

Evaluación de las propiedades funcionales del aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) variedad INIAP-TUNKAHUAN con potencial uso en la nutrición humana

Richy Lozano¹, Iván L. Tapia C.¹, Verónica J. Taco. T¹

¹ Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Central del Ecuador, Quito

Correspondencia: Verónica Taco; vjtaco@uce.edu.ec

Recibido: 6 marzo 2019; **Aceptado:** 31 julio 2019

Resumen

Introducción: La quinua es un alimento libre de gluten con alto potencial en la alimentación humana, ya que tiene alto valor nutricional, una propicia calidad proteica, cuyas propiedades funcionales son ideales para el desarrollo de nuevos productos alimenticios de alto valor agregado; sin embargo, estas pueden perderse durante el procesamiento.

Objetivo: Evaluar el efecto de dos procedimientos de aislamiento de proteínas de la harina integral de quinua ecuatoriana (variedad INIAP Tunkahuan) sobre las propiedades funcionales de los aislados proteicos de esta.

Métodos: El aislamiento proteico se realizó por solubilización / precipitación isoeléctrica, con y sin remoción de compuestos fenólicos, para prevenir efectos indeseables como el oscurecimiento y cambios en la digestibilidad del aislado proteico. A partir de la harina de quinua seca y desengrasada se solubilizó el contenido proteico a pH alcalino (9.0), luego se realizó una precipitación a pH ácido (5.0). La remoción de compuestos fenólicos se efectuó usando tratamiento ácido (pH 4.5) previo a su extracción. El potencial tecnológico en el aislado liofilizado fue evaluado a través de las propiedades funcionales.

Resultados: La remoción de compuestos fenólicos provocó un oscurecimiento del aislado, disminución de la cantidad de proteínas, capacidad de retención de agua y tamaño de gota de la emulsión (propiedad emulsificante). Además, la capacidad espumante fue independiente del procedimiento usado, también el aislado proteico obtenido sin la remoción de compuestos fenólicos presentó mayor viscosidad.

Conclusiones: Las proteínas de quinua pueden ser un ingrediente prometedor en la producción de alimentos funcionales, pero se necesita seguir estudiando las propiedades bioactivas de sus péptidos.

Palabras clave: *Chenopodium Quinoa Willd*, aislado proteico, propiedades funcionales, compuestos fenólicos

Evaluation of the functional properties of the quinoa protein isolate (*Chenopodium quinoa Willd*) INIAP-TUNKAHUAN variety with potential use in human nutrition

Abstract

Background: Quinoa is a gluten-free food has high potential in human nutrition, due to its high nutritional value, high protein quality, whose functional properties are ideal for development of new food products with high added value; however, these properties can be lost during processing.

Objective: To evaluate the effect of two protein extraction procedures (with and without the removal of phenolic compounds) on the functional properties of protein isolates obtained from the quinoa flour INIAP Tunkahuan variety.

Methods: Isolation of quinoa proteins was performed by solubilization at alkaline pH (9.0) / isoelectric precipitation at acidic pH (5.0). The removal of phenolic compounds was carried out with an acid treatment (pH 4.5) prior to the extraction of their proteins. The technological potential in the lyophilized isolate was evaluated through functional properties.

Results: The removal of compounds significantly affected the color of the protein isolate, making it darker, also caused a decrease in the amount of protein extracted, in its water retention capacity and in its emulsifying property, while the foaming capacity was independent of procedure used. Finally, a higher viscosity was observed in the protein isolate obtained without removal of phenolic compounds.

Conclusion: Quinoa proteins can be a promising ingredient in the production of functional foods, but studies need to continue on the bioactive properties of their peptides.

