

Comparación de los efectos de los pseudocereales sobre la composición corporal en un modelo murinométrico

Comparison of the effects of pseudocereals on body composition in a murinometric model

Edith TELLO PALMA¹, Benita Maritza CHOQUE-QUISPE¹, Luz Marina TEVES PONCE¹, Myrian Eugenia PACHECO TANAKA¹, Rossana GÓMEZ CAMPOS², Marco COSSIO BOLAÑOS²

¹ Instituto de Investigación de Tecnología de Salud, Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Puno, Perú.

² Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

Recibido: 4/diciembre/2024. Aceptado: 31/enero/2025.

RESUMEN

Introducción: Los pseudocereales andinos son de gran importancia debido al buen contenido nutricional y efectos que produce sobre la salud. Se comparó los efectos del consumo de los pseudocereales sobre la composición corporal en un modelo murinométrico.

Metodología: Se efectuó un estudio experimental aleatorizado en 15 ratas machos Sprague-Dawley con un rango de edad inicial de 27 a 30 días de edad. Se evaluó las variables murinométricas de peso (g) y longitud total (cm). La composición corporal (CC) se determinó por medio de ecuaciones de regresión, y se calculó la masa grasa (MG) y masa libre de grasa (MLG). Se conformaron tres grupos de estudio: grupo control (GC) sin consumo de proteína, grupo experimental 1 (GE1) con suplemento de proteína caseína, y grupo experimental 2 (GE2) producto lácteo fortificado con adición de granos andinos (quinua y cañihua).

Resultados: Se verificaron diferencias significativas entre el pre y post test en los 3 grupos de estudio. En el GC los valores disminuyeron 3,5g de MLG y 3,6g de MG ($p < 0,003$), en el GE1 aumentó la MLG en 20,2g ($p < 0,001$) y la MG en 22g ($p < 0,001$). En el GE2, aumentó la MLG en 24g ($p < 0,001$) y 26g en la MG ($p < 0,001$). Cuando se compararon tras el test,

no hubo diferencias significativas entre el GE1 y GE2 ($p = 0,07$ y $0,09$) en la MG y MLG, sin embargo, si entre el GE1 y GE2 con el GC en la MLG ($p = 0,001$) y MG ($p = 0,001$).

Conclusiones: La suplementación con pseudocereales (quinua y cañihua) y con caseína durante 21 días produjo incrementos importantes sobre la masa grasa y masa libre de grasa en animales de experimentación (ratas Sprague-Dawley). En consecuencia, la ingesta de pseudocereales andinos podría mejorar la composición corporal, presentando un gran potencial de aplicación en la industria alimentaria.

PALABRAS CLAVE

Granos, ganancia ponderal, alimentación, análisis dietético.

ABSTRACT

Background: Andean pseudocereals are of great importance due to their good nutritional content and health effects. The effects of pseudocereal consumption on body composition were compared in a murinometric model.

Methodology: A randomized experimental study was carried out in 15 male Sprague-Dawley rats with an initial age range of 27 to 30 days old. The murinometric variables of weight (g) and total length (cm) were evaluated. Body composition (BC) was determined by regression equations, and fat mass (FM) and fat-free mass (FFM) were calculated. Three study groups were formed. The control group (CG) without protein intake, experimental group 1 (EG1) with casein protein supplement, and experimental group 2 (EG2) with protein supplement based on quinoa and cañihua extracts.

Correspondencia:
Marco Cossio Bolaños
mcossio1972@hotmail.com

Results: Significant differences were verified between the pre- and post-test in the three study groups. In the CG, the values decreased 3.5g of FFM and 3.6g of FM ($p < 0.003$), in EG1, FFM increased by 20.2g ($p < 0.001$) and FM by 22g ($p < 0.001$). In EG2, it increased FFM by 24g ($p < 0.001$) and 26g in FM ($p < 0.001$). When compared between post-tests, there were no significant differences between EG1 and EG2 ($p = 0.07$ and 0.09) in FM and FFM, however, there were significant differences between EG1 and EG2 with CG in FFM ($p = 0.000$) and FM ($p = 0.000$).

