

EXTRACCIÓN DE AISLADO PROTEICO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*: variedad blanca Junín) COMO ALTERNATIVA PARA EL USO EN SUPLEMENTOS ALTOS EN PROTEÍNA

Carina Gutiérrez Paz, Mary Lares, Jorge Sandoval y María S. Hernández

RESUMEN

La quinua es un pseudocereal destacado por la FAO como como un gran aliado no sólo en la lucha contra el hambre y la pobreza sino contra la malnutrición, problemas que afectan a dos tercios de los habitantes del planeta. Por su alto contenido de proteína, contando con todos los aminoácidos esenciales, especialmente histidina y lisina (aminoácidos limitantes en cereales), ha sido considerada como alternativa a la proteína animal para ser empleada en los casos de desnutrición infantil. El presente estudio tuvo como objetivo obtener un aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinoa* variedad blanca Junín) cultivada en Boyacá, Colombia (por cuatro métodos diferentes) como alternativa para ser usada en productos de suplementación proteica. Se realizó el proceso de extracción aplicando: 1) método

enzimático en harina pre-cocida de quinua desengrasada con éter de petróleo, 2) precipitación isoeléctrica en harina pre-cocida de quinua desengrasada con éter de petróleo, 3) precipitación isoeléctrica y aplicación de ultrasonido en harina de quinua desalmidonada, y 4) precipitación isoeléctrica en harina pre-cocida de quinua desalmidonada. El método por el cual se obtuvo mayor concentración de proteína fue el tercero, con una concentración del 72,4% siendo recomendado para el uso de alimentos, ya que el uso de solventes puede dejar residuos poco favorables para la salud del consumidor. Los suplementos que se elaboren con este aislado proteico pueden ser empleados no solo para pacientes con desnutrición sino para suplementación a deportistas, entre otros usos.

Introducción

La FAO (2013) destaca la quinua como un gran aliado no solo en la lucha contra el hambre y la pobreza sino contra la malnutrición,

problemas que afectan a dos tercios de los habitantes del planeta (FAO-ALADI, 2013). Se ha considerado a la quinua como uno de los alimentos más completos y unos de los cultivos destinados a ofrecer

seguridad alimentaria en el siglo XXI, debido a que las plantas de quinua son capaces de adaptarse a diferentes climas y suelos (Padrón Pereira *et al.*, 2014). Las semillas de quinua tienen un excelente balance de

aminoácidos esenciales, y estos son comparados con los del trigo (como referente del grupo de los cereales) y la leche (por ser un producto considerado como alimento de alta calidad proteica) (ver Tabla I).

PALABRAS CLAVE / Aminoácidos / Desalmidonado / Desengrasado / Desnutrición / Extracción Proteica / Isoeléctrica / Precipitación / Suplementos /

Recibido: 02/12/2020. Modificado: 20/08/2021. Aceptado: 24/08/2021.

Carina Gutiérrez Paz. Nutricionista Dietista, Especialización y Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia. Docente y Auditora Interna de Calidad, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia. Dirección: Calle 146F # 73 A – 20 Int 12-604 Código postal 111156. e-mail: cgutierrezp@unal.edu.co

Mary Lares. Licenciada en Biología, Magister y Doctorado en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Central de Venezuela. Profesora, Universidad Central de Venezuela. Coordinadora de Investigación en el Servicio de Endocrinología y Enfermedades Metabólicas, Hospital Militar Universitario Dr.

Carlos Arvelo, Venezuela. E-mail: marylares@hotmail.com
Jorge Sandoval. Ingeniero de Alimentos, Universidad INCCA, Colombia. Especialista en Seguridad y Calidad Alimentaria, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Profesional de apoyo, Universidad Nacional de Colombia. e-mail: jlsandovals@unal.edu.co

María S. Hernández. Bióloga, Universidad de los Andes, Colombia. M.Sc. en Fitotecnia, y Ph.D. en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia. Profesora, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia. e-mail: mshernandez@unal.edu.co

PROTEIN ISOLATE EXTRACTION FROM QUINOA (*Chenopodium quinua*: Blanca Junín variety) FOR USE IN HIGH PROTEIN SUPPLEMENTS

