

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE HARINAS DE QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd) MALTEADAS

Miranda-Villa Patricia Paola, Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos Córdoba (ICyTAC) – FCEfyN – UNC, pmirandavilla@gmail.com

Mufari Jesica Romina, Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos Córdoba (ICyTAC) – FCEfyN – UNC, romi_mufari@hotmail.com

Bergesse Antonella Estefanía, Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos – FCEfyN – UNC, anto_bergesse@hotmail.com

Rodríguez Ruiz Carolina, Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos – FCEfyN – UNC, carodruiz6@gmail.com

López Abel, Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos – FCEfyN – UNC, abel.lopez@unc.edu.ar

Resumen— La quinoa es un grano andino que ha adquirido popularidad por sus cualidades nutricionales, agronómicas, formas de utilización y ausencia de gluten, por lo cual es apto para celíacos. Numerosas investigaciones proponen el malteado de los granos para el mejoramiento de la calidad nutricional de los alimentos, ya que durante este proceso se activan enzimas que elevan su contenido de aminoácidos libres y azúcares fermentables. El objetivo del trabajo fue evaluar la calidad nutricional de harinas malteadas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germinadas a distintos tiempos. Para ello, los granos fueron macerados en agua (relación 1:10) con agitación, posteriormente se procedió a la germinación controlada en monocapa dentro de un recipiente cerrado a 25 °C durante 12, 24, 48 y 72 horas. Sobre estas muestras se realizó el análisis proximal completo y se evaluó el perfil de aminoácidos. Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el contenido de humedad (9.6-16.9%), proteínas (13.6-18.3%) y lípidos (7,5-15.6%), con una tendencia al aumento a medida que avanzaba el tiempo de germinación. Por el contrario, el contenido de minerales totales disminuyó. Se comprobó que el tiempo de germinación influyó sobre la composición nutricional de las harinas malteadas con un incremento notable en el contenido de proteínas y lípidos. Estas harinas podrían ser utilizadas en panificados, bebidas y alimentos fermentados.

Palabras clave— quinoa, malteado, nutrición.

1. Introducción

La quinoa es un grano ancestral que en tiempos recientes ha cobrado gran relevancia por sus notables cualidades nutritivas [1], agronómicas [2] y su gran potencial económico [3]. Es considerada un alimento completo debido a sus características nutricionales: el contenido de grasas varía de 4.5 a 8.75%, con una elevada proporción de ácidos grasos poliinsaturados; los minerales totales se encuentran entre 2.4 y 3.65%; el contenido de carbohidratos de 54.1 a 64.2%, compuestos principalmente por almidón y, en menor proporción, fibra (2.1 a 4.9%) y azúcares libres; y el contenido total de proteínas varía de 10 a 18% [2]. Éstas, además de poseer

todos los aminoácidos esenciales y en elevada proporción [4], no contienen gluten, pudiendo ser consumida por personas con enfermedad celíaca.

La enfermedad celíaca es un trastorno autoinmune en el que las proteínas de cereales como el trigo, avena, cebada y centeno, dañan al intestino delgado, produciendo una morbilidad significativa y un aumento del riesgo de mortalidad [5]. El único tratamiento existente para evitar su sintomatología consiste en eliminar el gluten de la alimentación, lo que constituye un gran inconveniente dado que casi todos los cereales TACC forman parte de la dieta humana y la mayoría de los alimentos procesados contienen alguno de estos cereales [6].

Recientemente, el interés del mercado se encuentra en ofrecer productos nuevos con una calidad superior a los actuales y con mejores características nutricionales y biodisponibilidad de sus nutrientes. Esto podría lograrse a través del germinado o malteado de cereales, un proceso controlado donde se activan enzimas que degradan gradualmente el almidón, los lípidos y las proteínas del grano, liberando compuestos solubles que favorecen la biodisponibilidad de estos nutrientes al ser consumidos [7]. Simultáneamente, se producen aromas y sabores agradables, característica de gran atractivo para su incorporación en alimentos procesados. Incluso actualmente se han desarrollado investigaciones cuyo objetivo consiste en la determinación de los compuestos bioactivos que se generan en el proceso de malteado y su aplicación a productos de consumo habitual, tales como bizcochos, cerveza, chicha, panes, etc. El arroz [8], la quinoa [9], el amaranto [10], el mijo [11] y la cañihua [12], son algunos de los granos investigados.