Conclusions: Supplementation with pseudocereals (quinoa and cañihua) and casein for 21 days produced significant increases in fat mass and fat-free mass in experimental animals (Sprague-Dawley rats). Consequently, the intake of Andean pseudocereals could improve body composition, presenting a great potential for application in the food industry.

KEY WORDS

Grains, weight gain, feeding, dietary analysis

INTRODUCCIÓN

Los pseudocereales andinos son plantas dicotiledóneas productoras de semillas que se consumen como granos y pertenecen a las familias de los *Amaranthaceae*, como el amaranto (*Amaranthus sp.*), la cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y la quinua (*Chenopodium quinoa*)¹. Estos cereales son ricos en nutrientes y son de gran importancia debido al buen contenido nutricional y efectos que produce sobre la salud¹.

La región andina de América del Sur se caracteriza por su biodiversidad y riqueza vegetal y comprende los territorios de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia². De hecho, Perú y Bolivia son dos de los países sudamericanos tradicionalmente líderes en la producción de quinua y cañihua, que son conocidos por sus beneficios nutricionales y adaptabilidad a las condiciones climáticas de alta altitud.

En general, la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) es un grano rico en nutrientes originario de América del Sur y consumido en todo el mundo como un alimento saludable, a veces incluso denominado "superalimento"³. Es tolerante al estrés ambiental con un alto valor nutricional y de cultivo a nivel mundial para el consumo y la nutrición humana⁴. Mientras tanto, la cañihua presenta un mayor contenido proteico que el amaranto y la quinua⁵, siendo su contenido 16% más en la cañihua que en la quinua⁶.

En los últimos años, la tendencia del mercado alimentario hacia productos saludables se ha ido incrementando⁷. Por ejemplo, recientemente se ha destacado que la quinua se caracteriza por presentar oportunidades de mercado como alimentos libres (sin lácteos, ni gluten), alimentos naturales (para reducir el consumo de carne), alimentos funcionales (benéficos a la salud), y alimento energético (apor-

tan energía duradera)⁸. La quinua y la cañihua son dos granos andinos que han ganado popularidad en todo el mundo debido a sus numerosos beneficios nutricionales y su versatilidad en la cocina. Ambos se caracterizan por presentar una fuente importante de proteínas, lípidos, vitaminas y otros nutrientes.

En general, algunos de los motivos por los cuales se toman los suplementos nutricionales, son básicamente para ayudar a la recuperación del entrenamiento, el mantenimiento o mejora de la salud, la mejora del rendimiento deportivo, mejorar funciones inmunes^{9,10}, y una de las proteínas que se usan con frecuencia es la caseína. Esta proteína se encuentra en la leche, y se caracteriza por su lenta digestión y absorción¹¹.

En suma, basados en que la caseína es una proteína de liberación lenta encontrada en la leche, puede tener varios efectos en la composición corporal, por lo que es posible que el producto lácteo fortificado con adición de granos andinos (quinua, y cañihua) preparado a base galletas podrían reflejar cambios importantes en la composición corporal de ratas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue comparar los efectos del consumo del producto lácteo fortificado con adición de granos andinos sobre la composición corporal en un modelo murinométrico.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio y muestra

Se efectuó un estudio experimental aleatorizado en 15 ratas machos Sprague-Dawley con un rango de edad inicial de 27 a 30 días de nacimiento. Estas son caracterizadas como pre-pubescentes (< 30 días)¹². La edad aproximada de los animales fue de $29,0 \pm 1,2$ días, el peso corporal de $86,0 \pm 2,8$ g y la longitud de $24,9 \pm 0,9$ cm. Después de tres días de aclimatación en un laboratorio, las ratas fueron asignadas aleatoriamente a cada uno de los grupos de estudio.

Se conformaron tres grupos de estudio, donde se administró una dieta general a todos los grupos, por ejemplo, grupo control (GC) sin proteína, grupo experimental 1 (GE1) con proteína caseína, y grupo experimental 2 (GE2) con producto lácteo fortificado con adición de granos andinos (quinua y cañihua). El estudio fue aprobado por el Comité de ética de la UCSM – 117-2022.