Keywords: *Chenopodium Quinoa Willd*, protein isolate, functional properties, phenolic compounds

Citación: Lozano R, Tapia IL, Taco VJ. Evaluación de las propiedades funcionales del aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) variedad INIAP-TUNKAHUAN con potencial uso en la nutrición humana. Rev Fac Cien Med (Quito) 2019; 44 (1): 48-56



Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un pseudocereal perteneciente a la subfamilia *Chenopodioideae* de las amarantáceas, cultivada en la cordillera de los Andes desde tiempos incaicos [1,2]. La quinua ha sido estudiada como fuente de compuestos bioactivos que promueven la salud tales como flavonoides [1,2], además los fitoecdisteroides encontrados muestran una alta gama de efectos farmacológicos beneficiosos en los mamíferos [3]. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés) ha seleccionado a la quinua como uno de los cultivos destinados a ofrecer seguridad alimentaria en el siglo XXI, debido a su tolerancia a la salinidad y al estrés por sequía, a más de su capacidad de crecer en regiones marginales [4].

Las semillas de la quinua tienen un alto valor nutricional [5] principalmente por el contenido de minerales, vitaminas, y su alta calidad proteica con un excelente balance de aminoácidos esenciales y un espectro más amplio en comparación con cereales o leguminosas [4,6,7]. El contenido proteico de las semillas de quinua depende de su variedad, y fluctúa de 10.4% a 17.0% [8]. La quinua ecuatoriana, variedad INIAP Tunkahuan, se caracteriza por tener bajo contenido de saponinas (0.03%) [9], compuestos amargos anti-nutricionales [5], y un contenido de proteínas de 14.15 % [10]. Las proteínas en los alimentos no solo tienen valor nutricional sino también tecnológico, pues poseen propiedades funcionales únicas que facilitan el procesamiento y desarrollo de productos [4]. Las propiedades funcionales de las proteínas como hidratación, combinación agua/aceite, emulsificación, formación de espuma, gelificación y comportamiento reológicos, son importantes y críticas y pueden ser afectadas por factores ambientales o de procesamiento [11].

La presencia de compuestos fenólicos en los aislados proteicos tiene efectos en la desnaturación térmica, solubilidad y digestibi-

lidad de las proteínas [12-14]. Tapia y colaboradores [10] mostraron que un tratamiento ácido previo a la extracción y precipitación de las proteínas de la harina de quinua, removió hasta el 62% del contenido de compuestos fenólicos sin alterar el contenido de proteína total y proteínas solubles, ésta constituye una alternativa tecnológica sencilla y de bajo costo a nivel industrial.

El objetivo del presente estudio fue evaluar las propiedades funcionales de los aislados proteicos de quinua variedad INIAP Tunkahuan obtenidos por dos procedimientos, para mostrar su potencial uso en la elaboración de productos destinados a la alimentación humana de alto valor agregado.

Métodos

Diseño

Se realizó un estudio experimental para aislamiento de proteínas de quinua mediante solubilización / precipitación isoeléctrica con dos variaciones: con remoción de compuestos fenólicos (P1), y sin remoción de compuestos fenólicos (P2), para establecer el procedimiento que no altere las propiedades funcionales. Dichos procedimientos fueron realizados a partir de una única muestra de harina de quinua, con la finalidad de proporcionar las mismas condiciones y evitar el efecto de variables externas que puedan influenciar en la concentración de proteína.

Preparación de la muestra

Para la obtención de la muestra de harina, se procesaron con un molino de mano (marca Corona), cinco kilogramos de semilla de quinua ecuatoriana (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad INIAP Tunkahuan certificada, marca comercial INAGROFA con bajo contenido de saponinas [15]. El producto fue tamizado con un juego de tamices Serie Tyler (números 100 y 250), y se procedió a almacenar la fracción con un diámetro de partícula de 0.250 mm según las normas INEN 0517 y 0154. Finalmente,

fue almacenado en un frasco plástico oscuro alejado de fuentes de luz y calor.

Obtención de la harina desengrasada (HQD) de quinua y almacenamiento

Se tomó como referencia el método oficial AOAC 991.36 de extracción por sumersión con solventes [16]. Para ello se tomaron cinco vasos de extracción, previamente lavados y tarados a 130°C, se colocaron 50 mL de éter dietílico. De forma inmediata se pesó, en cinco dedales de celulosa, aproximadamente 10 gramos de harina de quinua (con precisión de ± 0.0002 g) en una balanza analítica marca Mettler Toledo (Modelo XSE204) y se colocó en el equipo de extracción de grasa marca Velp Scientific, modelo 10 1242. La harina desengrasada (HQD) fue almacenada por separado en fundas herméticas codificadas protegidas de la luz y la humedad.