Carina Gutiérrez Paz, Mary Lares, Jorge Sandoval and María S. Hernández

SUMMARY

Quinoa is a pseudocereal that is recognized by the FAO as a powerful tool in the fight against hunger, poverty, and malnutrition, problems that affect two-thirds of the planet's inhabitants. Its high protein content, containing all essential amino acids, especially histidine and lysine (limited amino acids in cereals), provides an alternative to animal protein in cases of juvenile malnutrition. The present study aimed to obtain a protein isolate from quinoa, *Chenopodium quinua*: Blanca Junín variety, grown in Boyacá, Colombia (with four different methods), for use as an alternative in protein supplement products. The extraction process was carried out by applying: 1) enzymatic

method in pre-cooked quinoa flour degreased with petroleum ether, 2) isoelectric precipitation in pre-cooked quinoa flour degreased with petroleum ether, 3) isoelectric precipitation and ultrasound applications to destarched quinoa flour, and 4) isoelectric precipitation in pre-cooked, destarched quinoa flour. The third method obtained the highest protein concentration, 72.4%, and is recommended for use in food because solvents can leave residues that are harmful to consumer health. Supplements made with this protein isolate can be employed not only in patients with malnutrition but also by athletes, among other uses.

EXTRAÇÃO DE ISOLADO PROTEICO DE QUINOA (*Chenopodium quinua*: variedade blanca de Junin) COMO ALTERNATIVA PARA UTILIZAR EM SUPLEMENTOS RICOS EM PROTEÍNA

Carina Gutiérrez Paz, Mary Lares, Jorge Sandoval e María S. Hernández

RESUMO

A quinoa é um pseudocereal indicado pela Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO) como um grande aliado, não apenas na luta contra a fome e a pobreza, mas também contra a desnutrição, problemas que afetam dois terços dos habitantes do planeta. Por seu alto teor de proteína, além de todos os aminoácidos essenciais, especialmente histidina e lisina (aminoácidos limitantes em cereais), tem sido considerada como alternativa à proteína animal para ser usada nos casos de desnutrição infantil. O presente estudo teve como objetivo a obtenção de um isolado proteico de quinoa (*Chenopodium quinua* variedade blanca de Junin), cultivada em Boyacá, Colômbia (por quatro métodos diferentes), como alternativa para ser usado em produtos de suplementação proteica. Foi realizado o processo de ex-

tração aplicando: 1) método enzimático em farinha pré-cozida de quinoa desengordurada com éter de petróleo, 2) precipitação isoeletrica em farinha pré-cozida de quinoa desengordurada com éter de petróleo, 3) precipitação isoeletrica e aplicação de ultrassom em farinha de quinoa sem amido, e 4) precipitação isoeletrica em farinha pré-cozida de quinoa sem amido. O método pelo qual se obteve maior concentração de proteína foi o terceiro, com uma concentração de 72,4% recomendando-se para uso em alimentos, uma vez que a utilização de solventes pode deixar resíduos pouco favoráveis para a saúde do consumidor. Os suplementos elaborados com esse isolado proteico podem ser usados não apenas em pacientes com desnutrição, mas também em suplementação para desportistas, entre outros usos.

Adicionalmente, la quinua supera en cuanto aminoácidos esenciales las recomendaciones de la FAO para niños con edades comprendidas entre los 3 y 10 años (FAO, 2013; Bergesse *et al.*, 2015).

La digestibilidad de la proteína aumenta tras su cocción, lo cual puede ser debido a la desnaturalización de las proteínas por la acción del calor, en donde “la proteína pasa de un estado ordenado a un estado desordenado en el cual se producen modificaciones en sus estructuras secundaria, terciaria y cuaternaria lo cual puede aumentar su disponibilidad o digestibilidad” (Pezúa

Céspedes, 2017). La digestibilidad de las proteínas de este pseudocereal es de 66,1 a 69,5% en crudo y entre 84,07 y 86,27% en cocido, incremento que se debe al procesamiento (lavado y cocción) ya que, con éste, se reduce el contenido de saponinas, lectinas e inhibidores de proteasas que interfieren con la hidrólisis de proteínas (Pezúa Céspedes, 2017).