Suplementación de los grupos

Los animales se alojaron en jaulas de acero inoxidable (uno por jaula) en un laboratorio con temperatura y humedad controlada ($20-22$ °C, $30-50$ % de humedad relativa) y ciclos de luz de 12 horas) y con alimentación y agua *ad libitum* (Labina, Purina). El aserrín de cada jaula se cambió dos veces por semana.

Los tres grupos consumían sus alimentos durante tres veces por día (en la mañana de 7 a 8 a.m., al medio día de 13

a 14 horas y por la noche de 18 a 19 horas), y durante tres semanas (21 días). El consumo de alimentos fue de 20 g en un día, y el agua fue ad libitum. Las dietas de cada grupo fueron:

- GC: alimentación sin proteína: carbohidratos procedentes de almidón de maíz, grasa (10%) el mismo que fue manteca de cerdo (9%) y (1%) de aceite de girasol, fibra como celulosa 2.5 %, Mezcla de Vitaminas y Minerales 5%.
- GE1: alimentación a base de caseína: caseína en polvo o el producto lácteo se mezclaron junto con los demás alimentos a los cuales se agregó en una mínima proporción agua hasta conseguir una consistencia blanda (se podría denominar papilla)
- GE2: alimentación a base del producto lácteo fortificado con granos andinos (quinua y cañihua): Proteínas (10%), carbohidratos (72,5%), grasa (10%), fibra (5%), mezcla de vitaminas y minerales (2,5%). Se utilizó leche en polvo y cereal molido, luego se añadió 1 ml de yogurt para juntar todo y, finalmente, se formaron pequeñas bolas de 1 cm, resultando pequeñas galletas según estudio previo¹³.

Técnicas y procedimientos

Las evaluaciones somáticas se efectuaron en el pre y post test. La medición del peso y longitud de las ratas se efectuaron según las recomendaciones de Cossio-Bolaños y cols.¹⁴. El peso (g) se midió utilizando una balanza analítica de marca Scaltec modelo SAC-62, con una precisión de 1 g, y para la longitud total se utilizó un parquímetro de aluminio graduado en milímetros (mm) (Harpenden, Inglaterra), midiendo desde el hocico hasta la punta de la cola.

La superficie corporal (SC) fue calculada por medio de la ecuación propuesta por Cano-Rabano y cols.¹⁵, donde $[SC = 0,1 * \text{Peso vivo} * 0,685]$.

Los indicadores de la composición corporal se han inferido a través de ecuaciones de regresión. Se utilizó las ecuaciones de masa libre de grasa MLG y masa grasa MG propues-

tas por Cossio-Bolaños et al.¹⁶. $MLG = 19,9 + (0,453 * \text{Peso total}) + (0,114 * \text{edad})$ $R^2 = 0,94$, y $MG = -31,6 + (0,361 * \text{Peso total}) - (0,345 * \text{edad})$ $R^2 = 0,73$.

Estadística

Se verificó la normalidad de los datos por medio del test de Shapiro-Wilk. Se analizó la estadística descriptiva de media aritmética (X) y desviación estándar (DE). La diferencia entre el pre y post test se verificó por medio del test t para muestras relacionadas. La diferencia entre los posts test se verificó por medio del análisis de varianza (ANOVA, de dos vías) y la prueba de especificidad de Tukey. Todo el análisis estadístico se efectuó en SPSS 16,0 para Windows, adoptando un nivel de significación $p < 0,05$.

RESULTADOS

Las variables somáticas que caracterizan a los tres grupos de estudio se muestran en la tabla 1. No hubo diferencias entre los tres grupos en la edad ($p = 0,862$ y $0,963$) y la longitud de las ratas ($p = 0,308$ y $0,957$). Entre el GC y GE1 en el peso y SC no hubo diferencias significativas ($p = 0,061$ y $0,062$). Sin embargo, sí hubo diferencias entre el GC y GE2 y GE1 y GE2 en el peso y la SC ($p = 0,00$ y $0,019$).

