

Harina de lenteja como fuente alternativa de proteínas

Yuliza Guadalupe Morales-Herrejón¹

Liliana Márquez-Benavides²

José Herrera-Camacho²

Consuelo de Jesús Cortés-Penagos³

Berenice Yahuaca-Juárez^{3,§}

1 Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Calle Tzintzuntzan 273, Col. Matamoros, Morelia, Michoacán, México. CP. 58240.

2 Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Calle Tzintzuntzan 273, Col. Matamoros, Morelia, Michoacán, México. CP. 58240.

3 Facultad de Químico Farmacobiología-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Calle Tzintzuntzan 273, Col. Matamoros, Morelia, Michoacán, México. CP. 58240.

Autora para correspondencia: berenice.yahuaca@umich.mx.

Resumen

La lenteja es de alto valor nutricional y de cultivo sostenible, por su contenido proteico es fuente alternativa de proteínas. Su transformación a harina facilitaría el desarrollo de alimentos, beneficiando su perfil nutricional y contribuyendo a la diversificación de fuentes proteicas. El objetivo fue evaluar la calidad proteica de la harina de lenteja verde y roja. La investigación se desarrolló en la Facultad de Químico Farmacobiología, Morelia, Michoacán en el año 2023. Las harinas de lenteja se obtuvieron por molienda de las semillas y por cocción tradicional (94 °C). Se realizó un análisis químico proximal y se determinaron las fracciones proteicas (método Osborne). La calidad proteica se determinó por Score y PDCAAS. La lenteja verde es alta en proteínas y fibra, la roja en carbohidratos y cenizas. Las fracciones proteicas son mayoritarias y fueron globulinas y albúminas, estas disminuyeron después de la cocción. La harina de lenteja roja presentó mejor perfil de aminoácidos corregidos por digestibilidad, con alto Score y PDCAAS. En conclusión, las de harina de lenteja son una fuente proteica alternativa para desarrollar alimentos nutritivos. Futuras investigaciones podrían optimizar sus propiedades funcionales y sensoriales mediante tecnologías como la extrusión, ampliando su uso en dietas calórico-proteicas.

Palabras clave:

Lens culinaris M., calidad proteica, fracciones proteicas, legumbres.



Introducción

Las legumbres son importantes en la nutrición humana, son fuente proteica destacable (22 a 32%), este porcentaje depende principalmente del tipo de semilla y la variedad (Sáenz- Reyes *et al.*, 2022). La lenteja contiene aminoácidos esenciales (leucina, lisina, treonina y fenilalanina) y es deficiente en aminoácidos azufrados: metionina, cisteína y triptófano (Mefleh *et al.*, 2021).

Las lentejas son fundamentales para la seguridad alimentaria por su aporte proteico, ayudando a reducir la desnutrición y otras enfermedades (Bessada *et al.*, 2019). Son un recurso soberano y sostenible, con larga vida útil, cultivos estables, adaptables al clima, y contribuyen a la fijación de nitrógeno, beneficiando otros cultivos y reduciendo el uso de fertilizantes (Prada *et al.*, 2024).

Las variedades de lenteja se distinguen por su color: amarillas, naranjas, rojas, verdes, marrones y negras, con diferencias en textura, composición y apariencia (Chandler *et al.*, 2022). La lenteja Verdina (verde de Puy) es la más producida y consumida en México, es de tamaño pequeño, de color verde-amarillento (Meenal *et al.*, 2023).

La lenteja roja, producida principalmente en Canadá, tiene tonalidades rojizas-anaranjadas y está desprovista de piel, lo que reduce su tiempo de cocción, facilita la digestión y le da un sabor menos vegetal. Sin embargo, su contenido de fibra es menor (Kaale *et al.*, 2022).

Las principales partes de la lenteja son: cotiledón (89%) que contiene proteínas y carbohidratos, testa (10%) con polifenoles, y eje embrionario (1%) (Samaranayaka *et al.*, 2024). En México, Michoacán concentra el cultivo de lenteja verde (90-95%), cuya superficie ha incrementado (Sáenz-Reyes *et al.*, 2022). La lenteja roja, aunque valorada, es importada y poco utilizada en la cocina mexicana.

El consumo tradicional de lenteja es en guisos, purés, guarniciones, aperitivos o postres; al ser fuente rica en proteínas con aminoácidos esenciales, puede complementarse con los aminoácidos esenciales de los cereales aportando proteínas de calidad. A la par proporciona carbohidratos, micronutrientes y fibra (Chandler *et al.*, 2022).