Teniendo en cuenta su contenido de aminoácidos y su digestibilidad, puede ser considerado como una alternativa a la proteína animal. De acuerdo a un estudio realizado por Álvarez y Herrera (2019) donde

a un grupo de pacientes se le incorporó el consumo de quinua como complemento nutricional a la dieta habitual (pacientes entre los 6 meses a 4 años 11 meses 29 días de etnia indígena, con desnutrición: talla baja para la edad con peso bajo), se determinó que la quinua puede ser empleada en los casos de desnutrición infantil ya que se obtuvo una ganancia ponderal. Además, la quinua puede ser suministrada en aquellos donde no logren acceder a una alimentación equilibrada que incluya cárnicos y derivados, ya que adicionalmente dicho estudio reveló que el principal factor para la

malnutrición de los pacientes fue la condición socioeconómica y el desconocimiento de los beneficios de la quinua (Álvarez Gavilánez y Herrera Miranda, 2019).

Teniendo en cuenta la calidad proteica de la quinua antes mencionada, se podría considerar como una alternativa para el uso en suplementos altos en proteína. Es importante mencionar que las fuentes más utilizadas de suplementación proteica son la leche, sus derivados y la proteína de soja; sin embargo, estos presentan algunas desventajas (Ajmol *et al.*, 2019). Para el caso de la soja, además de ser

TABLA I
CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS DE ALGUNOS ALIMENTOS *

| | Harina de quinua (Resultados) | | Quinoa | Harina de trigo | Arroz | Avena | Maíz | Cebada | Leche |
|-----------------|-------------------------------|------|--------|-----------------|-------|-------|------|--------|-------|
| | 2009 | 2010 | | | | | | | |
| | Datos bibliográficos *** | | | | | | | | |
| Ác. Aspártico | 1,09 | 0,84 | 0,88 | 0,49 | 0,81 | 1,06 | 0,60 | 0,67 | 0,26 |
| Ác. Glutámico | 1,00 | 1,47 | 1,43 | 4,17 | 1,62 | 2,92 | 1,80 | 2,77 | 0,76 |
| Serina | 0,55 | 0,11 | 0,44 | 0,56 | 0,43 | 0,66 | 0,47 | 0,48 | 0,20 |
| Histidina ** | 0,40 | 0,90 | 0,29 | 0,25 | 0,20 | 0,29 | 0,26 | 0,25 | 0,09 |
| Glicina | 0,78 | 0,66 | 0,62 | 0,42 | 0,39 | 0,66 | 0,35 | 0,45 | 0,07 |
| Treonina ** | 0,43 | 0,35 | 0,42 | 0,32 | 0,31 | 0,46 | 0,34 | 0,39 | 0,15 |
| Arginina | 1,15 | 0,89 | 0,84 | 0,42 | 0,65 | 0,88 | 0,40 | 0,56 | 0,11 |
| Alanina | 0,58 | 0,48 | 0,56 | 0,37 | 0,47 | 0,63 | 0,72 | 0,46 | 0,12 |
| Tirosina | 0,32 | 0,09 | 0,34 | 0,28 | 0,28 | 0,46 | 0,36 | 0,37 | 0,16 |
| Valina ** | 0,71 | 0,28 | 0,54 | 0,49 | 0,43 | 0,71 | 0,46 | 0,59 | 0,20 |
| Metionina ** | 0,13 | 0,56 | 0,24 | 0,17 | 0,18 | 0,23 | 0,18 | 0,20 | 0,09 |
| Cistina | 0,06 | 0,11 | --- | 0,30 | 0,08 | 0,37 | 0,15 | 0,27 | 0,03 |
| Isoleucina ** | 0,53 | 0,04 | 0,43 | 0,44 | 0,30 | 0,53 | 0,35 | 0,42 | 0,16 |
| Leucina ** | 0,88 | 0,43 | 0,72 | 0,84 | 0,65 | 1,01 | 1,19 | 0,78 | 0,33 |
| Fenilalanina ** | 0,52 | 0,71 | 0,49 | 0,58 | 0,41 | 0,70 | 0,46 | 0,60 | 0,19 |
| Lisina ** | 0,60 | 0,43 | 0,67 | 0,25 | 0,30 | 0,52 | 0,25 | 0,41 | 0,27 |
| Triptófano ** | - | - | --- | 0,13 | --- | --- | 0,07 | --- | --- |
| Prolina | 0,35 | 0,60 | 0,37 | 1,39 | 0,37 | 0,72 | 0,85 | 1,28 | 0,31 |