Las comparaciones entre el pre y post test de los tres grupos de estudio se observan en la tabla 2. Se han detectado diferencias significativas en los tres grupos y en los dos compartimientos corporales (MLG y MG). Por ejemplo, en el GC, los valores disminuyeron 3,5g de MLG y 3,6g de MG ($p < 0,003$), en el GE1 aumentó la MLG en 20,2g ($p < 0,001$) y la MG en 22g ($p < 0,001$). En el GE2, aumentó la MLG en 24g ($p < 0,001$) y 26g en la MG ($p < 0,001$).

Las comparaciones entre los valores medios y desviaciones de la MLG y MG de los posts test se observan en la figura 1. En la MLG y MG, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el GE1 y GE2 ($p = 0,07$ y $0,09$). Sin embargo, sí hubo diferencias significativas entre el GE1 y GE2 con el GC en la MLG ($p = 0,001$) y MG ($p = 0,001$).

Tabla 1. Características somáticas de la muestra estudiada

Variables	GC		GE1		GE2		p		
	X	DE	X	DE	X	DE	GC-GE1	GC-GE2	GE1-GE2
Edad (días)	28,8	0,8	29,2	1,3	29,0	1,4	0,862	0,963	0,963
Peso (g)	91,5	2,1	86,4	1,6	80,0	4,8	0,061	0,001	0,019
Longitud (cm)	25,1	1,0	25,3	0,5	24,3	1,3	0,957	0,445	0,308
SC (m ²)	6,3	0,2	5,9	0,1	5,5	0,3	0,062	0,001	0,019

SC: Superficie corporal, X: promedio, DE: Desviación estándar, GC: Grupo control, GE: Grupo experimental.

Tabla 2. Efectos de la suplementación de proteína sobre la composición corporal de ratas

Grupos	Pre Test		Post Test		p (t)
	X	DE	X	DE	
GC					
MLG (g)	64,00	1,00	60,50	1,60	0,003
MG (g)	27,50	1,10	23,60	1,80	0,003
GE1					
MLG (g)	61,60	0,80	81,80	1,70a	<0,001
MG (g)	24,80	0,80	46,80	1,81b	<0,001
GE2					
MLG (g)	58,51	2,32	82,50	5,01a	<0,001
MG (g)	21,51	2,51	47,50	5,41a	<0,001

X: promedio, DE: Desviación estándar, GC: Grupo control, GE: Grupo experimental, MLG: Masa libre de grasa, MG: Masa grasa.

DISCUSIÓN

El objetivo del estudio fue comparar la suplementación de un producto lácteo fortificado con adición de granos andinos (extracto de quinua y cañihua) sobre la composición corporal en ratas Sprague-Dawley. Los resultados indican que la suplementación con estos pseudocereales andinos (a base de quinua y cañihua) han incrementado los compartimientos corporales de MG y MLG al igual que la caseína.

En general, estudios previos han considerado que el consumo de quinua y cañihua ha sustituido la falta de proteína animal en muchas zonas altoandinas y siguen siendo las principales fuentes de proteína, dada su composición química equilibrada de aminoácidos esenciales, similar a la caseína y la proteína de la leche¹⁷.

La quinua y la cañihua pueden utilizarse en mezclas de alimentos de alto valor nutritivo, puesto que hace más de 30 años se ha verificado que el índice de eficiencia proteica (PER) de la quinua-cañihua-frijol fueron cercanos al de la caseína (2,36 y 2,59)¹⁸ e incluso, presenta valor biológico de aminoácidos comparable al de la leche¹⁹.