El perfil del consumidor ha cambiado, en tal sentido, el desarrollo de productos a base de lenteja: harina, germinados, extruidos y aislados proteicos, entre otros, resultan alternativas para diversificar su consumo aprovechando su aporte en proteínas, minerales, carbohidratos, entre otros (Soto *et al.*, 2023).

El contenido proteico en las lentejas es de 20-25%, la mayoría de estas proteínas son de almacenamiento (80%): globulinas (65-70%) y albúminas (10-15%) (Gilani, 2021). Su composición aminoacídica se caracteriza por una baja concentración de metionina y cisteína, son ricas en arginina, ácido aspártico, glutámico y lisina (Kumar *et al.*, 2022).

Las proteínas en la lenteja se clasifican en estructurales, con actividad biológica, y de reserva (Boye *et al.*, 2009). Para separar las fracciones proteicas (FP) de las proteínas de reserva se utiliza el método Osborne, que las clasifica según su solubilidad en distintos solventes y su pH isoelectrico, obteniéndose cuatro tipos de fracciones (Kumar *et al.*, 2022).

Las albúminas (25.1-31%) son solubles en agua, tienen propiedades funcionales como enzimas y lectinas. Participan en la degradación proteica durante la germinación. También incluyen proteínas de defensa: inhibidores de tripsina y lectinas. En las legumbres, las albúminas son fuente de lisina y metionina (Patto *et al.*, 2019).

Las globulinas son proteínas de reserva solubles en soluciones salinas, constituyen entre el 26.2-34.6.5% en legumbres y se componen por legumina y vicilina (Martín-Cabrejas, 2019). En menor proporción están las prolaminas, solubles en alcohol-agua (50-80%), FP principal en cereales (maíz y trigo), ricas en prolina y glutamina. Por último, las glutelinas son solubles en medios ácidos o alcalinos (Boye *et al.*, 2009).

La calidad proteica se refiere a la cantidad de aminoácidos esenciales y su digestibilidad. En legumbres, es menor que en las proteínas animales debido a su bajo contenido de metionina y

cisteína, la resistencia de algunas proteínas a la digestión y la presencia de compuestos anti-nutricionales que afectan su digestibilidad (Khazaei *et al.*, 2019).

Una proteína biológicamente completa contiene todos los aminoácidos esenciales en cantidad igual o superior a la establecida para cada aminoácido en una proteína de referencia. Las proteínas que poseen uno o más aminoácidos limitantes son incompletas, ya que limitan la síntesis proteica, no pudiendo utilizarse por completo (Chandler *et al.*, 2022).

El cómputo aminoacídico o Score proteico compara la cantidad del aminoácido limitante en una proteína con una proteína de referencia. Para determinar el Score se emplean valores de los aminoácidos esenciales lisinas, triptófano, treonina, metionina y cisteína, ya que son aminoácidos que suelen encontrarse limitados en algunos alimentos (Avilés-Gaxiola *et al.*, 2017).

La digestibilidad proteica corresponde a la proporción de nitrógeno ingerido y absorbido. El organismo humano excreta entre 10 y 25% del nitrógeno ingerido, una parte proviene del nitrógeno dietético no absorbido, la otra parte de la proteína (Suleiman *et al.*, 2019).

El método del cómputo de aminoácidos corregido por digestibilidad (PDCAAS) evalúa la calidad nutricional de fuentes proteicas. El PDCAAS de una proteína se determina por el cómputo de aminoácidos (entre 0 y 1), multiplicado por el valor de digestibilidad de la proteína (0.8) (Boye *et al.*, 2009; Avilés-Gaxiola *et al.*, 2017).

La lenteja es una alternativa en la búsqueda de proteínas sostenibles debido a su contenido proteico, bajo costo de producción y cultivo sostenible. La harina de lenteja tiene potencial para desarrollar alimentos altos en proteínas, por lo que es importante evaluar su calidad y el efecto de la cocción sobre sus FP. Por ello, el objetivo fue analizar la calidad proteica de las harinas de lenteja verde y roja para determinar su potencial como fuente alternativa de proteínas.

Materiales y métodos

Material de estudio

Semillas de lenteja (*Lens culinaris* M.) variedades verde y roja. La verde marca Verde Valle® y la roja marca lima limón® fueron adquiridas en un mercado local de Morelia, Michoacán, México. Se trasladaron al Laboratorio de Biotecnología MC Víctor Manuel Rodríguez Alcocer de la Facultad de Químico Farmacobiología de la UMSNH.