Sobre la base de los antecedentes antes mencionados se propone como objetivo de este trabajo evaluar la calidad nutricional de harinas malteadas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germinadas a distintos tiempos.

2. Materiales y Métodos

Para la realización de este trabajo se utilizaron frutos de quinoa, cosechados en Salta, Argentina en el año 2014.

Acondicionamiento de granos

El acondicionamiento previo de los granos consistió en el mezclado utilizando la técnica de cuarteo [13]; limpieza mediante un tamiz vibratorio con malla 16 ASTM y lavado por flujo continuo de agua durante 1 hora. Posteriormente, los granos se filtraron con un filtro de tela para eliminar el agua excedente.

Malteado de granos de quinoa

Para su germinado, los granos lavados y humectados, se dispusieron en forma de monocapa sobre una rejilla plástica dentro de un recipiente del mismo material cerrado, al abrigo de la luz. El proceso de germinación se realizó a una temperatura de 25°C durante 12, 24, 48 y 72 horas.

Obtención de harina integral de quinoa (HIQ) y harina de quinoa malteada (HQM)

Para obtener harina integral de quinoa sin maltear o malteada, los granos germinados o sin germinar se secaron con flujo de aire caliente a 50°C durante 30 minutos, para reducir el contenido de agua previo a la molienda. Fueron molidos en un molino de martillo con malla de 0.25 mm [14]. De esta forma, se obtuvo una muestra de harina integral de quinoa (HIQ) y cuatro de harina de quinoa malteada (HQM12, HQM24, HQM48 y HQM72)

Determinación de análisis proximal completo

Las determinaciones fueron realizadas por triplicado empleando las técnicas de la Association of Official Analysis Chemist (AOAC International) [15] para los contenidos de grasas totales (G) (920.39), proteína (P) (984.13) y cenizas (C) (923.03). En la conversión del nitrógeno a proteína bruta se empleó el factor general de 6.25. Los hidratos de carbono (HC) se calcularon por diferencia empleando la expresión: $HC = 100 - (G + P + C)$.

Determinación de perfil de aminoácidos

Para la determinación del perfil de aminoácidos de HIQ y HQM, se sometieron a hidrólisis ácida a reflujo con HCl 6M durante 24 horas (AOAC 994.12). La identificación y cuantificación de aminoácidos fueron realizadas por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) con detector UV; la adquisición de datos y el procesado fueron realizados con el software Total Chrom Workstation versión 6.3. La separación fue llevada a cabo con una columna Zorbax Eclipse Plus C18 (4.6 x 150 mm y tamaño de partícula de 5 μ m) previa derivatización con etoximetilenmalonato de dietilo, solventes: buffer acetato de sodio (25 mM, pH=6) y acetonitrilo, detector UV: 280 nm [16]. Se emplearon estándares externos para identificar y cuantificar los aminoácidos (AAS18, Fluka Analytical, Sigma Aldrich). Las muestras se hidrolizaron por duplicado y cada uno se inyectó 3 veces, se informa el valor medio de las seis determinaciones, como g de aminoácidos por 100 g de harina.

Análisis estadístico

Los resultados fueron expresados como la media \pm el desvío estándar. Se utilizó el análisis de la varianza (ANAVA) para estimar las diferencias entre tratamientos y si resultaban estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$), se les aplicó un test de comparaciones múltiples, DGC. El software estadístico utilizado fue Infostat versión profesional [17].

3. Resultados y Discusión

3.1 Análisis proximal

En la Tabla 1 se encuentran detallados los resultados del análisis proximal de las harinas estudiadas. Con respecto al contenido de humedad, estas estuvieron en un rango entre 9,59 a 16,86 %.

