

CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE QUINUA (*CHENOPODIUM QUINOA* WILLD.) PRODUCIDA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, ECUADOR

José Miguel MiraVásquez¹ y Darwin Javier Sucoshañay Villalva²

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Pecuarias Panamericana Sur km 1.5 Riobamba, Ecuador. Doctorante en la Universidad de la Habana. E-mail: jmmira_18@hotmail.com

²Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación - Universidad Estatal Amazónica, Puyo-Pastaza-Ecuador, Estudiante de Postgrado de la Universidad de La Habana.

R esumen

Se determinó la composición química, digestibilidad *in vitro*, granulometría, propiedades funcionales y viscosidad de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) cruda y tostada, producida en la Provincia de Chimborazo, Ecuador. Los porcentajes de humedad, cenizas, proteína bruta y grasa de la harina cruda fueron superiores a los de la tostada, excepto en la fibra y carbohidratos. La digestibilidad *in vitro* de la harina cruda fue mejor; mientras que las curvas de distribución del tamaño de partículas se acercan a la distribución normal en ambos casos, equivalente a 180 μm . Tanto las propiedades funcionales como la temperatura de inicio de gelatinización presentaron diferencias significativas entre las dos harinas, siendo superiores los datos de la tostada. La viscosidad fue más alta en la harina cruda a 90 °C, así como 20 minutos posteriores a la misma temperatura y a 50 °C. Se concluyó que los resultados de la composición química, digestibilidad *in vitro* y viscosidad de la harina de quinua cruda fueron mayores a los de la tostada, mientras que las propiedades funcionales presentaron datos inferiores.

Palabras Claves: *Chenopodium quinoa*, Cruda, Química, Granulometría y Digestibilidad

A bstract

It was determined the chemical composition, *in vitro* digestibility, particle size, functional properties and viscosity of the quinoa flour (*Chenopodium quinoa Willd.*) raw and toast, produced in the province of Chimborazo, Ecuador. The percentages of moisture, ash, crude protein and fat raw meal were superior to toast except fiber and carbohydrates. The *in vitro* digestibility of raw meal was better; while curves particle size distribution approaching the normal distribution in both cases equal to 180 μm . Both functional properties such as gelatinization onset temperature showed significant differences between the two flours, higher data being toasted. The viscosity was higher in the raw meal to 90 °C and 20 minutes later at the same temperature and 50 °C. It is concluded that the results of the chemical composition, *in vitro* and viscosity of raw quinoa flour digestibility were higher, while the functional properties presented lower data.

KeyWords: *Chenopodium quinoa*, raw, Chemistry, Granulometry and Digestibility

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) es un pseudocereal originario de Suramérica el cual se cultiva principal-

mente en Bolivia, Perú, Ecuador y en el sur de Colombia. Existe un especial interés en este producto, debido a su alto contenido en proteína y minerales (1).

Es un cultivo con alto potencial para contribuir a la seguridad alimentaria de diversas regiones del planeta, es-

pecialmente en aquellos países donde la población tiene poco acceso a fuentes de proteína. Los aminoácidos esenciales se encuentran en el núcleo del grano, a diferencia de otros cereales que los tienen en el exosperma o cáscara. Además tiene alto contenido de calcio, magnesio, hierro, cobre y zinc (2). La quinua por sus características nutricionales puede ser muy útil en las etapas de desarrollo y crecimiento del organismo, es fácil de digerir, no contiene colesterol, forma una dieta completa y balanceada (3), debido a su valor nutritivo y al no contener gluten es posible su utilización en la formulación de productos aptos para celíacos, a la vez puede ser introducida en la alimentación de poblaciones en riesgo nutricional (4).