Harina de lenteja cruda y Harina de lenteja cocida

La semilla de lenteja cruda (125 g) se trituró en seco en un molino eléctrico Golden Wall® hasta obtener un tamaño de partícula de 0.25 mm, y la harina se selló al vacío para su análisis. Otro lote de lentejas (125 g) fue cocido tradicionalmente en 400 ml de agua a 94 °C: 15 min (lenteja verde) y 7 min (lenteja roja). Las semillas cocidas se deshidrataron en un deshidratador Hamilton Beach® (12 h a 50 °C). Finalmente, se trituraron en el molino eléctrico y se sellaron al vacío para su análisis.

Análisis químico proximal

De la composición química de la lenteja verde y roja se determinó humedad, cenizas, proteína cruda, aceite, fibra total y carbohidratos (AOAC, 2005). El nitrógeno se determinó por el método Kjeldahl. El contenido de proteínas se calculó como nitrógeno, utilizando el factor 6.25 para convertir el nitrógeno en proteína bruta. El aceite se obtuvo por el método Soxhlet mediante extracción con hexano por 4 h.

Las cenizas fueron calculadas del peso remanente posterior a la incineración de la muestra a 550 °C por 2 h. La humedad fue determinada con base en la pérdida de peso de la muestra posterior a su secado a 110 °C por 4 h. Los carbohidratos se obtuvieron por diferencia del total de lo analizado.

Determinación de las fracciones proteicas (FP) de la harina de lenteja

Se utilizó el método de Osborne (1924). Los solventes para extracción de las FP fueron: agua destilada, cloruro de sodio al 5%. 1 g de harina de lenteja (cruda y cocida) se colocó en un tubo de ensayo con 14 ml de solvente, con tiempo de disolución de 12 h. Luego se centrifugó a 4 000 rpm por 20 min en una centrifuga eléctrica marca Dauz[®], el sobrenadante se ajustó a pH 4.5 con HCL 1N y se centrifugó a 4 000 rpm por 10 min. Las FP precipitadas se lavaron con agua destilada y se secaron a 40 °C por 12 h. Se realizaron tres ensayos para calcular el porcentaje de proteína en cada fracción: % proteína= (proteína extraída en la fracción (g)) / (cantidad de harina (g)) x 100.

Determinación de la calidad proteica de la harina de lenteja, variedades verde y roja

La calidad proteica de la harina de lenteja se determinó calculando el Score de aminoácidos corregidos por digestibilidad (PDCAAS). Se consultaron cuadros de composición química de alimentos sobre la cantidad de proteínas en lenteja, así como el contenido de aminoácidos indispensables y la digestibilidad proteica de la semilla. Como proteína patrón se utilizó el patrón de aminoácidos para niños y adultos especificado en la WHO/FAO/UNU (2007).

El Score proteico se calculó utilizando la ecuación:

$$\text{Score} = \frac{\text{mg aminoácidos en proteína de estudio}}{\text{mg aminoácidos proteína patrón}} \times 100$$

Finalmente, con base en la digestibilidad para la harina de lenteja reportada en la literatura, se calculó el PDCAAS utilizando la ecuación:

$$\text{PDCAAS} = \frac{\text{SCORE} \times \text{digestibilidad proteica}}{100}$$

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó con el paquete estadístico JMP versión 11 (SAS institute, 2011). Se realizó un Anova y una prueba de comparación de medias de *Pos-hoc* Tukey, con un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) para establecer las diferencias entre las medias.

Resultados y discusión

Composición química proximal de las lentejas variedad verde y roja

En el análisis de los parámetros químicos de la lenteja verde y roja (Cuadro 1), se observó que la lenteja verde presentó con diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) el mayor contenido de humedad (8.16%) con respecto a la variedad roja (7.3%).

Cuadro 1. Composición química proximal de la lenteja (*Lens culinaris* M.) variedades verde y roja (%).

