accesión más amarilla corresponde a la CQC_38, las accesiones CQC_165 y CQC_99 son de color gris pardo y negra respectivamente.

En el caso de las semillas originales, las accesiones con mayor luminosidad son CQC_70, CQC_150, CQC_61 y CQC_75, todas muestras que van del blanco cremoso a amarillo claro.

4. Evaluación del Potencial Nutricional

Se realizó el Análisis Proximal que comprende las pruebas para determinación de humedad, proteína, grasa, fibra cruda y cenizas.

En el Cuadro 4 se presenta el análisis proximal de un grupo de 17 accesiones de quinua provenientes de la sierra de Huancayo, en base al porcentaje de saponinas bajo (< 0.11%), medio (0.11-0.39%) y alto (0.4-5%).

Cuadro 4. Análisis Proximal de las Accesiones de Quinua Seleccionadas en Función a su Contenido de Saponinas

Contenido de Saponinas	N°	Original		Sierra	Nombre	% Humedad	% Proteína	% Grasa	% Fibra Bruta	% Cenizas	% Carbohidratos
Contenido Bajo (<0.11%) (Bhargava et al., 2006)	1	CQC	165	29	INIA	11.5022	16.7571	6.453	3.3544	2.915	59.0183
	2	CQC	432	148	INIA	9.1209	15.7708	7.1481	2.4749	3.1814	62.3039
	3	CQC	457	160	INIA	8.4226	16.2371	6.1161	1.2003	2.2548	65.7691
	4	CQC	70	216	Yurac choollos	8.0825	18.0366	6.3124	1.1004	2.4961	63.972
	5	CQC	99	230	Yana quinua	8.6234	17.0436	5.182	2.4953	2.1957	64.4601
	6	CQC	125	240	Qaq puka quinua	8.438	14.3141	3.5133	1.776	2.523	69.4356
	7	CQC	146	250	Choollos	8.5153	17.1457	4.9219	1.679	2.6517	65.0865
Contenido Medio (0.11-0.39%) (Mastenbroek et al., 2000)	8	CQC	113	235	Yurac quinua	11.3114	18.6329	7.2502	1.9504	3.9248	56.9303
	9	CQC	124	239	Choollos	9.0759	8.2172	6.7967	2.3808	2.2615	71.2679
	10	CQC	132	243	Paraguay quinua	10.5384	13.848	4.3466	2.0574	2.7582	66.4514
	11	CQC	135	245	Qaq quinua	8.7559	10.8696	9.5749	1.6401	2.5394	66.6201
12	CQC	Negra Collana	254	Negra Collana	12.41	14.3443	6.7879	2.066	3.2872	61.1045	
Contenido Alto (>0.4%) (Bhargava et al., 2006)	13	CQC	38	209	Q'allo choollos	13.7748	17.7093	5.5846	1.2612	2.4431	59.227
	14	CQC	61	214	Yurac choollos	8.6603	15.4586	6.2355	2.6095	2.3494	64.6867
	15	CQC	75	218	Yurac Quinua	10.9256	14.3379	5.4027	1.052	2.4031	65.8788
	16	CQC	131	242	Q'allo quinua	8.8442	17.7813	5.869	1.5233	2.3691	63.6131
	17	CQC	150	253	Yurac ayti	9.4444	18.2654	6.0359	1.2511	3.7837	61.2195

Los resultados para el análisis proximal en cada una de las pruebas no presentan diferencias significativas pues el análisis de varianza arroja un $p > 0.05$, lo que sugiere que las accesiones poseen un valor nutricional similar entre ellas, aunque tengan un contenido de saponina más alto o más bajo.

En los resultados se observa que el porcentaje de humedad determinado para las quinas seleccionadas, se encuentra comprendido entre 8.08% a 13.77%, correspondiente a las muestras CQC_70 y CQC_38 respectivamente. Los valores presentados en el Cuadro 3 se encuentran dentro de los reportados por Repo-Carrasco *et al.* (2010), quienes obtuvieron un porcentaje de humedad, para las muestras de quinua analizadas en un rango comprendido entre 8.26% a 11.51%; asimismo Nascimento *et al.* (2014) reportaron una humedad de 11.30%.

En cuanto al contenido de proteínas, la accesión CQC_124 es la que presentó un menor contenido de proteínas con un valor de 8.21%; a partir de este nivel se observa que las demás muestras se encuentran en el rango de porcentaje de proteínas de 10.86% a 18.63% (CQC_135 y CQC_113 respectivamente); siendo esta última, la accesión con el mayor contenido de proteínas.