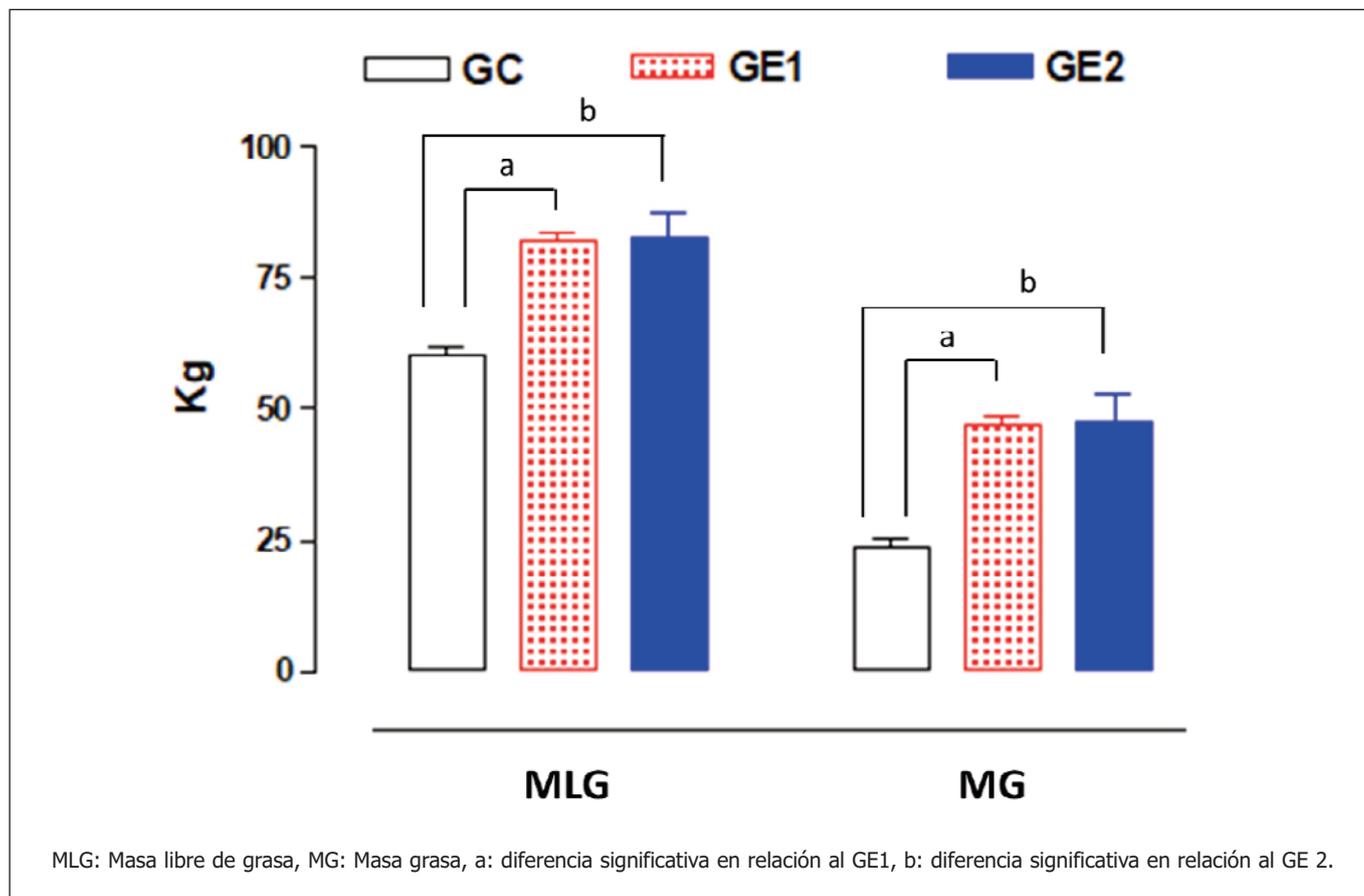


Figura 1. Comparación de los valores del post test de la composición corporal en los tres grupos de estudio

Varios estudios recientes consideran que el contenido proteico de los granos de quinua y la cañihua son mayores a los de otros cereales y puede utilizarse como alternativa al de las proteínas de la leche^{20,21}.