La determinación de las características químicas, digestibilidad *in vitro*, granulometría, propiedades funcionales y la viscosidad es el objetivo del presente trabajo, como un estudio previo a la obtención de aislados de proteína que serán utilizados como extensores, que en determinados niveles de adición, pueden generar efectos tecnológicos positivos en productos cárnicos para reducir las pérdidas por cocción, así como mejorar la capacidad y estabilidad emulsificante, la capacidad para retener agua, valor nutritivo y características sensoriales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de harina de quinua producida en la Provincia de Chimborazo, se tomaron de las dos presentaciones comerciales (cruda y tostada). Las pruebas químicas (humedad, cenizas, fibra cruda, grasa y carbohidratos), se realizaron según el método A.O.A.C (5); para la digestibilidad *in vitro* se utilizó la técnica descrita por Boisen y Fernández (6) que consistió en pesar 1 g de muestra, se añadió 25 mL de tampón fosfato (0,1 M; pH = 6), Buffer A, y 10 mL de ácido clorhídrico (HCl 0,2 M) y se mezcló. Se ajustó el pH a 2 y se añadió 1 mL de pepsina en ácido clorhídrico (0,2 M), conteniendo 25 mg/mL de pepsina. Las muestras se introdujeron en la estufa a 40 °C durante 1,5 horas (primer periodo de incubación). A cada mezcla se añadió 10 mL de la solución fosfato tamponada (0,2 M; pH = 6,8), Buffer B para mantener estable el pH, y 5 mL de hidróxido de sodio (NaOH 0,6 M) para neutralizar la solución. El pH se ajustó a 6,8, luego se añadió 1 mL de pancreatina en buffer B, conteniendo 100 mg/mL (porcine, grade VI, Sigma n. P-1750). El contenido se introdujo en la estufa a 40 °C durante 3,5 horas (segundo periodo de incubación). Se tomaron los datos respectivos para los cálculos y presentación de resultados. El tamaño de partículas se basó en la norma ecuatoriana NTE INEN 0517 (7). Para el índice de absorción de agua (I.A.A.)

e índice de solubilidad en agua (I.S.A.), se utilizó el método descrito por Orozco (8) y para el poder de hinchamiento (P.I.) el método señalado por Coyago (9), para los tres casos se pesaron 2,5 g de muestras (M), se llevaron a unos tubos de centrifuga de 50 mL previamente tarados, tara de tubos de centrifuga (Ta 1), se añadió 30 mL de agua a 30 °C y se llevaron los tubos con las muestras a baño María 30 °C por 30 minutos. Luego se centrifugó a 5000 rpm (revoluciones por minuto) durante 20 minutos, se midió el volumen de los sobrantes o volumen total de sólidos (VTS), se pesó el tubo de la centrifuga, tara 1 más gel (Ta 1 +G) y por diferencia de su tara se obtuvo el peso del gel. Se tomó del sobrante una alícuota de 10 mL, volumen alícuota (VAS) y se llevó a cajas Petri previamente taradas, tara de caja Petri (Ta 2) y se evaporó a 100 °C. Se llevaron las cajas Petri a un desecador por una hora y se pesaron, peso de las cajas Petri más sólidos solubles (Ta 2 + S) y por diferencia de su tara se obtuvo los solubles; para cada análisis se aplicaron las fórmulas respectivas. En la gelatinización y viscosidad se utilizó el amilógrafo de Brabender N° 1732 E, según el método se pesó 80 g de harina de quinua, luego se añadió 100 mL de agua, se agregó de manera gradual (en 4 pasos) 3/4 del agua restante en la pasta y aproximadamente 100 mL son dejados en la bureta, se adicionó en total 450 mL. Posteriormente se virtió la solución obtenida en el tazón del amilógrafo, se procedió a mezclar con la mitad del agua restante virtiéndola al tazón del amilógrafo. Se depositó el agua restante en el tazón de mezclar para enjuagar cualquier residuo y se adicionó en el tazón del amilógrafo. Finalmente con los datos obtenidos en el amilograma, se observaron los índices de gelatinización y viscosidad en las tablas respectivas.