Extracción de proteína

Siguiendo el esquema propuesto por Tapia y colaboradores [10], a partir de la HQD se realizaron dos procedimientos de extracción de proteína con y sin remoción de compuestos fenólicos (P1 y P2, respectivamente). Ambos aislados proteicos se colocaron en los frascos para liofilización previamente lavados y pesados. Posteriormente, fueron sometidos a enfriamiento en un equipo ultracongelador marca Artika (modelo ULUF 450) por tres horas, para luego ser deshidratados en un liofilizador Telstar (modelo LYOALFA) para calcular el rendimiento de extracción de proteínas (**Ecuación 1**). El contenido proteico se expresó en gramos de proteína por 100 gramos de HQD. Cada muestra fue almacenada en fundas herméticas protegidas de la luz, calor y humedad para su posterior medición de propiedades funcionales.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{(w \text{ frasco} + \text{proteína}) - (w \text{ frasco})}{(w \text{ HQD})} \quad (1)$$

Donde:

$w \text{ frasco}$ = masa del frasco vacío (g)

$w \text{ frasco} + \text{proteínas}$ = masa del frasco que contiene a las proteínas (g)

$w \text{ HQD}$ = masa de harina de quinua desengrasada (g)

Capacidad de retención de agua (CRA)

Se siguió el método recomendado por Sathe & Salunkhe [18]. Para ambos procedimientos (P1 y P2) se pesó con exactitud 1.0000 ± 0.0002 g de aislado proteico liofilizado (PL) en una balanza analítica, se colocó en un tubo de centrifuga de 50 mL previamente pesado y tara-

do, y se añadieron 30 mL de agua Tipo I, se agitó con una espátula durante un minuto y se dejó reposar por 18 horas. Luego se centrifugó (marca MLB Modelo 13893351) a 3000 rpm durante un minuto, se retiró el agua, se pesó el tubo más el aislado proteico hidratado (PH) y por diferencia se determinó la cantidad de agua retenida por la proteína (**Ecuación 2**) [19].

$$\text{CRA} = \frac{(w \text{ tubo} + \text{PH}) - (w \text{ tubo} + w \text{ PL})}{(w \text{ PL})} \times \rho_{\text{agua}} (20^\circ\text{C}) \quad (2)$$

Donde:

$w \text{ tubo} + \text{PH}$ = masa del tubo más el aislado proteico hidratado (g)

$w \text{ tubo} + w \text{ PL}$ = masa del tubo más el aislado proteico liofilizado (g)

$w \text{ HQD}$ = masa de harina de quinua desengrasada (g)

$\rho_{\text{agua}} (20^\circ\text{C})$ = densidad del agua tabulada a 20°C

Capacidad espumante

Se siguió el procedimiento según Chau [20]. Se prepararon 20 mL de una suspensión proteica al 0.5% w/v, se agitó hasta la formación de espuma en un agitador (Velp Cientifi-

ca S/N 68475) operando a una velocidad de 1100 rpm durante un minuto. Subsiguientemente, se trasvasó a una probeta graduada y se determinó la cantidad de espuma. La capacidad espumante se expresó como sobrerrendimiento (**Ecuación 3**).

$$\text{Sobrerrendimiento} = \frac{v \text{ espuma (mL)} - v \text{ líquido inicial (mL)}}{v \text{ líquido inicial (mL)}} \times 100 \quad (3)$$

Donde:

$v \text{ espuma (mL)}$ = volumen de espuma formada

$v \text{ líquido inicial (mL)}$ = volumen de la suspensión proteica preparada (20mL)

Propiedad emulsificante

Dentro de las propiedades emulsificantes, se realizó la medición del tamaño de gota por la técnica de microscopía óptica [21]. Se prepararon dos mL de una suspensión proteica a 0.5% w/v y se ajustó el pH a 9.0 con NaOH 0.1N para solubilizar completamente el aislado proteico. A esta suspensión se agregó, gota a gota, aceite de girasol con agitación constante mediante un vórtex (marca Fisher Scientific) hasta la formación de una emulsión. Posteriormente, se dejó en reposo por cinco minutos, y se colocó una gota de ésta emulsión en una placa portaobjetos de un microscopio óptico Nikón, modelo SC, con un lente de 4x acoplado al sistema de escaneo del programa ImageJ. Finalmente se determinó el promedio del diámetro de las gotas de la emulsión formada [22].