De hecho, la suplementación de ambos pseudocereales en este estudio ha evidenciado cambios significativos en la MG y MLG. Otros estudios en humanos administrando proteínas vegetales han reportado cambios importantes en la MLG en muestras de adultos mayores^{22,23}, ya que la pérdida de masa muscular es un fenómeno común en los adultos mayores y está asociada con la sarcopenia conforme la edad aumenta. Además, en niños y adolescentes aumenta la masa muscular durante la infancia y la adolescencia, especialmente durante los períodos de rápido crecimiento, por lo que en regiones geográficas donde existe carencia o falta de nutrientes puede afectar negativamente el desarrollo muscular durante la etapa del crecimiento y desarrollo²⁴.

A menudo la desnutrición proteico-energética (DEP) es una condición típica de los países en desarrollo debido a una ingesta dietética insuficiente en la que las personas tienen una ingesta dietética muy pequeña de proteínas, energía o ambas²⁵ y se reconoce como uno de los principales problemas de salud mundial²⁶.

En la actualidad, aproximadamente 1 de cada 8 personas sufre desnutrición crónica²⁷, mientras que la diabetes, la obesidad y otros trastornos metabólicos han alcanzado proporciones epidémicas globales²⁸. Por lo que la suplementación a partir de pseudocereales andinos se está volviendo cada vez más importantes con la llegada del cambio climático, el crecimiento acelerado de la población humana, el aumento de las enfermedades metabólicas y el aumento de la edad media de la población²⁹. Por ello, futuros estudios deben interesarse en investigar el efecto de la extrusión sobre la disponibilidad de proteínas y minerales en los granos andinos, pues tanto la quinua, como la cañihua pueden ofrecer una alternativa como alimento saludable y beneficioso para la salud. Incluso, la quinua es una alternativa de alimentación para la población con necesidades especiales como los celíacos³⁰.

Este estudio presenta algunas potencialidades que merecen ser consideradas, dado que es uno de los primeros estudios que se efectúa analizando la composición corporal de ratas Sprague-Dawley. Además, el tipo de estudio experimental permitió controlar algunas variables extrañas, lo que sugiere su generalización a otros contextos. La limitación principal de este estudio experimental radica en la restricción del número de animales utilizados, lo que podría influir en la representatividad de los resultados. Además, la evaluación de la composición corporal se basó únicamente en variables murinométricas, lo que podría limitar la precisión o la comprensión completa de los efectos observados. Además, nos limitamos a investigar ratas machos consideradas pre-púberes, por lo que los resultados obtenidos podrían presentar algún tipo de sesgo en los resultados.

Esto sugiere la necesidad de realizar estudios adicionales que incluyan una variedad más amplia de ratas de ambos sexos para obtener una comprensión más completa de los efectos observados. Resaltamos también que los hallazgos obtenidos en este estudio sugieren que la suplementación con el producto lácteo fortificado con granos andinos puede tener beneficios para la composición corporal en ratas, con lo cual, no se puede asumir automáticamente que estos resultados se apliquen a los humanos. Se necesitarían estudios clínicos específicos en humanos para evaluar la seguridad y eficacia de esta intervención en una población humana.

CONCLUSIONES

La suplementación de un producto lácteo fortificado con adición de granos andinos (quinua y cañihua) durante 21 días produjo incrementos importantes sobre la masa grasa y masa libre de grasa en animales de experimentación (ratas Sprague-Dawley). En consecuencia, la ingesta de pseudocereales andinos podría mejorar la composición corporal, presentando un gran potencial de aplicación en la industria alimentaria.