Se trabajó con la estadística descriptiva considerando la media y desviación es-

tándar con el empleo del software SAS 8.1; para las pruebas de significancia entre las dos harinas se aplicó la prueba de t student.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis proximal y digestibilidad *in vitro* de la harina de quinua cruda y tostada

La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos del análisis proximal y digestibilidad *in vitro* de la harina de quinua. El contenido de humedad de las harinas cruda y tostada presentaron diferencias significativas siendo superior la de la latostada, según Ortega y col. (14) los almidones pregelatinizados por la cocción son una forma de almidón modificado que se caracteriza por captar agua rápidamente a temperatura ambiente, sin embargo, estos porcentajes son inferiores a los de la variedad INIAP Tuncahuan (13.7 %) (10). Los niveles de proteína bruta de los dos tipos de harina también presentaron diferencias, siendo mayor el de la harina cruda, es posible que el tratamiento térmico ocasione una desnaturalización de las proteínas afectando su contenido (11), al comparar con la quinua INIAP Tuncahuan (13.90 %)(10) éste es similar al de la harina cruda. En el contenido de cenizas fueron diferentes los valores de las dos harinas, sin embargo, éstos son inferiores a lo reportado por Peralta (3.70 %) (10). En lo referente a la fibra cruda, el porcentaje de la harina tostada fue más alto, los valores de las harinas en estudio fueron inferiores al de la variedad INIAP Tuncahuan (8.61 %). El contenido de grasa también presentó diferencias significativas entre las harinas cruda y tostada, siendo el porcentaje mayor el de la primera; mientras que los datos reportados en los carbohidratos no presentaron diferencias, siendo estos inferiores a los valores señalados en la tabla de composición de los alimentos peruanos (72.1%) (12). En cuanto a la

digestibilidad *in vitro*, la harina de quinua cruda registró valores mayores al de la tostada. La FAO/OMS (13) señala que la digestibilidad de la proteína de quinua varía de acuerdo a la variedad y el tratamiento a que son sometidas, para el caso de la harina cruda esta se enmarca en los estudios comparativos realizados por la FAO/OMS usando el método de balance en ratas, clasificándola en la tercera posición que va de 70 a 85 %.

Tabla N° 1. Composición química y digestibilidad *in vitro* de harinas de quinua cruda y tostada.

Variables	Harina de Quinua		Prob
	Cruda	Tostada	
Humedad (%)	7,04 ± 0,40	9,24 ± 0,52	0.00351471
Proteína bruta (%)	13,81 ± 0,14	12,22 ± 0,38	0.00133424
Cenizas (%)	2,89 ± 0,11	2,54 ± 0,08	0.01417147
Fibra cruda (%)	3,79 ± 0,12	6,11 ± 0,10	2.1894E-08
Grasa (%)	7,60 ± 0,16	5,39 ± 0,68	0.00497584
Carbohidratos (%)	64,88 ± 0,28	64,47 ± 0,46	0.23158196
Digestibilidad <i>in vitro</i> (%)	76,51 ± 0,20	67,36 ± 0,88	7.9374E-05

Prob: Probabilidad ≤ 0,05 presenta diferencias significativas entre las medias de las harinas de quinua

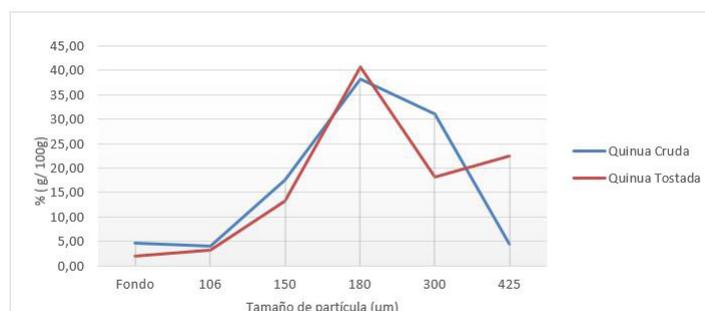


Figura 1 Distribución del tamaño de partículas de la harina de quinua cruda y tostada

Tamaño de partículas

El tamaño de partículas predominante con mayor porcentaje fueron las muestras retenidas en el tamiz N° 80 (ASTM) equivalente a 180 µm para los dos tipos de harina, como lo muestran las curvas de distribución (Fig. 1) con 38.2 % para la cruda y 40.77 % para la tostada. Estudios realizados por Ortega y col. (14) señalan que utilizaron harinas de maíz, arroz y quinua cuya retención mayor se obtuvo en el tamiz 100 mesh (150 µm) para la preparación de un producto libre de gluten. Delgado y Alvarracín (15) caracterizaron las harinas de quinua y una leguminosa conocida como chachafruto con un tamaño de partícula < 250 µm para su uso como extensores cárnicos, datos que se aproximan a los resultados obtenidos en el presente estudio.