Viscosidad

Las proteínas tienen la capacidad de formar geles al ser calentadas en solución [21]. Para medir viscosidad de un gel de aislado proteico de quinua se pesó 1.0000 ± 0.0002 g de PL en una balanza analítica (Mettler Toledo, modelo AB204-S) y se colocó en un vaso de precipitación de 100 mL junto a 20 mL de agua Tipo I. Manteniendo agitación constante, se solubilizó hasta pH 9.0 con NaOH 1N y se precipitó a pH de 5.0 con HCl 1N. Posteriormente, se añadió nuevamente agua Tipo I hasta la marca de 40.0 mL y se calentó en una plancha eléctrica (HACEB, modelo EM1) a temperatura de ebullición. Se esperó que el volumen disminuya hasta 20 mL, y el contenido se trasvasó a un tubo de ensayo, donde se dejó en reposo por 60 min. Posteriormente, se separó la fracción gelificada y se analizó la viscosidad en un reómetro Bohlin Instruments (Modelo MAL 10537305).

Análisis estadístico

La extracción de proteínas de la HQD para cada procedimiento (P1 y P2) se realizó con cinco réplicas. Se calculó la media y desviación estándar para los resultados obtenidos: rendimiento de la extracción de proteínas, capacidad de retención de agua, capacidad espumante, propiedad emulsificante y viscosidad. Se usó la prueba t-student pareada como prueba de hipótesis para determinar diferencia significativa entre los tratamientos al 95% de confianza. El análisis de resultados fue realizado con el software estadístico IBM SPSS Statistic, versión 20.

Resultados

Acondicionamiento de la muestra

El tamaño de partícula de la harina de quinua utilizada en este estudio fue de 0.25 mm, con un contenido de grasa de 8.64%.

Extracción de proteínas

El color de los aislados proteicos obtenidos fue afectado por el procedimiento de extracción usado, así el aislado obtenido con la remoción de compuestos fenólicos (P1) presentó un color beige oscuro, mientras que, el obtenido sin remoción de compuestos fenólicos (P2) fue de color beige claro, el cual es un color aceptable en la elaboración de suplementos o productos alimenticios. La **Tabla 1** muestra el porcentaje de rendimiento de las proteínas extraídas de la HQD usando los procedimientos P1 y P2.

Capacidad de retención de agua

En la Tabla 2 se encuentran los valores de CRA para los aislados proteicos obtenidos con P1 y P2. Se observó que ambos presentaron diferencia significativa con un valor de $P < 0.05$.

El aislado proteico obtenido con P2 mostró una mayor capacidad de retención de agua 3.68 (± 0.04) mL/g en relación al aislado P1.

Capacidad espumante

Los aislados proteicos de la quinua P1 y P2 mostraron una alta capacidad espumante, de acuerdo a los valores mostrados en la Tabla 2. Se observó que no existe diferencia significativa al comparar los dos procedimientos ($P > 0.05$).

Propiedad emulsificante

Los datos de la **Tabla 3** muestran los resultados de las mediciones del diámetro de las gotas formadas en las diferentes emulsiones con valores de 0.1579 (± 0.0091) mm y 0.1966 (± 0.0166) mm para P1 y P2, respectivamente. El análisis estadístico mediante la prueba t para datos emparejados ($P < 0.05$) muestra que hay diferencia significativa entre los dos procedimientos.