REFERENCIAS

1. Békés F, Schoenlechner R and Tömösközi S, Chapter 14 - Ancient Wheats and Pseudocereals for Possible use in Cereal-Grain Dietary Intolerances, in *Cereal Grains*, 2nd edn, ed. by C Wrigley, I Batey and D Miskelly. Woodhead Publishing, Cambridge, 2017; pp. 353–389.
2. Flórez-Martínez D.H, Rodríguez-Cortina J, Chavez-Oliveros L.F, Aguilera-Arango G.A, Morales-Castañeda A. Current trends and prospects in quinoa research: An approach for strategic knowledge areas. *Food Science & Nutrition*. 2023; 00, 1–23. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3891>
3. Pathan S, Siddiqui RA. Nutritional Composition and Bioactive Components in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Greens: A Review. *Nutrients*. 2022;14(3):558. doi: 10.3390/nu14030558.
4. Vega-Gálvez A, Miranda M, Vergara J, Uribe E, Puente L, Martínez E.A. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.), an ancient Andean grain: A review. *J. Sci. Food Agric*. 2010; 90: 2541–2547.
5. Repo-Carrasco-Valencia R, Hellström J.K, Pihlava J.M, Mattila P.H. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chem*. 2010;120:128–133
6. Kim DS, Iida F. Kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*)'s Nutritional Composition and Its Applicability as an Elder-Friendly Food with Gelling Agents. *Gels*. 2023;9(1):61. doi: 10.3390/gels9010061.
7. Flórez-Martínez D.H, Rodríguez-Cortina J, Chavez-Oliveros L.F, Aguilera-Arango G.A, Morales-Castañeda A. Current trends and prospects in quinoa research: An approach for strategic knowledge areas. *Food Science & Nutrition*. 2023;00: 1–23. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3891>