*Aminoácidos por 100g de producto. **Aminoácidos esenciales. ***Fuente: Bergesse *et al.* (2015).

un producto alergénico (las reacciones de hipersensibilidad y alergenidad pueden no ser graves, sin embargo, en ocasiones pueden ser alarmantes y poner en riesgo la vida del consumidor), presenta baja solubilidad, sabores fuertes (amargo, astringente, entre otros) (Ajmol *et al.*, 2019). Por otro lado, la leche destaca por su proteína de alta calidad, con alto contenido de leucina, buena solubilidad y digestibilidad; sin embargo, algunas personas presentan hipersensibilidad a la lactosa y a la proteína de la leche. Por lo anterior, es muy común encontrar productos con mezclas proteicas de origen animal y vegetal (Ajmol *et al.*, 2019). También es de resaltar que de acuerdo con un estudio realizado por la FAO, al menos el 3% las emisiones mundiales de gases efecto invernadero provienen del sector lácteo.

Según el Codex Alimentario y la resolución 1169 de 2011 de la Unión Europea, la leche y la soya se encuentran enlistados como alimentos alergénicos. Es por esto que el presente estudio tuvo como objetivo obtener

un aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinua*: variedad blanca Junín) cultivada en Boyacá, Colombia por cuatro métodos diferentes, como alternativa para ser usada en productos de suplementación proteica.

Quinoa

La composición fisicoquímica de la quinua variedad blanca Junín se caracteriza por un contenido de proteína del 13,2% en semilla y un contenido de carbohidratos del 53,7% (Tabla II).

Los aislados proteicos pueden obtenerse de la materia prima natural. La extracción y purificación de los constituyentes proteicos están basadas en el método de obtención (Breña Díaz, 2018) de aislados proteicos de leguminosas como la soya, lupinos, entre otros. Según estudio realizado por Elsohaimy *et al.* (2015) la proteína de quinua es una fuente nutritiva promisoriosa y candidata para ser usada en suplementos alimentarios.

De acuerdo con la literatura, cabe resaltar que, aparte de las

TABLA II
CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE SEMILLAS DE QUINUA Y HARINA DE QUINUA PRECOCIDA VARIEDAD BLANCA JUNÍN

| Análisis proximal | Quinoa en semilla g/100g | Harina de quinua precocida g/100g |
|-------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Humedad | 10,9 ± 0,001 | 4,7 ± 0,001 |
| Cenizas | 5,84 ± 0,35 | 8,1 ± 0,43 |
| Grasa | 6,9 ± 0,15 | 7,4% ± 0,2 |
| Proteína | 13,2 ± 0,05 | 13,8 ± 0,14 |
| Fibra | 9,44 | 9,68 |
| Carbohidratos | 53,7 | 56,4 |
| Sólidos totales | 89,1 | 95,38 |
| Calorías | 330 kcal | 347 kcal |

Los valores son promedio ±d.e., n= 3.

proteínas, las semillas de quinua son una excelente fuente de lípidos y carbohidratos, donde los carbohidratos se encuentran en un 60 a 74%, donde el almidón ocupa entre el 58,1 y 64,2% del cual ≈10-21% (dependiendo de la variedad) es amilosa. En cuanto a los lípidos, cuenta con un intervalo entre 5,2 a 9,7%; entre los ácidos grasos saturados y no saturados, el ácido linoleico es el predominante (oscilando entre 44 y 57%) seguido del ácido

oleico, palmítico y α-linolénico (2,8 - 9,8%) y para fibra dietética se reporta un contenido de 8,87% (7,85% insoluble; 1,02% soluble) (Padrón Pereira *et al.*, 2014).

Materiales y Métodos

Materia prima

Se utilizó semilla de quinua variedad blanca Junín cultivada en Boyacá, Colombia, y posteriormente sometida a

de-saponificación e inactivación de inhibidores de tripsina para posterior obtención de harina precocida de quinua.