Muestra (%)	Variedad de lenteja	
	Verde	Roja
Humedad	8.16 $\pm$ 0.27 ^a	7.3 $\pm$ 0.15 ^b
*Proteína	27.07 $\pm$ 0.14 ^a	25.83 $\pm$ 0.02 ^b
Aceite	1.56 $\pm$ 0.39 ^a	1.03 $\pm$ 0.16 ^a
Cenizas	2.72 $\pm$ 0.03 ^b	2.92 $\pm$ 0.03 ^a
Fibra dietaria total	26.93 $\pm$ 0.15 ^a	23.2 $\pm$ 0.02 ^a
Carbohidratos totales	33.56 $\pm$ 0.33 ^b	39.72 $\pm$ 0.28 ^a

Los valores son medias en base seca $\pm$ la desviación estándar (n= 3). *N x 6.25, carbohidratos totales por diferencia. Medias dentro de cada fila con letras iguales no presentan diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Una humedad superior al 15% en legumbres, favorece la generación de hongos, contaminación y descomposición afectando la estructura de la semilla. Puede inducir su germinación debido a la activación de enzimas, comprometiendo la integridad de la semilla y su calidad nutricional (NOM-247-SSA1-2008).

La lenteja verde presentó una concentración significativamente ($p \leq 0.05$) más alta de aceite (1.56%) que la roja (1.03%), con una diferencia de 0.53%. Wyss *et al.* (2020) encontraron que diferentes variedades de lentejas tienen entre 1-3% de aceite, a excepción de la soya y el cacahuete (23.31% y 50.46% respectivamente).

Las legumbres contienen entre 2 a 5% de cenizas (potasio, magnesio, hierro y manganeso) (Bessada *et al.*, 2019). Estos, igual que otros componentes varían según el cultivo, ambiente y genotipo (Chandler *et al.*, 2022). La lenteja verde tiene 2.72% de cenizas y la roja (2.92%) (Cuadro 1). Valores similares (2.83%) a los reportados por Gallegos-Tintoré *et al.* (2004).

La lenteja roja tiene más carbohidratos (39.72%) que la verde (33.56%). Incluyen almidón, oligosacáridos y fibra (Kaale *et al.*, 2022), estos generan una sensación de saciedad prolongada, su digestión lenta y bajo índice glucémico se asocian con una reducción de obesidad y enfermedades cardiovasculares (Ros-Berruzco *et al.*, 2021).

El contenido en proteínas en la variedad verde fue de 27.07%, mayor ($p \leq 0.05$) que la roja (25.83%). Suleiman *et al.* (2019) encontraron 20-28% en lenteja verde y roja. Reyes-Bautista *et al.* (2023); Khazaei *et al.* (2019), reportaron valores inferiores (22.4% y 25.16%). En comparación, el garbanzo (*Cicer arietinum*) contiene (23.56%-21.34%), frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) (18.5%), haba (*Vicia faba*) (27.17%) y arveja (*Pisum sativum*) (22.64%) (Chandler *et al.*, 2022).

Fracciones proteicas (FP en la harina de lenteja variedades verde y roja)

La FP mayoritarias en las harinas de lenteja verde y roja, cruda y cocida se muestran en el Cuadro 2. Las FP mayoritarias para ambas variedades fueron globulinas (19.19%-18.35%) y albúminas (17.1%-16.76%), significativamente más altas en la variedad verde. Estos resultados son comparables con Reyes-Bautista *et al.* (2023) en harina de lenteja, quienes reportaron: albúminas (46.41%) y globulinas (26.5%).

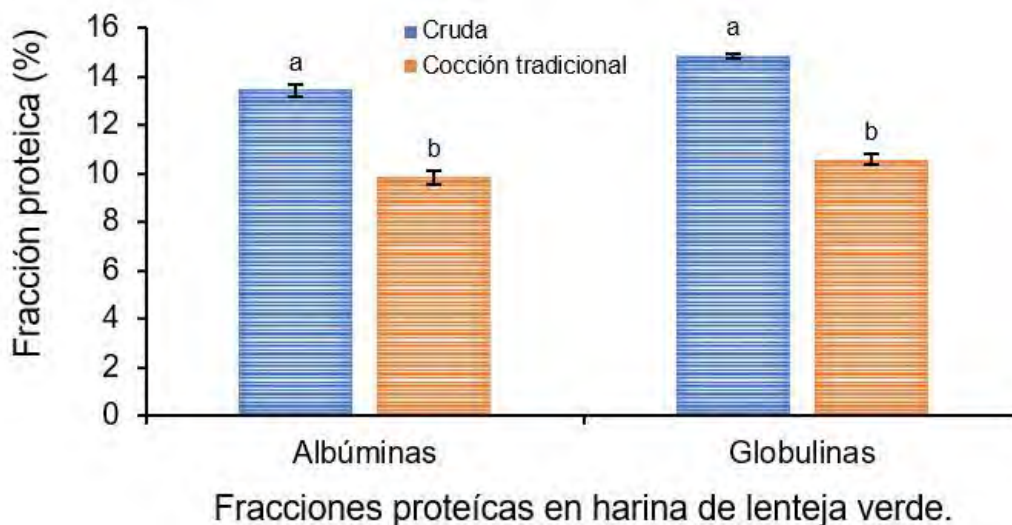
Cuadro 2. Concentración de medias del total de las fracciones proteicas en la harina de lenteja cruda y por cocción tradicional de la variedad verde y roja.