Propiedades funcionales, gelatinización y viscosidad

de la harina de quinua cruda y tostada

Los resultados obtenidos en el presente estudio se muestran en las tablas 2 y 3. En la Tabla 2 se encuentran los valores del índice de absorción de agua (I.A.A.), índice de solubilidad en agua (I.S.A) y poder de hinchamiento (P.I.); en el primer caso se presentaron diferencias significativas entre las dos harinas, siendo mayor el de la tostada, mientras que el de la cruda fue similar a los reportados por Hevia y col. (16) de 2.72 y 2.66 en dos genotipos de quinua Faro y UDEC10 respectivamente. El I.S.A. de la harina de quinua cruda fue menor al de la tostada, sin embargo, los dos valores son mayores a lo reportado por Rodríguez-Sandoval y col. (5.10 %) (17), la diferencia es posible que se deba al menor contenido de amilopectina presente en los almidones según Hwang y Kokini (18). El poder de hinchamiento de la harina tostada fue alto con relación al de la cruda; al comparar con los valores reportados por Rodríguez-Sandoval (17) (2.43) y Hevia y col. (16) (2.95 y 2.86) estos son similares a los de la harina cruda.

Tabla 2. Propiedades funcionales de la harina de quinua cruda y tostada

Variables	Harina de Quinua		Prob
	Cruda	Tostada	
I.A.A.*	2,55 ± 0,02	4,43 ± 0,06	0,0001
I.S.A.** (%)	7,65 ± 0,10	8,58 ± 0,30	0,0068
P.I.***	2,76 ± 0,02	4,85 ± 0,07	0,0001

Prob: Probabilidad $\leq 0,05$ presenta diferencias significativas entre las medias de las harinas

I.A.A.* Índice de absorción de agua

I.S.A.** Índice de solubilidad en agua

P.I.*** Poder de hinchamiento

En la tabla 3 se muestran los resultados de las variables controladas durante el proceso de gelatinización y viscosidad de la harina de quinua (cruda y tostada). Con relación a la temperatura de inicio de gelatinización exis-

tieron alta la de la tostada, una mayor temperatura de gelatinización refleja una mayor estabilidad interna del gránulo de almidón, asociada a una mayor presencia de zonas semicristalinas y a un mayor contenido de amilosa según Imberty y col. (19). En cuanto a la viscosidad a 90 °C presentaron diferencias, la harina de quinua cruda fue superior a la tostada, concordando la primera con lo reportado por Ortega y col (14) (760 UB); de igual manera la viscosidad a los 20 minutos y 90 °C, así como a los 50 °C los datos mantuvieron dicha superioridad.

Tabla 3. Pruebas de gelatinización y viscosidad de la harina de quinua

Variables	Harina de Quinua		Prob
	Cruda	Tostada	
Temperatura inicio gelatinización (°C)	68,33 ± 0,58	89,33 ± 0,58	0,0001
Viscosidad 90°C (UB)*	1086,70 ± 23,09	50,00 ± 10,00	0,0001
Viscosidad 20 min a 90°C (UB)	1700,00 ± 20,00	156,67 ± 35,12	0,0001
Viscosidad a 50°C (UB)	2340,00 ± 623,50	290,00 ± 30,00	0,0047

Prob: Probabilidad $\leq 0,05$ presenta diferencias significativas entre las medias

*(UB) Unidades Brabender

CONCLUSIONES

Los valores de la composición química y digestibilidad in vitro de la harina de quinua cruda fueron superiores a los de la tostada, a excepción del extracto libre de nitrógeno y la fibra; mientras que el tamaño de partículas fueron similares. La viscosidad en sus diferentes mediciones fue mayor en la harina cruda, en cambio que la temperatura de inicio de gelatinización fue superior la de la tostada.