Por otro lado, HIQ presentó 76,60% de carbohidratos, 13,56% de proteínas, 7,87% de lípidos y 1,97% de minerales totales. Estos valores se encuentran comprendidos entre los rangos reportados por Cervilla [18] para harinas integrales de quinoa cultivadas en Argentina en diferentes años.

En cuanto al efecto del malteado en la composición nutricional de la harina de quinoa, se puede observar que el contenido de carbohidratos disminuye significativamente a medida que aumenta el tiempo de germinado. Este resultado coincide con lo reportado por Desai [19] en harina de ragi malteado y Phattanakulkaewmorie [20] en sorgo malteado.

Por otro lado, se observa que el malteado influyó significativamente sobre el contenido de proteínas totales, encontrándose entre 17,19 y 18,34% para todas las HQM y 13,56% para HIQ. A su vez, HQM48 y HQM72 mostraron los mayores valores de proteínas, sin diferencias significativas entre ellas, lo que concuerda con los resultados reportados por Desai [19] y Phattanakulkaewmorie [20]. Esto resulta importante considerando que las dietas libres de gluten son deficitarias en estos nutrientes [21].

Con respecto al contenido de lípidos, a medida que aumentó el tiempo de malteado, los valores de lípidos fueron mayores, con diferencias significativas entre todos los tiempos. Estos resultados se reportaron en otros estudios llevados a cabo en ragi [19] y sorgo malteado [20].

El contenido de minerales totales no presentó diferencias significativas entre las HQM, y en comparación a HIQ. Esto no coincide con los resultados obtenidos por Desai [19], en harinas de mijo malteado, quien encontró que el contenido de cenizas aumenta significativamente con el malteado.

Tabla 1. Análisis proximal de las harinas de quinoa analizadas.

	HIQ	HMQ12	HMQ24	HMQ48	HMQ72
Humedad	9,59±0,23 ^a	16,49±0,01 ^d	13,24±0,01 ^b	14,33±0,011 ^c	16,86±0,14 ^e
Carbohidratos	76,60	73,48	71,05	68,45	67,49
Proteínas	13,56±0,30 ^a	17,19±0,10 ^b	17,38±0,25 ^b	18,34±0,10 ^c	18,03±0,16 ^c
Lípidos	7,87±0,22 ^a	7,65±0,52 ^a	9,56±0,03 ^b	11,07±0,57 ^c	15,63±0,26 ^d
Minerales totales	1,97±0,02 ^a	1,68±0,10 ^a	2,29±0,13 ^a	2,05±0,11 ^a	1,89±0,26 ^a

Se reporta la media ± desvíos estándar (n=3), expresados como g/100 g de harina en base seca. Letras distintas en la misma fila, son significativamente diferentes (p<0,05).

3.2 Perfil de aminoácidos

En la Tabla 2 se resumen los resultados de la composición de aminoácidos totales de las diferentes harinas.

La función fundamental de las proteínas en la dieta es la de proporcionar aminoácidos esenciales y nitrógeno, para la síntesis de proteínas y otras sustancias nitrogenadas que intervienen en la composición corporal [22]. Por lo cual, la calidad nutricional está determinada fundamentalmente por la composición aminoacídica presentando, la quinoa, un balance de aminoácidos adecuado, en el que se destaca la lisina y los aminoácidos azufrados [23].

Los contenidos de estos aminoácidos son superiores a los hallados en cereales de consumo común como el trigo y el maíz. El contenido de lisina es de 0,021 y 0,030 g/100 g harina, y el contenido de aminoácidos azufrados es de 0,040 y 0,030 g/100 g harina; para trigo y maíz respectivamente [24]. Este es uno de los aspectos más resaltados en la bibliografía científica disponible sobre quinoa [2] [23].

Tabla 2. Perfil de aminoácidos de las diferentes harinas de quinoa.