Tabla 1. Rendimiento de la extracción de proteínas de quinua (g de proteínas aisladas /100 g de HQD)

N° repetición	P1	P2
1	13.11	16.03
2	13.57	15.96
3	13.24	15.21
4	14.76	18.63
5	13.81	15.78
Media (\bar{x})	13.70	16.32
Desviación estándar (SD)	0.65	1.33

Tabla 2. Capacidad de retención de agua y espumante de los aislados de quinua.

N° repetición	Capacidad de retención de agua (mL de agua / g de proteína)		Capacidad espumante (%)	
	P1	P2	P1	P2
1	3.25	3.69	72.50	74.00
2	3.28	3.74	73.25	73.00
3	3.24	3.63	73.00	74.00
4	3.26	3.68	72.50	75.00
5	3.25	3.65	74.25	74.50
Media (\bar{x})	3.26	3.68	73.10	74.10
Desviación estándar (SD)	0.02	0.04	0.72	0.74

Tabla 3. Resultados de la capacidad emulsificante (CEM) de proteína de quinua

N° repetición	P1 (mm)	P2 (mm)
1	0.1683	0.2208
2	0.1448	0.1912
3	0.1646	0.1798
4	0.1554	0.2058
5	0.1562	0.1856
Media (\bar{x})	0.1579	0.1966
Desviación estándar (s)	0.0091	0.0166

La **Figura 1** muestra la distribución microscópica de gotas de agua en el medio dispersante de aceite para la emulsión, puede

observarse el menor tamaño de éstas en el caso de la proteína extraída con pretratamiento ácido (P1).