Diferentes investigaciones muestran que el contenido de proteínas en la quinua es variable. Nowak, Du y Charrondiére (2015), encontraron muestras con contenidos menores correspondientes al rango de 9.1% a 15.7% y Repo-Carrasco *et al.* (2003) reportan niveles de 14.4%. Miranda *et al.* (2011), evaluaron diferentes semillas sembradas en diferentes zonas de la sierra de Chile, así las semillas que crecieron en la zona sur Villarica, mostraron el mayor contenido de proteínas (16.10%), mientras que las de la zona de Regalona, mostraron un nivel de 14.66%.

El contenido de grasa en las muestras de quinua seleccionadas también es variable, se observa una menor concentración en la muestra CQC_125 con 3.51%. El porcentaje de grasa se incrementa en el resto de las muestras, obteniéndose un rango de 4.34% a 9.57%. Los valores antes indicados se encuentran dentro de los reportados por (Miranda *et al.* 2011), quienes obtuvieron niveles de grasa en granos de quinua, en el rango de 5.88% a 7.15%.

En relación al contenido de cenizas, se obtuvo un contenido comprendido entre el rango de 2.25% a 3.92%, valores cercanos a los presentados por Nowak, Du y Charrondiére (2015), donde el contenido de cenizas que obtuvieron para las muestras de quinua evaluadas estuvo en el rango de 2.0% a 7.7%, con una media de 3.3%. Las diferencias entre una muestra y otra no se deben a una sola razón; las diferencias ocurren posiblemente por la interacción de varios factores, estas son, las variedades y sus características propias (altitud, condiciones climáticas, etc), así como los métodos analíticos usados.

El contenido de fibra cruda en las muestras evaluadas se encontró en el rango de 1.05% a 2.61% correspondiente a las muestras CQC_75 y CQC_65 respectivamente. Estos valores se asemejan a los reportados por Nowak, Du y Charrondiére (2015), los cuales van de 1.0 a 9.2% con un valor medio de 3.3%; sin embargo en la investigación de Repo-Carraco *et al.* (2003), se reporta un 4% de fibra cruda la quinua evaluada. Lo que sugiere que pueden existir diferencias en el método utilizado.

Los Carbohidratos se calcularon por diferencia, el rango encontrado va desde 56.93 a 71.27% correspondiente a las muestras CQC_113 y CQC_124. Estos valores se encuentran dentro del rango encontrado por Nowak, Du y Charrondiére (2015) que reportan valores mínimos y máximos de 48.5 y 69.8%, y un valor medio de 59.9% encontrándose así semejanzas en las muestras estudiadas.

En el Cuadro 5 se presenta una parte del análisis proximal del grupo de las 14 accesiones de quinua originales provenientes de diferentes altitudes de la sierra de Cuzco y Puno.

Cuadro 5. Análisis Proximal de las Accesiones de Quinua Originales Provenientes de la Sierra de Cuzco y Puno

Muestra	Nombre	% Humedad	% Proteína	% Grasa	% Cenizas
CQC_075	Yuraq Quinua	14.5712	15.1284	6.6405	2.4527
CQC_038	Q'ello choqillos	12.4376	12.0628	6.5735	2.1021
CQC_099	Yana quinua	10.7249	14.8623	5.8312	2.4035
CQC_113	Yuraq quinua	12.5188	15.8008	6.6667	2.4625
CQC_125	Oqe puka quinua	10.8417	10.2474	9.4985	2.0626
CQC_150	Yuraq ayt'i	13.1085	13.6229	8.0430	2.8953
CQC_061	Yuraq choqillos	13.6212	13.3538	8.8682	2.2303
CQC_070	Yuraq choqillos	13.1185	14.0098	7.3795	2.2538
CQC_124	Choqillos	14.2863	16.4753	6.0739	2.3630
CQC_132	Paraguay quinua	9.2100	16.9123	7.5240	2.5318
CQC_135	Oqe quinua	8.1192	16.5783	6.2381	2.3187
CQC_143	Q'ello quinua	6.1852	15.4716	5.1663	2.0650
CQC_131	Q'ello quinua	8.0388	17.5697	6.0443	1.3688
CQC_146	Choqillos	11.2183	12.4631	4.4321	1.7280