R eferencias

1. Peiretti P, Gaia F, Tassoneb S. Fatty acid profile and nutritive value of quinua (*Chenopodium quinua* Willd.) seeds and plants at different growth stages. *Animal Feed Science and Technology*. 2013
2. Repo-Carrasco, R. Contenido de aminoácidos en algunos granos andinos. En: *Avances en Alimentos y Nutrición Humana. Programa de Alimentos Enriquecidos*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Publicacion 01/91. 1991.
3. Muñoz, J. Taller de conceptos de prospectiva inclusión de quinua en una sana alimentación 2015 – 2030. Universidad del Cauca, Maestría en gestión de organizaciones y proyectos. Popayán, 2015.
4. Del Castillo V, Lescano G, Armada M. Formulación de alimentos para celíacos con base en mez-

- clas de harinas de quinoa, cereales y almidones, 2009, Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (CIUNSa), (INIQUI – CONICET) – Argentina
5. AOAC Official Methods of Analysis International, 2002, 17 th Edition.
 6. Boisen S, Fernández J. Prediction of the apparent ileal digestibility of protein and amino acids in feedstuffs and feed mixtures for pigs by in vitro analyses. *Animal Feed Science and Technology*. 1995; 51:29-43.
 7. INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 517. Harina de origen vegetal. Determinación del tamaño de las partículas, 1980, Quito, Ecuador.
 8. Orozco C. Elaboración de un alimento infantil cocido por extrusión formulado a base arroz-soya y leche en polvo, 1990, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
 9. Coyago E. Características físico químicas, funcionales y reológicas de masas de banana, 2003, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
 10. Peralta E. La quinua en el Ecuador “Estado del Arte”. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) 2009, Quito.
 11. Avanza M, Añón M. Modificaciones de las proteínas de amaranto por tratamiento térmico. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura –UNNE; Centro de Investigaciones y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA) 47 y 116 – 2004. La Plata – Buenos Aires – Argentina.
 12. Reyes M, Gómez-Sánchez I, Espinoza C, Bravo F, Ganoza L. Tablas peruanas de composición de los alimentos, 8va ed. Misnisterio de Salud, Instituto Nacional de Salud, 2009. Lima
 13. Ayala G, Ortega L, Morón C. Valor nutritivo y usos de la quinua, 2004, In: A. Mujica, S. Jacobsen, J. Izquierdo y J.P. Marathe (Eds.). Quinoa: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. FAO. UNA. CIP. Santiago, Chile.
 14. Ortega K, Hernández D, Acosta H. Desarrollo caracterización de un product libre de gluten a base de harina de maiz, arroz y quinua, Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Alimentos, 2013. Cali, Colombia.
 15. Delgado N, Albarracín W. Microestructura y propiedades funcionales de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) y chachafruto (*erythrinaedulis*): potenciales extensores cárnicos. *Vitae* 2012; 19(1): S430-S431.
 16. Hevia F, Wilckens R, Berti M, Badilla, R. Características del almidón y contenido de proteína de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) cultivada bajo diferentes niveles de nitrogeno en Chillan. *Agro Sur*. 2001; 29(1):40-51.
 17. Rodríguez-Sandoval E, Lascano A, Sandoval G. Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinua y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas. *Rev. U.D.C.A Act & Div. Cient.* 2012; 15(1): 199 – 207.
 18. Hwang J, Kokini J. Contribution of the side branches to rheological properties of pectins. Department of Food Science, Rutgers University, USA. *Carbohydrate Polymers*. 1992; 19: 41-50.
 19. Imberty A. The double helical nature of the crystalline part of A – starch. *J. Mol. Biol.* 1988; 201(2): 365- 378.