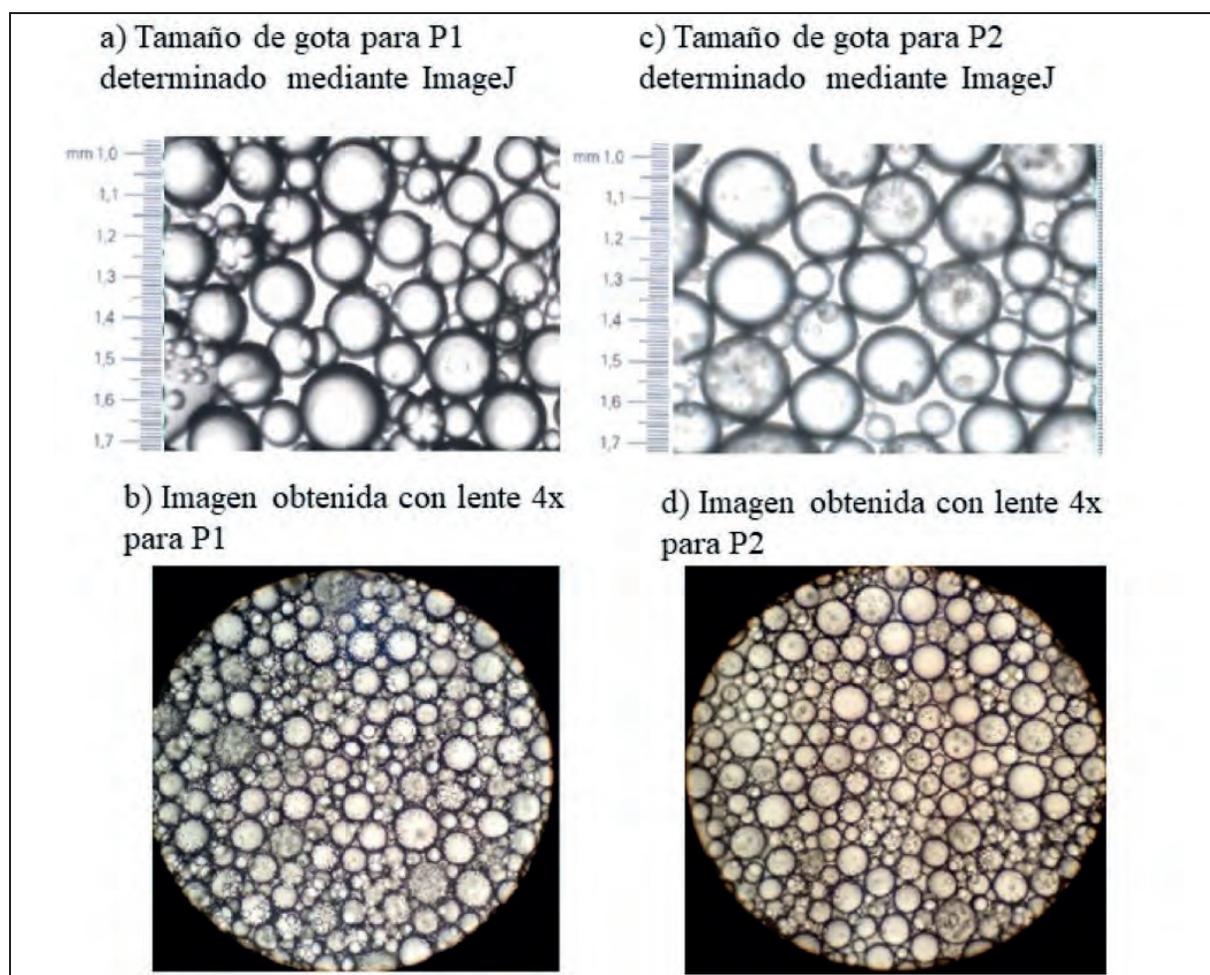


Figura 1. Observación microscópica de una emulsión de aceite de girasol usando aislado proteico (0.5% w/v) de quinua como tensoactivo.

Tabla 4. Valores de viscosidad para los geles formados con los aislados proteicos de quinua

N° repetición	P1 (Pa*s)	P2 (Pa*s)
1	3.685	3.749
2	3.673	3.719
3	3.679	3.722
4	3.675	3.734
5	3.682	3.727
Media (\bar{x})	3.6788	3.7302
Desviación estándar (s)	0.0049	0.0119

Viscosidad

La **Tabla 4** muestra los valores de viscosidad de los geles obtenidos a partir de los aislados proteicos de quinua con los procedimientos P1 y P2. No se encontró diferencias significativas ($P = 0.05$).

Discusión

El interés y consumo de la quinua se ha incrementado alrededor del mundo, debido a que posee compuestos bioactivos con efectos benéficos para la salud humana. En este estudio se determinó que el valor de proteína total para la harina de quinua variedad INIAP-Tunkahuan fue de 14.15 % [10], y el contenido de grasa fue 8.64%, este último valor fue similar al reportado por varios autores [4,19,23].

Se observó que el método de extracción de proteínas usado en este estudio es eficiente, pues los rendimientos de extracción en ambos procedimientos que se muestran en la **Tabla 1** son cercanos al valor reportado. Lo que significa que usando el método solubilización alcalina/precipitación ácida se logra extraer la mayoría de proteínas contenidas en la matriz alimenticia, siendo viable su uso a nivel industrial.

En este estudio, se extrajo mayor cantidad de proteínas cuando no se removió los compuestos fenólicos, este resultado se justifica debido a la ligera solubilidad de las proteínas a pH ácido [4,5], lo que provocó que una parte de éstas fueran eliminadas conjuntamente con los compuestos fenólicos. Las propiedades funcionales de las proteínas juegan un rol importante en el desarrollo de productos en la industria.

En lo que respecta a la capacidad de retención de agua de las proteínas aisladas de quinua, el valor encontrado en el P2 fue algo menor al reportado para la quinua 3.94 (± 0.06) mL/g, pero fue similar a la CRA de las proteínas de trigo 3.67 (± 0.05) mL/g y de soya [4]. Dichas proteínas, son usadas en la nutrición humana, siendo materia prima para la manufactura de una gran variedad de productos alimenticios

de consumo masivo. Por lo tanto, la capacidad de retención de agua de los ingredientes alimenticios es una propiedad funcional relevante para mejorar la palatabilidad y sabor de los productos.