Caracterización de materia prima y harina de quinua precocida

Los análisis realizados para la caracterización de la materia prima y la harina de quinua precocida corresponden a: humedad por el método gravimétrico (A.O.A.C 925.09), cenizas por incineración en mufla (A.O.A.C 923.03), grasa: método Soxhlet (A.O.A.C 960.39), proteína: digestión de Kjeldahl (A.O.A.C 960.52), fibra: método enzimático hidrólisis ácido/alcalina (A.O.A.C 962.09/05) y carbohidratos: cálculo por diferencia.

Aislado proteico

En la Figura 1 se observa el metodológico utilizado para la extracción de proteína en harina de quinua precocida para cada uno de los cuatro métodos utilizados para ello:

Método 1. Corresponde al método sugerido por Waglay *et al.* (2019) con algunas modificaciones. En este método se

realizó un proceso de aislado mediante: 1) precipitación con sulfato de amonio ($224\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$); 2) digestión con alfa amilasa ($14,7\text{m}\cdot\text{kg}^{-1}$); y finalmente 3) filtración. Este método fue aplicado a la harina de quinua pre-cocida desengrasada con éter de petróleo.

Método 2. Corresponde al método sugerido por Elsohaimy *et al.* (2015) y por Mira Vásquez y Roca Argüelles, (2016). Para este método se hizo uso de harina de quinua pre-cocida y desengrasada previamente con éter de petróleo. La muestra fue sometida a: 1) mezcla con agua desionizada (10% m/v) y homogenización en ultraturax por 8min; 2) alcalinización de las muestras con NaOH 0,1N llevando a pH de 11, 12 y 13 (un pH para cada muestra); 3) centrifugación a 10000rpm por 15min; y 4) acidificación del sobrenadante (proteína soluble) con HCl 0,1N llevando a pH 4,5 para su precipitación.

Método 3. Corresponde al método sugerido por Rosas-Mendoza *et al.* (2017). Sin embargo, se decidió hacer uso de harina de quinua pre-cocida sin almidón (el proceso de desalmidonado se realizó

según procedimiento sugerido por Tapia *et al.* (2012) y algunos cambios realizados por el grupo investigador (Figura 2). En cuanto al proceso de aislado, como cambios esenciales en el método utilizado, la harina se mezcló con agua desionizada (10% m/v), se utilizó baño ultrasónico a 40kHz y finalmente alcalinización por cambio de pH 12 con NaOH 0,1N. Se centrifugó la muestra a 10000rpm por 15min y posteriormente se acidificó el sobrenadante con HCl 0,1N llevando a pH 4,5 para su precipitación (Rosas-Mendoza *et al.*, 2017).

Método 4. Corresponde al método sugerido por Elsohaimy *et al.* (2015) y por Mira Vásquez y Roca Argüelles, (2016), en el que se decidió realizar el cambio en la materia prima usando harina de quinua precocida sin almidón (Figura 2). La harina se mezcló con agua desionizada (10% m/v) y se alcalinizó con NaOH 0,1N llevando a pH de 10, 11 y 12 (un pH para cada muestra), se centrifugó a 10000rpm por 15min. Posteriormente, se acidificó el sobrenadante con HCl 0,1N llevando a pH 4,5 para su precipitación.

Determinación de proteína en aislados proteicos

Los análisis realizados para la determinación de proteína total presente en los aislados proteicos corresponde al método Kjeldahl.

Resultados y Análisis

El contenido de proteína presente en las semillas de quinua utilizadas fue de $13,2 \pm 0,04\%$, en la harina precocida de quinua se obtuvo un contenido de proteína de $13,8 \pm 0,14\%$ y en la harina de quinua desalmidonada se presentó un contenido de proteína de $16,6 \pm 0,11\%$, los valores son promedio \pm desviación estándar con $n = 2$.

En las Tablas III y IV se presentan los resultados de concentración de proteína en cada uno de los métodos utilizados.

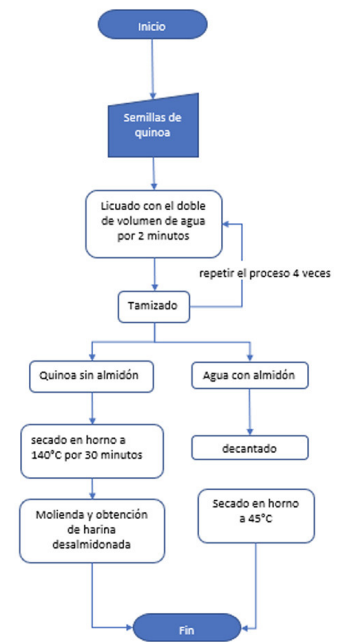


Figura 2. Proceso de desalmidonado a semillas de quinua.