Fracción proteica	Proteína extraída (%)	
	Lenteja verde	Lenteja roja
Globulinas	12.72 $\pm$ 0.04 ^{BA}	18.35 $\pm$ 0.02 ^{AB}
Albúminas	18.35 $\pm$ 0.05 ^{BA}	12.95 $\pm$ 0.03 ^{AB}
Glutelinas	4.32 $\pm$ 0.02 ^{CA}	5.25 $\pm$ 0.05 ^{BA}
Prolaminas	2.177 $\pm$ 0.01 ^{CA}	1.177 $\pm$ 0.01 ^{CA}

Los valores son medias en base seca $\pm$ la desviación estándar ($n = 3$) de las fracciones proteicas extraídas (%). Letras minúsculas diferentes indican que las medias dentro de la misma variedad de lenteja son significativamente distintas entre sí. Letras mayúsculas diferentes señalan que las medias entre las variedades de lenteja verde y roja también son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Las FP albúminas y globulinas en la harina de lenteja verde cruda y cocida (Figura 1), la harina de lenteja cruda presentó el mayor porcentaje (albúminas 18.35-12.95% y globulinas 12.72-18.35%); sin embargo, no son estadísticamente diferentes. Cuando la lenteja es cocida, disminuyen las albúminas (9.83-9.33%) y globulinas (10.58-10.33%).

Figura 1. Fracciones albúminas y globulinas para la harina de lenteja verde cruda y cocida. Cada valor representa la media $\pm$ la desviación estándar de tres repeticiones de la misma muestra. Los valores con diferentes letras son significativamente diferentes con un $p \leq 0.05$.



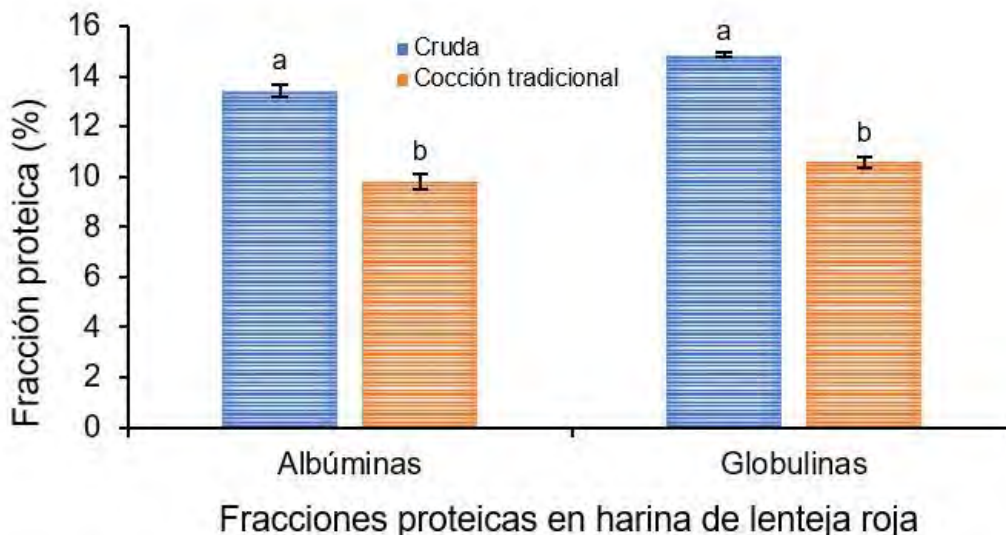
La temperatura puede desnaturizar a las proteínas y romper enlaces peptídicos, alterando su estructura. La cocción provoca reacciones de Maillard, donde los grupos amino de las proteínas interactúan con azúcares, disminuyendo la disponibilidad de aminoácidos esenciales. Además, cambios en el pH durante la cocción puede modificar el punto isoeléctrico, afectando la solubilidad y funcionalidad proteica (Khazaei *et al.*, 2019). Con respecto a la FP albúmina, su porcentaje en harina cruda (14.48%) es significativamente mayor con respecto a la harina cocida (9.33%). En las globulinas disminuyó de 15.57% a 10.33% en harina cocida.