Se observa que los porcentajes obtenidos no se alejan de los presentes en las semillas cosechadas en la sierra de Huancayo. Entre ellos, se tienen los resultados de humedad%, proteínas%, grasa% y cenizas%. Lo que resalta del Cuadro 5 es el contenido de proteínas en las diferentes accesiones, el porcentaje de proteínas se encuentra comprendido entre 10.23 a 17.56%, siendo valores más altos a los presentes en las accesiones seleccionadas de la sierra de Huancayo (Cuadro 4). Las accesiones con un mayor contenido de proteínas fueron la CQC_131 con 17.56% seguido de accesiones CQC_132, CQC_135, CQC_124, CQC_113 y CQC_143 con rangos de 15.47 a 16.9%.

El porcentaje de grasa en estas accesiones oscila entre 5.1 a 9.4%, valores semejantes a los reportados en diversas investigaciones, como los encontrados por Miranda *et al.* (2011) muestran que los valores de grasa para semillas de quinua fueron de 5.88 a 7.15%.

El promedio del contenido de humedad en las 14 accesiones de semillas originales está en 11.3% y el contenido de cenizas fue de 1.36 a 2.89%. El valor promedio de humedad es comparable con el reportado por Nascimento *et al.* (2014).

5. Análisis de la Digestibilidad *in vitro* de Almidones

La digestibilidad *in vitro* de almidones, se realizó con muestras de accesiones de quinua desaponificadas, secas y molidas. Siguiendo el método de Holm *et al.* (1985). Utilizando alfa amilasa para la hidrólisis con buffer fosfato (tampón) pH 6.9 para finalmente ser leídos en el espectrofotómetro a 550 nm.

Cabe señalar que para el cálculo del porcentaje de hidrólisis, se realizó previamente una curva patrón con maltosa para encontrar la concentración de ésta en miligramos. Se puede evaluar el contenido de maltosa a diferentes intervalos de tiempo (Cuadro 6).

Cuadro 6. Porcentaje de Hidrólisis en las Accesiones de Quinua a Tiempo Cero y Sesenta Minutos

Contenido de Saponinas	N°	Código			Nombre	% H t0	% H 60
		Original	Sierra				
Contenido Bajo (<0.11%) (Bhargava et al., 2006)	1	CQC	165	29	INIA	5.9485	70.3503
	2	CQC	432	148	INIA	3.4287	26.3809
	3	CQC	457	160	INIA	5.0397	10.7530
	4	CQC	70	216	Yuraq choqillos	5.5355	21.8615
	5	CQC	99	230	Yana quinua	5.1224	16.9197
	6	CQC	125	240	Oqe puka quinua	2.8090	38.7566
	7	CQC	146	250	Choqillos	7.7662	28.5773
Contenido Medio (0.11-0.39%) (Mastebroek et al., 2000)	8	CQC	113	235	Yuraq quinua	5.6181	20.9323
	9	CQC	124	239	Choqillos	2.9743	43.1493
	10	CQC	132	243	Paraguay quinua	2.3959	21.8615
	11	CQC	135	245	Oqe quinua	4.8745	20.5944
	12	CQC	Negra Collana	254	Negra Collana	2.3959	17.7222
Contenido Alto (>0.4%) (Bhargava et al., 2006)	13	CQC	38	209	O'ello choqillos	1.6524	51.2589
	14	CQC	61	214	Yuraq choqillos	0.2065	52.0614
	15	CQC	75	218	Yuraq Quinua	6.3616	62.7475
	16	CQC	131	242	O'ello quinua	2.3133	22.7485
	17	CQC	150	253	Yuraq ayti	3.3047	21.1857