Aminoácido		HIQ	HQM12	HQM24	HQM48	HQM72
Ac. Aspártico	D	0,442±0,028	0,973±0,094	0,954±0,076	1,067±0,015	1,090±0,183
Ac. Glutámico	E	1,487±0,013	1,601±0,022	1,580±0,061	1,500±0,055	1,553±0,537
Serina	S	0,025±0,003	0,354±0,004	0,348±0,025	0,379±0,004	0,502±0,105
Histidina	H	0,033±0,004	0,761±0,022	0,596±0,000	0,661±0,003	0,769±0,171
Glicina	G	0,438±0,004	0,638±0,003	0,570±0,009	0,550±0,002	0,559±0,071
Treonina	T	0,071±0,003	0,508±0,018	0,430±0,010	0,485±0,008	0,560±0,009
Arginina	R	0,758±0,005	1,281±0,029	1,075±0,032	1,128±0,020	0,877±0,356
Alanina	A	0,654±0,001	0,550±0,010	0,512±0,003	0,498±0,003	0,554±0,127

Prolina	P	0,048±0,015	0,188±0,046	nd	nd	nd
Tirosina	Y	0,130±0,015	0,601±0,014	0,463±0,042	0,513±0,099	0,580±0,076
Valina	V	0,571±0,020	0,144±0,005	0,107±0,008	0,086±0,061	0,553±0,004
Metionina + Cisteína	M	5,360±0,019	5,994±0,106	6,936±0,171	6,816±0,227	6,091±1,026
Isoleucina	I	0,404±0,002	0,616±0,006	0,583±0,016	0,518±0,007	0,687±0,103
Leucina	L	0,561±0,002	0,872±0,016	0,796±0,023	0,776±0,002	1,056±0,146
Fenilalanina	F	0,253±0,002	0,800±0,006	0,640±0,011	0,573±0,034	0,733±0,110
Lisina	K	0,484±0,004	0,471±0,003	0,530±0,010	0,402±0,005	0,774±0,126

Se reporta la media y desvíos estándar (DS, n=6), expresados como g/100 g de harina en base seca. **nd**= por debajo del límite de detección.

Si se analizan los cambios producidos por el malteado en el perfil de aminoácidos respecto de la harina integral de quinoa, se observó un incremento en la mayoría de los aminoácidos cuantificados, excepto en alanina y valina; en el caso de la lisina no se observó un comportamiento constante respecto a la germinación. Estas variaciones halladas pueden deberse a que las fracciones proteicas involucradas en el proceso de germinación del grano poseen mayor proporción de estos aminoácidos. Aunque sólo se expone el cambio de la composición relativa, sin proporcionar una explicación exhaustiva de este hecho debido a la falta de estudios disponibles en literatura.