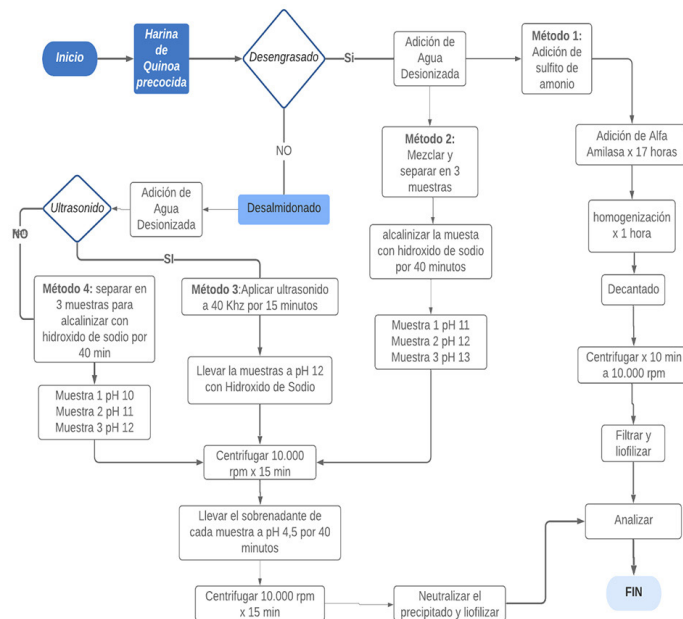


Figura 1. Proceso de extracción de proteína de quinua.

TABLA III
CONTENIDO DE PROTEÍNA EN LOS AISLADOS PROTEICOS DE QUINUA MÉTODOS 1 Y 2

| HPQD Método 2 | Contenido de proteína | HPQD Método 1 | Contenido de proteína |
|------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| pH 11 | 56,4 ±0,7 | Alfa amilasa y filtrado | 36,4 ±0,1 |
| pH 12 | 68,0 ±2,5 | | |
| pH 13 | 40,1 ±0,0 | | |

HPDQ: harina pre-cocida de quinua desengrasada. Los valores son promedio ±d.e., n= 3.

TABLA IV
CONTENIDO DE PROTEÍNA EN LOS AISLADOS PROTEICOS DE QUINUA MÉTODOS 3 Y 4

| HPQSA Método 4 | Contenido de proteína | HPQSA Método 3 | Contenido de proteína |
|-------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| pH 10 | 40,4 ±2,0 | pH 12 + Ultrasonido | 72,4 ±0,3 |
| pH 11 | 40,2 ±3,5 | | |
| pH 12 | 51,9 ±2,1 | | |

HPQSA: harina pre-cocida de quinua sin almidón. Los valores son promedio ±d.e., n= 3.

Mira Vásquez y Roca Argüelles (2012) encontraron que el mejor método para la obtención de aislados proteicos fue de pH 10 en harina desengrasada. En el estudio de Rosas-Mendoza *et al.* (2017) se concluyó que la aplicación del ultrasonido durante el proceso de extracción de proteínas efectivamente mejora el rendimiento si ya se ha desalmidonado el producto. Acorde con lo anterior, y en contraste con los resultados obtenidos en nuestros experimentos, podemos decir que el mejor método de extracción de proteína fue a pH 12 en combinación con el uso de ultrasonido, en una muestra desalmidonada.

Conclusión

El método que resultó en una mayor concentración de proteína de quinua fue con la aplicación de ultrasonido y precipitación isoelectrica con alcalinización de la muestra a pH 12, encontrando una concentración del 72,4% en harina precocida de quinua sin almidón.

El proceso de desalmidonado favorece la mayor concentración de proteína, debido a que esta se encuentra en un alto porcentaje en la quinua favoreciendo la precipitación y concentración de la proteína.

Los suplementos proteicos elaborados a partir de la quinua, pueden ser suministrados para pacientes con desnutrición, así como a deportistas, entre otros.

Recomendaciones

Se recomienda determinar el perfil de aminoácidos presentes en el aislado de proteína.