8. Angeli V, Miguel Silva P, Crispim Massuela D, Khan MW, Hamar A, Khajehei F, Graeff-Hönninger S, Piatti C. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An Overview of the Potentials of the "Golden Grain" and Socio-Economic and Environmental Aspects of Its Cultivation and Marketization. *Foods*. 2020;9(2):216. doi: 10.3390/foods9020216.
9. Oosthuyse T, Carstens M, Millen AM. Whey or Casein Hydrolysate with Carbohydrate for Metabolism and Performance in Cycling. *Int J Sports Med*. 2015;36(8):636-46. doi: 10.1055/s-0034-1398647.
10. Rabassa-Blanco J, Palma-Linare I. Efectos de los suplementos de proteína y aminoácidos de cadena ramificada en entrenamiento de fuerza: revisión bibliográfica. *Rev Esp Nutr Hum Diet*. 2017; 21(1): 55 – 73
11. Kim J. Pre-sleep casein protein ingestion: new paradigm in post-exercise recovery nutrition. *Phys Act Nutr*. 2020;24(2):6-10. doi: 10.20463/pan.2020.0009.
12. Cossio-Bolaños M, Gómez Campos R, Vargas Vitoria R, Hochmuller Fogaça RT, de Arruda M. Curvas de referencia para valorar el crecimiento físico de ratas machos Wistar [Reference curves for assessing the physical growth of male Wistar rats]. *Nutr Hosp*. 2013 Nov 1;28(6):2151-6. Spanish. PMID: 24506395.
13. Tello-Palma E, Choque-Quispe M, Pacheco-Tanaka M, Zamalloa-Cuba W, Valencia-Pacho M, Donaires-Flores T, Macedo-Enriquez E, Viza-Salas A, Quispe-Romero A, Paredes-Ugarte W, Cossio-Bolaños M, Gómez-Campos R. Efectos de la suplementación de hierro microencapsulado y hemínico para la recuperación de los niveles de hemoglobina en ratas alimentadas sin hierro. *Nutr Hosp*. 2022;39(6):1357-1363. Spanish. doi: 10.20960/nh.04075.
14. Cossio-Bolaños MA, Gómez R, Arruda M, Hochmuller R. Valores de confiabilidad de indicadores somáticos en ratas machos wistar. *Actualizacion Nutr* 2010a;11(4):296-302.
15. Cano-Rabano M, Ríos-Granja M. Cuidado y mantenimiento de los animales de experimentación. En: Pérez-García C, Díez Prieto M, García-Partida P. *Introducción a la Experimentación y Protección Animal*. León: Ed. Universidad de León; 1999. pp. 91-102.
16. Cossio-Bolaños MA, Gómez Campos R, Rojas J, Flores H. Propuesta de ecuaciones para predecir la composición corporal de ratas machos wistar. *An Fac med*. 2010b;71(2):97-102
17. Repo-Carrasco R, Espinoza C, Jacobsen SE. Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*, 2003, 19:1-2, 179-189- doi: 10.1081/FRI-120018884
18. Repo-Carrasco R, Li Hoyos N. Elaboración y evaluación de alimentos infantiles con base en cultivos andinos. *Arch. Latinoamericana de Nutrición*. 1993;43(2):168–175.
19. White P, Alvistur E, Dias C, Vinas E, White H, Collazos C. Nutrient content and protein quality of quinoa and cañihua, edible seed products of the Andes mountains. *J. Agric. Food Chem*. 1955; 6:531–534
20. Dakhili S, Abdolalizadeh L, Hosseini SM, Shojaee-Aliabadi S, Mirmoghtadaie L. Quinoa protein: Composition, structure and functional properties. *Food Chemistry*. 2019;299:125161. Doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125161.
21. Angeli V, Miguel Silva P, Crispim Massuela D, Khan MW, Hamar A, Khajehei F, Graeff-Hönninger S, Piatti C. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An Overview of the Potentials of the "Golden Grain" and Socio-Economic and Environmental Aspects of Its Cultivation and Marketization. *Foods*. 2020;9(2):216. doi: 10.3390/foods9020216.
22. Mitchell C.J, Milan A.M, Mitchell S.M, Zeng N, Ramzan F, Sharma P, Knowles S.O, Roy N.C, Sjodin A, Wagner K.H, et al. The effects of dietary protein intake on appendicular lean mass and muscle function in elderly men: A 10-wk randomized controlled trial. *Am. J. Clin. Nutr*. 2017;106:1375–1383.
23. Park Y, Choi J.E, Hwang H.S. Protein supplementation improves muscle mass and physical performance in undernourished prefrail and frail elderly subjects: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Am. J. Clin. Nutr*. 2018;108: 1026–1033.
24. Müller O, Krawinkel M. Malnutrition and health in developing countries. *CMAJ*. 2005;173(3):279-86. doi: 10.1503/cmaj.050342.
25. Kiani AK, Dhuli K, Donato K, Aquilanti B, Velluti V, Matera G, Iaconelli A, Connelly ST, Bellinato F, Gisondi P, Bertelli M. Main nutritional deficiencies. *J Prev Med Hyg*. 2022;63(2 Suppl 3):E93-E101. doi: 10.15167/2421-4248/jpmh2022.63.2S3.2752.
26. Alomari D.Z, Schierenbeck M, Alqudah AM, Alqahtani MD, Wagner S, Rolletschek H, Borisjuk L, Röder MS. Wheat Grains as a Sustainable Source of Protein for Health. *Nutrients*. 2023;15(20): 4398. doi: 10.3390/nu15204398.
27. FAO, IFAD, WFP. The state of food security in the world 2014: strengthening the enabling environment to improve food security and nutrition. 2014. <http://www.fao.org/B37BC637-A0D5-4792-9D59-76BED47AA439/FinalDownload/DownloadId-D5639E627FFE7206EFBE682D322CD9A2/B37BC637-A0D5-4792-9D59-76BED47AA439/3/a-i4030e.pdf>.
28. Zimmet P.Z, Magliano D.J, Herman W.H, Shaw J.E. Diabetes: a 21st century challenge. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2014;2(1): 56-64. doi: 10.1016/S2213-8587(13)70112-8.
29. Graf BL, Rojas-Silva P, Rojo LE, Delatorre-Herrera J, Baldeón ME, Raskin I. Innovations in Health Value and Functional Food Development of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2015;14(4):431-445. doi: 10.1111/1541-4337.12135.
30. Garcia-Ramón, D.F, Álvarez, H., Sotelo-Mendez, A., Gonzales-Huamán, T., Norabuena, E., Zárate-Sarapura, E., Sumarriva-Bustinza, L. Calidad nutricional, sensorial y evaluación biológica de panes convencionales y libres de gluten. *Nutr Clín Diet Hosp* 2022;42(01). <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/view/221>