Asimismo, la capacidad espumante de los aislados proteicos de quinua pueden llegar a ser un fuerte candidato para reemplazar a fuentes proteicas tradicionales como la albúmina de huevo, la cual es considerada como un excelente agente espumante (capacidad espumante entre 156 a 200%). Este resultado sugiere la posible diversificación del uso de la quinua para la elaboración de nuevos productos, ya que la capacidad espumante es una propiedad que es relevante en la industria debido a su uso para incrementar el volumen de los productos. Además, se encontró que la espuma resultante presentó alta estabilidad, característica tecnológica importante en determinados productos de valor agregado alto [4].

En este estudio se comprobó que el tipo de emulsión formada en ambos procedimientos fue del tipo W/O, observándose que la emulsión formada por el P2 tiene más consistencia (estabilidad con el paso del tiempo), mientras que la emulsión formada por P1 tiende a ser más fluida e inestable. Las proteínas de quinua muestran una baja habilidad de formar emulsión, parámetro crítico tomando en cuenta cuando se selecciona las proteínas para el uso de procesos industriales. Posiblemente, los cambios de pH durante el pretratamiento ácido (P1) pueden haber generado un estado desnaturalizado de la proteína, esto tiene efecto directo en la distribución de los grupos hidrofóbicos e hidrofílicos, se exponen a un mayor número de residuos hidrofóbicos, y la hidrofobicidad a su vez tiene una relación directa con la reducción de la tensión superficial incrementándose la actividad emulsificante [21] y afecta el tamaño de gota de la emulsión. Sin embargo, es necesario continuar con investigaciones más profundas de las propiedades emulsificantes de las proteínas de quinua para probar su funcionalidad y utilidad en el procesamiento de alimentos.

La viscosidad de las soluciones de proteínas es otro parámetro determinante en la elaboración de productos. En las proteínas la viscosidad depende de la forma, tamaño, flexibilidad e hidratación de las mismas, y dependiendo del peso molecular la viscosidad aumenta [21]. Por lo tanto, la viscosidad está muy estrechamente relacionada con la capacidad de retención de agua de las proteínas que influirá en la textura del alimento elaborado [21]. En este estudio se observó que la viscosidad es mayor cuando no se remueven los compuestos fenólicos, el tratamiento ácido previo parece alterar la superficie de la proteína provocando que la red formada por la agregación de las proteínas sea menos resistente, y subsecuente disminución de esta propiedad [21].

En conclusión, la quinua como semilla entera es considerada como un “*superalimento*” cuyo interés se ha extendido alrededor del mundo por sus diversas bondades nutricionales, a través de este estudio se muestra el potencial que tienen sus proteínas aisladas para el desarrollo de nuevos productos con alto valor agregado, pues sus propiedades funcionales son comparables a fuentes de proteínas tradicionales de origen animal y vegetal como son el huevo y soya, utilizadas masivamente en la industria alimenticia. Por tanto, es relevante continuar con investigaciones que den soporte científico de los beneficios a la salud humana de los péptidos derivados de la digestión de las proteínas aisladas de la harina de quinua, evaluando sus propiedades bioactivas que son determinantes en la elaboración de alimentos funcionales o suplementos alimenticios.

Conflictos de interés

Ninguno declarado por los autores

Contribución de los autores

El protocolo de investigación y el diseño de la misma, la recolección de datos, el análisis estadístico, la interpretación de los datos, la discusión, la redacción del manuscrito final fueron

realizados por los autores, quienes contribuyeron de igual forma en todo el proceso.

Financiamiento

Este estudio fue financiado por la Académie de Recherche et D'Enseignement Supérieur (ARES)-Bélgica a través de los proyectos semilla fomentados en la Universidad Central del Ecuador.

Agradecimientos

Académie de Recherche et D'Enseignement Supérieur (ARES)-Bélgica por el financiamiento y a la Dirección de Investigación de la Universidad Central del Ecuador por el apoyo proporcionado.

Disponibilidad de datos

Los datos que sustentan este manuscrito están disponibles bajo solicitud al autor de correspondencia.