Las albúminas, solubles en agua, experimentan desnaturalización durante la cocción, lo que cambia su estructura nativa al hidratarse las semillas (Lam *et al.*, 2016). Altas temperaturas, forman complejos con otras proteínas, hidrolizándose enzimáticamente (Arango *et al.*, 2012).

En la harina de lenteja roja, cruda y cocida, las FP albúminas y globulinas disminuyen con la cocción (Figura 2). El contenido de albúminas es mayor en la harina de lenteja cruda (13.44%) que en la cocida (9.83%). De manera similar, las globulinas son más abundantes en harina cruda (14.87%) disminuyendo significativamente en la cocción.



Figura 2. Fracciones albúminas y globulinas para la harina de lenteja roja cruda y cocida. Cada valor representa la media $\pm$ la desviación estándar de tres repeticiones de la misma muestra. Los valores con diferentes letras son significativamente diferentes con un $p \leq 0.05$.



La cocción redujo albuminas y globulinas en un 7.9% en la harina de lenteja verde y un 10% en la roja. Sin embargo, es necesaria para el consumo directo o si la harina cruda se utilizará para otros alimentos, ya que el tratamiento térmico elimina compuestos antinutricionales: inhibidores de proteasas, lectinas, taninos y saponinas (Prada *et al.*, 2024).

Cabe destacar que las albúminas comprenden enzimas, inhibidores de proteasas y amilasas, y lectinas. Las globulinas se clasifican en: legumina (11S) y vivulina (7S), una tercera proteína es la convicilina. La convicilina tiene aminoácidos azufrados, ausentes en vicilina (Lam *et al.*, 2016).

Determinación de la calidad proteica de la harina de lenteja. Score proteico y PDCAAS

El Score determina el porcentaje del aminoácido limitante en una matriz alimentaria, es el de menor proporción con respecto al mismos aminoácidos en la proteína de referencia (Fernández-Orozco *et al.*, 2003). En el Cuadro 3 se resume el cálculo del Score proteico y el cómputo de aminoácidos corregido por digestibilidad de la proteína, incluyendo los aminoácidos limitantes.

Cuadro 3. Puntaje químico y Score de aminoácidos corregidos por digestibilidad en la harina de lenteja verde y roja.

Alimento	Peso (g)	Proteína (g)	N ^{bc}	Contenido de aminoácidos esenciales en la proteína de los alimentos (mg g ⁻¹ de N) ^d			
				Lisina	Metionina + cisteína	Treonina	Triptófano
Lenteja roja	30	7.85	1.25	608.75	139	360	80.62
Mg g ⁻¹ N				487	103.73	288	64.49
Patrón de referencia				320	111.2	170	43

Alimento	Peso (g)	Proteína (g)	N ^{bc}	Contenido de aminoácidos esenciales en la proteína de los alimentos (mg g ⁻¹ de N) ^d			
				Lisina	Metionina + cisteína	Treonina	Triptófano
aminoácidos esenciales							
Computo de aminoácidos mg g ⁻¹ de N				1.52	0.93	1.69	1.49
PDCAAS				1.24	0.76	1.38	1.22
Lenteja verde	30	8.42	1.34	653.25	139	387.12	86.43
Mg g ⁻¹ de N				487.5	103.73	288	64.5
Patrón de referencia				320	156	170	43
aminoácidos esenciales							
Computo de aminoácidos mg g ⁻¹ de N				1.5	0.66	1.69	1.5
PDCAAS				1.2	0.52	1.35	1.2

a= corresponde a la cantidad de proteína que hay en 30 g de lentejas; bN= nitrógeno; c= equivalentes de g de nitrógeno, se obtiene al dividir el contenido de proteínas de las lentejas por 6.25; d= valores obtenidos al multiplicar la cantidad de nitrógeno de la lenteja por la cantidad de lisina, metionina + cisteína, treonina y triptófano; e= representa el contenido de cada aminoácido en un gramo de nitrógeno de la muestra.