Se recomienda evaluar la digestibilidad del aislado obtenido por el método con el que se obtuvo mayor concentración de proteína.

AGRADECIMIENTOS

El Programa Estímulos del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis (programaestimulos@jbb.gov.co) constituye una plataforma de acompañamiento y asesoría en espacios académicos que fortalecen la producción de conocimiento acerca de los ecosistemas, sostenibilidad ambiental y el aprovechamiento del patrimonio genético en la Región Andina. Los autores reconocen su importante participación en este estudio.

REFERENCIAS

Ajmol A, Sung-je L, Kay J RM (2019). Sports and Exercise

Supplements. En *Whey Proteins. From Milk to Medicine*. Massey University, Auckland, Nueva Zelanda. pp.539-635 . <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812124-5.00017-5>.

Álvarez Gavilánez JJ, Herrera Miranda JP (2019) La quinua como alternativa a la preotina animal en la desnutrición infantil. *Rev UNIANDES Cienc Salud* 2: 72-81.

Bergesse AE, Boiocchi PN, Calandri EL, Cervilla NS, Gianna V, Guzmán CA, Miranda PP, Montoya PA, Mufari JR (2015) *Aprovechamiento Integral del Grano de Quinoa: Aspectos Tecnológicos, Fisicoquímicos, Nutricionales y Sensoriales*. Grasso Folencia V (Ed.). Eudeba. Buenos Aires, Argentina. 262 pp.

Breña Diaz DA (2018). *Obtención de un aislado proteico de torta de Tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) y evaluación de sus propiedades funcionales*. Tesis. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. 97 pp.

Elsouhaimy S, Refaay T, Zaytoun M (2015) Physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. *Ann. Agric. Sci.* 60: 297-305.

FAO (2013) *2013 International Year of Quinoa Secretariat*. Vitacura, Santiago, Chile: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO-ALADI (2013) *Memorial del Seminario Internacional "Quinoa: Un aliado para la Erradicación del Hambre"*.

ALADI. Montevideo, Uruguay. 79 pp.

Mira Vásquez J, Roca Argüelles M (2016) Obtención de aislado de proteína de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Cienc. Tecnol. Alim.* 26(3): 60-65.

Padrón Pereira CA, Oropeza González RA, Montes Hernández AI (2014). Semillas de quinua (*Chebopodium quinoa* Willdenow): Composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas. *Rev. Venez. Cienc. Tecnol. Alim.* 5: 166-218.

Pezúa Céspedes R (2017) *Digestibilidad in vitro de la Proteína y la Composición Nutricional de Tres Variedades de Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) Germinada y Cocida*. Tesis. Universidad Nacional Jose María Arguedas. Perú. 102 pp.

Rivera Figueroa MM (2006) *Obtención, Caracterización y Determinación de las Propiedades Funcionales de un Aislado Proteico de Quinoa Orgánica (Chenopodium Quinoa)*. Tesis. Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105605>.

Romani-Morón M, Valdez-Arana J (2019). Efecto del cambio de hábitat en las características nutricionales y funcionales de 16 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivadas en la Costa Peruana. *Sci. Agropec.* 10: 293-302.

Rosas-Mendoza ME, Salas Villegas AD, Meléndez-Perez R, Coria-Hernández J, Arjona-Román JL (2017) Extracción de proteína de *Moringa oleifera*, asistida con ultrasonido. *Memorias Congresos de la Sociedad Química de México*. pp. 52-54.

Tapia MS, Pérez E, Rodríguez PE, Guzmán R, Ducamp-Collin MN, Tran T, Rolland-Sabate A (2012) Some properties of starch and starch edible films from under-utilized roots and tubers from the Venezuelan Amazons. *J. Cell. Plast.* 48: 526-544.

Vilcacundo R, Barrio D, Carpio C, García-Ruiz A, Ruales J, Hernández-Ledesma B, Carrillo W (2017) Digestibility of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) protein concentrate and its potential to inhibit lipid peroxidation in the zebrafish larvae model. *Plant Foods Human Nutr.* 72: 294-300.

Waglay A, Achouri A, Karboune S, Reza Zareifard M, L'Hoceine L (2019) Pilot plant extraction of potato proteins and their structural and functional properties. *LWT- Food Sci. Technol.* 113: 1-9.