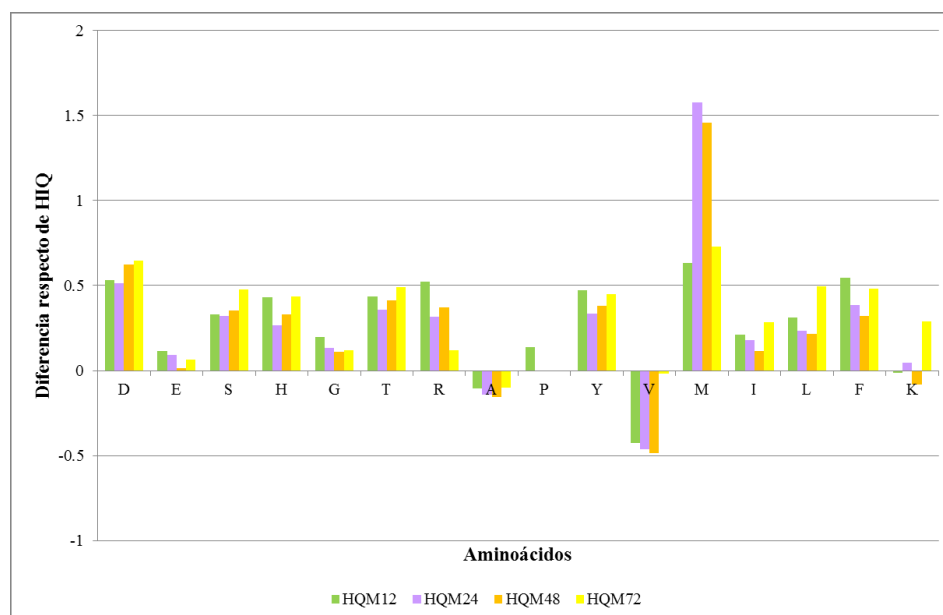


Figura 1. Diferencias entre el perfil de aminoácidos de las harinas de quinoa malteadas respecto de la harina integral de quinoa.

4. Conclusiones

Los resultados indican cambios significativos en términos de composición química en la harina de quinoa integral luego del proceso de malteado. Los contenidos totales de lípidos y de proteínas aumentaron a medida que el tiempo de malteado fue mayor. A su vez, los aminoácidos cuantificados aumentaron durante este proceso, a excepción de alanina, valina y lisina, quien presentó un comportamiento inestable. Por otro lado, los carbohidratos presentaron un comportamiento contrario e inversamente proporcional al tiempo de germinado, y el contenido de minerales no sufrió modificaciones significativas durante el malteado. El uso de harina

germinada de quinoa se presenta como una alternativa para el enriquecimiento de nutrientes en productos elaborados tales como panificados, postres y bebidas.

5. Referencias bibliográficas

- [1] BRAKEZ, M; DAOUD, S; HARROUNI, M.C; TACHBIBI, N; BRAKEZ, Z. (2016). Nutritional Value of Chenopodium quinoa Seeds Obtained from an Open Field Culture Under Saline Conditions. *Halophytes for Food Security in Dry Lands*, p.37–47.
- [2] ABUGOCH JAMES, L.E. (2009). Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in Food Nutrition Research*, United States, v.58, p.1-31.
- [3] CERVILLA, N.S; MIRANDA VILLA, P.P. (2015). El grano de quinoa. In: GRASSO, F.V. (Ed.) *Aprovechamiento integral del grano de quinoa. Aspectos Tecnológicos, Fisicoquímicos, Nutricionales y Sensoriales*. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba. p. 15-42.
- [4] VELIC, A; BUN, L; KRA, S. (2009). Effect of acid hydrolysis time on amino acid determination in casein and processed cheeses with different fat content. *Journal of Food Composition and Analysis*, United States, v.22, p.224–232.
- [5] PAPAGEORGIU, M; SKENDI, A. (2015). Texture design of “free-from” foods—The case of gluten-free. In: CHEN, J; ROSENTHAL, A. (Eds.) *Modifying Food Texture. Amsterdam*. Países bajos: Elsevier. p. 239-268.
- [6] CÚNEO, F; ORTEGA, J.G. (2012). Disponibilidad, costo y valor nutricional de los alimentos libres de gluten en comercios de la ciudad de Santa Fe. *Revista FABICIB*, Santa Fe, v.16, p.167-178.
- [7] ESKIN, M; SHAHIDI, F. (2013). Biochemistry of Foods. *The Quarterly Review of Biology*, v.88, n.2, p.142.
- [8] MOONGNGARM, A; SAETUNG, N. (2010). Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinates rough rice and brown rice. *Food Chemistry*, Netherlands, v.122, n.3, p.782-788.
- [9] MANFROTTO, M.C. (2017). *Determinación de las condiciones óptimas del proceso de malteado de granos libres de gluten para la elaboración de cerveza artesanal y diseño teórico del malteador*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- [10] PERALES-SÁNCHEZ, J.X; REYES-MORENO, C; GÓMEZ-FAVELA, M.A; MILÁN-CARRILLO, J; CUEVAS-RODRÍGUEZ, E.O; VALDEZ-ORTIZ, A; GUTIÉRREZ-DORADO, R. (2014). Increasing the antioxidant activity, total phenolic and flavonoid contents by optimizing the germination conditions of amaranth seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, Netherlands, v.69, n.3, p.196-202.
- [11] NDIAYE, C; XU, S; NGOM, P.M; NDOYE, A.S. (2008). Malting Germination Effect on Rheological Properties and Cooking Time of Millet (P. typhoides) and Sorghum (S. bicolor) Flours and Rolled Flour Products (Arraw). *American Journal of Food Technology*, United States, v.3, n.6, p.373-383.
- [12] ABDERRAHIM, F; HUANATICO, E; REPO-CARRASCO-VALENCIA, R; ARRIBAS, S.M; GONZALEZ, M.C; CONDEZO-HOYOS, L. (2012). Effect of germination on total