La lenteja verde presentó un menor Score en metionina y cisteína (0.66%, 0.93%) y PDCAAS (0.52 y 0.76) en comparación con la roja, siendo estos los aminoácidos limitantes. La variedad roja presentó mejores valores en lisina, treonina y triptófano (1.5, 1.69, 1.5) y PDCAAS (1.2, 1.35, 1.2). El máximo PDCAAS para aminoácidos esenciales es 1 (leche, huevo y soja) (Ros-Berruzco *et al.*, 2021). Aun con aminoácidos limitantes, la harina de lenteja es rica en proteínas y aminoácidos esenciales, siendo adecuada para dietas proteicas y sostenibles.

Conclusiones

Las harinas de lenteja son opciones nutritivas para reincorporarse a la dieta. Ambas variedades son alternativas a la proteína animal. Aunque las harinas crudas contienen más albúminas y globulinas que disminuyen con la cocción, esta puede mejorar su digestibilidad al reducir factores antinutricionales. La harina de lenteja roja presentó mayor calidad proteica, con mejor perfil de aminoácidos y digestibilidad.

Tecnologías como extrusión o fermentación pueden mejorar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales. Se propone la microencapsulación para la estabilidad de los compuestos bioactivos de la harina de lenteja verde y estudiar su efecto en la reducción de colesterol y presión arterial.

Agradecimientos

Las autoras(es) agradecen a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México, a la Coordinación de Investigaciones Científicas (CIC) y al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca para el estudiante egresado. Este proyecto contó con el apoyo de la Coordinación de Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. Convocatoria 2022-2023.

Bibliografía

- 1 Arango-Bedoyo, O.; Bolaños-Patiño, V.; Ricaurte-García, D.; Caicedo, M. y Guerrero, Y. 2012. Obtención de un extracto proteico a partir de harina de chachafruto (*Erythrina edulis*). *Revista Universidad y Salud*. 14(2):161-167. ISSN 0124-7107.
- 2 AOAC. 2005. Association of Officiating Analytical Chemists. Official method of Analysis. 18th Ed. Washington DC, Method 935.14 and 992.24.
- 3 Avilés#Gaxiola, S.; Chuck#Hernández, C. and Saldívar, S. O. S. 2017. Inactivation methods of trypsin inhibitor in legumes: a review. *Journal of Food Science*. 83(1):17-29. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13985>.
- 4 Bessada, S. M.; Barreira, J. C. and Oliveira, M. B. P. 2019. Pulses and food security: dietary protein, digestibility, bioactive and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*. 93:53-68. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.022>.
- 5 Boye, J. I.; Aksay, S.; Roufik, S.; Ribéreau, S.; Mondor, M.; Farnworth, E. and Rajamohamed, S. H. 2009. Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques. *Food Research International*. 43(2):537-546. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.021>.
- 6 Chandler, S. L. and McSweeney, M. B. 2022. Characterizing the properties of hybrid meat burgers made with pulses and chicken. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 27:1-15. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100492>.
- 7 Fernandez#Orozco, R.; Zieli#ski, H. and Pisku#a, M. K. 2003. Contribution of low#molecular# weight antioxidants to the antioxidant capacity of raw and processed lentil seeds. *Nahrung/ Food*. 47(5):291-299. <https://doi.org/10.1002/food.200390069>.
- 8 Gallegos-Tintoré, S.; Pacheco-Aguirre, J.; Betancur-Ancona, D. y Chel-Guerrero, L. 2004. Extracción y caracterización de las fracciones proteínicas solubles del grano de *Phaseolus lunatus* L. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 54(1):81-88. <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S000406222004000100012&lng=es&tling=es>.
- 9 Gilani, G. S.; Cockell, K. A. and Sepehr, E. 2021. Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods. *Journal of AOAC International*. 88(3):967-987. <https://doi.org/10.1093/jaoac/88.3.967>.
- 10 Kaale, L. D.; Siddiq, M. and Hooper, S. 2022. Lentil (*Lens culinaris* Medik) as nutrient#rich and versatile food legume: a review. *Legume Science*. 5(2):1-11. <https://doi.org/10.1002/leg3.169>.
- 11 Khazaei, H.; Subedi, M.; Nickerson, M.; Martínez-Villaluenga, C. y Vandenberg, A. 2019. Proteína de semilla de lentejas: estado actual, progreso y aplicaciones alimentarias. *Revista Alimentos*. 8(391):4-23. Doi:10.3390/alimentos8090391.
- 12 Kumar, Y.; Basu, S.; Goswami, D.; Devi, M.; Shivhare, U. S. and Vishwakarma, R. K. 2022. Anti-nutritional compounds in pulses: Implications and alleviation methods. *Legume Science*. 4(2):1-13. <https://doi.org/10.1002/LEG3.111>.
- 13 Lam, A. C. Y.; Karaca, A. C.; Tyler, R. T. and Nickerson, M. T. 2016. Pea protein isolates: structure, extraction, and functionality. *Food Reviews International*. 34(2):126-147. <https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1242135>.
- 14 Martín-Cabrejas, M. A. 2019. Chapter 1. Legumes: an overview. In *food chemistry, function and analysis*. 1-18 pp. <https://doi.org/10.1039/9781788015721-00001>.
- 15 Mefleh, M.; Pasqualone, A.; Caponio, F. and Faccia, M. 2021. Legumes as basic ingredients in the production of dairy#free cheese alternatives: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 102(1):8-18. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11502>.
- 16 Meenal, D. A.; Kushwaha, A.; Dobhal, N.; Durgapal, S.; Shahi, N.; Kumar, A. 2023. Assessment of physical, nutritional, antioxidant, antinutritional and cooking characteristics