Los datos presentados en Cuadro 5 son el porcentaje de hidrólisis a tiempo cero y a los sesenta minutos. No existen diferencias significativas para los valores del porcentaje de hidrólisis a los sesenta minutos ($p > 0.05$). La accesión con un porcentaje de hidrólisis mayor a los sesenta minutos es la accesión CQC_165 con 70%, la accesión con menor porcentaje de hidrólisis es la CQC_457, seguida de la quinua Negra Collana y CQC_99 con 10.7, 17.7 y 16.9% respectivamente. Este comportamiento se debe a la acción de la enzima alfa amilasa sobre el almidón contenido en las muestras evaluadas, cuando ésta hidroliza el almidón y lo reduce a azúcares más simples que son reportados como equivalentes de maltosa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AOAC. Association of Official and Analytical Chemists. 2006. Official Methods of Analysis of the A.O.A.C. Washington, DC. USA.
2. Anabalón, L; Thomet, M. 2010. Comparative analysis of genetic and morphologic diversity among quinoa accessions (*Chenopodium quinoa Willd.*) of the South of Chile and highland accessions. Journal of Plant Breeding and Crop Science. 1(5): 210-216.
3. A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists). 1995. Official Methods of Analysis. Association of Analytical Chemistry. Vol. 2 Editorial Board. U.S.A.
4. Escudero, O; Gonzáles, I; Wells, G; Fischer, S; Hernández, J. 2014. Amino acid profile of the quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) using near infrared spectroscopy and chemometric techniques. Journal of Cereal Science (Article in Press): 1-8.
5. Hirose, Y; Fujita, T; Ueno, N. 2010. Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan. Food Chemistry 119: 1300–1306.
6. Holm, J; Björck, I; Asp, N.G; Sjöberg, L.B; Lundquist, I. 1985. Starch availability *in vitro* and *in vivo* after flaking, steam-cooking and popping of wheat. Journal of Cereal Sciences. 3: 193-206.
7. INEN. (Instituto Ecuatoriano de Normalización). 1988. Quinoa. Determinación del contenido de saponinas por medio del método espumoso (método de rutina).
8. Koziol, M. 1993. Quinoa: a potential new oil crop. New crops. New York. 328-336.
9. Miranda, M; Vega-Galveza, A; Uribea, E; Lopez, J; Martinez, E; Rodriguez, MJ; Quispe, I; Di Scalac, K. 2011. Physico-chemical analysis, antioxidant capacity and vitamins of six ecotypes of chilean quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). Procedia Food Science 1 1439 – 1446.
10. Miranda, M; Vega-Galveza, A; Martinez, E; Lopez, J; Marin, R; Aranda, M; Fuentes, F. 2013. Influence of contrasting environments on seed composition of two quinoa genotypes: nutritional and functional properties. CHILEAN JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH 73(2).
11. Monje c., Yarko A., Raffailac JP. 2006. Determinación de Saponina Total en Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) Memoria IV Congreso Nacional de la Asociación Boliviana de Protección Vegetal. 5 al 7 de abril de 2006. Bolivia
12. Mujica, A; Ortiz, R; Bonifacio, A; Saravia, R; Corredor, G; Romero, A; Jacobsen, S. 2006 b. Agroindustria de la Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) en los Países Andinos. Proyecto Quinoa: Cultivo Multipropósito para los Países Andinos INT/01/K01 Perú-Colombia-Bolivia. Editorial El Altiplano EIRL. Perú.
13. Nascimento, A.C; Mora, C; Coelho, I; Gueifão, S; Santos, M; Matos, A.S; Gimenez, A; Lobo, M; Samman, N; Castanheira, I. 2014. Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays L.*) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. Food Chemistry 148: 420–426.
14. Nowak, V; Du, J; Charrondiére, U.R. 2015. Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) . Food Chemistry (Article in Press).
15. Repo-Carrasco, R; Espinoza, C; Jacobsen, S. 2003. Nutritional value and use of the andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International. 19 (1-2): 179–189.
16. Repo-Carrasco, R; Hellstrom, J; Pihlava, J; Marrila, P. 2010. Flavonoids and other phenolic compounds in andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa

(*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Food Chemistry 120: 128–133.

17. Rodríguez, M.E., Yañez-Limón, J.M., Alvarado, J.J., Vargas, H., Sanchez S. F., Figueroa, F., Martínez, B.F., González, H.J., Silva, M.D. and Miranda, L.C.M. 1996. Influence of the structural changes during alkaline cooking on the thermal, rheological, and dielectric properties of maize tortillas. Cereal Chem. 73:593-690.
18. Singleton, V; Rossi, J. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology Viticulture. 16: 2349-2351.
19. Trosi J., Di Fiore R., Pulvento C., D'andria R., Vega-Gálvez A., Miranda M., Martínez E., Lavini A. 2014. Saponinas. Capítulo 3,3. IN: Basile D. El al (Editores), "Estado del Arte de la Quinoa en el Mundo en 2013". FAO (Santiago de Chile) y CIRAD (Montpellier, Francia). 317-330.