- phenolic compounds, total antioxidant capacity, Maillard reaction products and oxidative stress markers in canihua (*Chenopodium pallidicaule*). *Journal of Cereal Science*, United States, v.56, p.410-417.
- [13] ISO INTERNATIONAL. (1999). *Cereals, pulse and milled products. Sampling of static batches (ISO 13690)*. Ginebra, Suiza: International Organization for Standardization.
- [14] CERVILLA, N.S; MIRANDA VILLA, P.P. (2017). Harina integral. In: GRASSO, F.V. (Ed.) *Aprovechamiento integral del grano de quinoa. Aspectos Tecnológicos, Fisicoquímicos, Nutricionales y Sensoriales*. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba. p. 71-98.
- [15] AOAC INTERNATIONAL (1999). *Official methods of analysis of the association of official analysis chemist. 16th Edition, 5th Revision*. Gaithersburg, USA: AOAC International.
- [16] ALAIZ, M; NAVARRO, J.L; GIRÓN, J; VIOQUE, E. (1992). Amino acid analysis by high-performance liquid chromatography after derivatization with diethyl ethoxymethylenemalonate. *Journal of Chromatography A*, Netherlands, v.591, p.181-186.
- [17] DI RIENZO, J.A; CASANOVES, F; BALZARINI, M.G; GONZÁLEZ, L; TABLADA, M; ROBLEDO, C.W. (2014). InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>
- [18] CERVILLA, N.S; MUFARI, J.R; CALANDRI, E.L; GUZMAN, C.A. (2012). Composición química de harinas de quinoa de origen argentino. Pérdidas minerales durante el lavado. *Actualización en Nutrición*, Argentina, v.13, n.4, p.293-299.
- [19] DESAI, A., KULKARMI, S., SAHOO, A., RANVEER, R. AND DANDGE, P. (2010) Effect of Supplementation of Malted Ragi Flour on the Nutritional and Sensorial Quality Characteristics of Cake. *Advance Journal of Food Science and Technology*, United Kingdom, v.2, n.1, p.67-71.
- [20] PHATTANAKULKAEMORIE, N., PASEEPHOL, T. AND MOONGNGARM, A. (2011). Chemical Compositions and Physico-Chemical Properties of Malted Sorghum Flour and Characteristics of Gluten Free Bread. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, v.5, n.9, p.532-538.
- [21] LEE, A; NG, D; DAVE, E; CIACCIO, E; GREE, P. (2009). The effect of substituting alternative grains in the diet on the nutritional profile of the gluten-free diet. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, United Kingdom, v.22, p.359-363.
- [22] CHEFTEL, J., CUQ, J., & LORIENT, D. (1993). Aminoácidos, péptidos y proteínas. In: FENNEMA (Ed.) *Química de los Alimentos*. 1ra. Edición. Editorial Acribia, España, p.275-414.
- [23] VEGA-GÁLVEZ, A; MIRANDA, M; VERGARA, J, URIBE, E; PUENTE, L; MARTÍNEZ, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), an ancient Andean grain: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.90, n.15, p.2541–2547.
- [24] MOITA BRITES, C; HAROS, M; JOÃO TRIGO, M; PEDROZA ISLAS, R. (2007). Maíz. In: LEÓN, A; ROSELL, C. (Eds.). *De tales harinas, tales panes: Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica*. 1ra ed. Córdoba, Argentina, p. 73–122.