Referencias

1. Repo-Carrasco-Valencia R, Hellström JK, Pihlava J-M, Mattila PH. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*) Food Chem. 2010;10:128-133.
2. Lutz M, Martínez A, Martínez EA. Daidzein and Genistein contents in seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) from local ecotypes grown in arid Chile. Industrial Crops and Products. 2013;49:117-121.
3. Graf BL, Poulev A, Kuhn P, Grace MH, Lila MA, Raskin I. Quinoa seeds leach phytoecdysteroids and other compounds. Food Chem. 2014;163:178-85.
4. Elsohaimy SA, Refaay TM, Zaytoun MA. Physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. Annals of Agricultural Science. 2015;60(2):297-305.
5. Ando H, Chen YC, Tang H, Shimizu M, Watanabe K, Mitsunaga T. Food Components in Fractions of Quinoa Seed. Food Sci Technol Res. 2002;8(1):80-84.

6. Przygoda K, Wejnerowska G. Extraction of tocopherol-enriched oils from Quinoa seeds by supercritical fluid extraction. *Ind Crop Prod.* 2015;63:41-47.
7. Aluko RE, Monu E. Functional and bioactive properties of quinoa seed protein hydrolysates. *Food Chem Toxicol.* 2003;68(4):1254-1258.
8. Reyes Montaña E, Ávila Torres D, Guevara Pulido JO. Componente nutricional de diferentes variedades de quinua de la Región Andina. *Avances.* 2006;5:86-97.
9. Villacrés E, Cuadrado L, Falconí F. 2013. Los granos andinos: chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.) quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y sango-roche (*Amaranthus hybridus* L.) fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética. Boletín técnico N° 165. Departamento de Nutrición y Calidad, INIAP-Facultad de Ciencias de la Salud, UNACH. ISBN: 9942-07-56.
10. Tapia IL, Taco DR, Taco TV. Aislamiento de proteínas de quinua ecuatoriana (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad INIAP Tunkahuán con remoción de compuestos fenólicos, para uso potencial en la nutrición y salud humana. *Rev Fac de Cien Med. (Quito).* 2016;41(1): 71-80.
11. Ma M, Ren Y, Xie W, Zhou D, Shurong T, Kuang M, et al. Physicochemical and functional properties of protein isolate obtained from cottonseed meal. *Food Chem.* 2018;240: 856-62.
12. Rubino MI, Amfield SD, Nadon CA, Bernatsky A. Phenolic protein interactions in relation to the gelation properties of canola protein. *Food Res Int.* 1996;29(7):653-59
13. Bejosano BP, Corke H. Protein quality evaluation of amaranthus wholemeal flours and protein concentrates. *J Sci Food Agri.* 1998;76:100-106.
14. González-Pérez , Merck KB, Vereijken M, Van Koningsveld A, Gruppen H, Voragen AG. Isolation and characterization of undenatured chlorogenic acid free sunflower (*Helianthus annuus*) proteins. *J Agric Food Chem.* 2002;50(61):1713-19.
15. Kirk R, Sawyer R, H. E. Composición y análisis de los alimentos. México: Compañía Editorial Continental; 1999.
16. Latimer G. Official methods of analysis of AOAC International. Décima novena ed. Maryland: AOAC International; 2012.
17. Miller J, Miller J. Estadística y Quimiometría para la Química Analítica Madrid: Prentice Hall; 2002.
18. Sathe SK, Salunkhe DK. Functional properties of the great northern bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins: Emulsion, foaming, viscosity, and gelation properties. *J Food Sci.* 1981;46(1):71-81.
19. Robertson JA. Hydration properties of dietary fiber and resistant starch: a European Collaborative Study. *IWT.* 2000;33(2):73-79.
20. Chau CF, Cheung PC, Wong YS. Functional properties of protein concentrates from three Chinese indigenous legume seeds. *J Agric Food Chem.* 1997;7(45):2500-2503.
21. Badui. S. Química de los Alimentos. México: PEARSON Educación; 2006.
22. Polat H. Kinetics of oil dispersion in the absence and presence of block copolymers. *AIChE J.* 1999;45(9):1866-74.
23. Vega-Gálvez A, Miranda M, Vergara J, Uribe E, Puente L, Martínez E. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) an ancient Andean grain: a review. *J Sci Food Agric.* 2010;90(15):2541-47.