- of lentil cultivar PL 8. Asian Journal of Dairy and Food Research, Of. 43(1) <https://doi.org/10.18805/ajdfr.dr-2056>.
- 17 Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1. 2008. Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación.
- 18 Osborne, T. B. 1924. The vegetable proteins. London, longmans, greece, and Co. 73-81 pp.
- 19 Prada, O. J.; Diaz, O. L. and Rocha, K. T. 2024. Common duckweed (*Lemna minor*): food and environmental potential. Review. Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias. 15(2):404-424. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v15i2.6107>.
- 20 Patto, M. C. V.; Amarowicz, R.; Aryee, A. N. A.; Boye, J. I.; Chung, H.; Martín-Cabrejas, M. A. and Domoney, C. 2019. Achievements and challenges in Improving the nutritional quality of food legumes. Critical Reviews in Plant Sciences. 34(1-3):105-143. <https://doi.org/10.1080/07352689.2014.897907>.
- 21 Ros-Berruzco, G. and Periago-Castón, M. J. 2021. Calidad y composición nutritiva de hortalizas, verduras y legumbres. In tratado de nutrición. 3^a, 251-263 pp. Ed. Médica Panamericana.
- 22 Reyes-Bautista, R.; Barajas-Segoviano, M.; Flores-Sierra, J. J.; Hernández-Mendoza, G. y Xoca-Orozco, L. Á. 2023. Biopéptidos derivados de los pseudocereales: amaranto, quinoa, chía y trigo sarraceno. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas. 26:1-27. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2023.616>.
- 23 Samaranayaka, A. and Khazaei, H. 2024. Lentil: revival of poor man's meat. In Elsevier eBooks. 201-217 pp. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91652-3.00031-9>.
- 24 Sáenz-Reyes, J. T.; Muñoz-Flores, H. J.; Ruíz-Rivas, M.; Rueda-Sánchez, A.; Castillo-Quiroz, D. y Reyes, F. C. 2022a. Diagnóstico del cultivo de lenteja en unidades de producción familiar en Michoacán. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas. 27:35-44. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i27.3160>.
- 25 Soto, C. V.; Pérez-Bravo, F. y Mariotti-Celis, M. S. 2023. Cantidad, estabilidad y digestibilidad de hidratos de carbono tras el proceso de extrusión: impacto sobre el índice glicémico de harinas de consumo habitual en Chile. Revista Chilena de Nutrición. 50(2):233-241. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182023000200233>.
- 26 Suleiman, M. A.; Amro, B. H.; Gamaa, A. O.; Mohamed, M. E. T.; Elhadi, A. I. E. K.; Abdullahi, H. E. T. y Elfadil, E. B. 2019. Cambios en la digestibilidad total de proteínas, contenido de fracciones y estructura durante la cocción de cultivares de lentejas. Pakistan Journal Nutrition. 7:801-805.
- 27 WHO, FAO, UNU. 2007. Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation. ¹Geneva, Switzerland: World Health Organization. 103-125 pp.
- 28 Wyss, L. G. and Durán-Agüero, S. 2020. Consumo de legumbres y su relación con enfermedades crónicas no transmisibles. Revista Chilena de Nutrición. 47(5):865-869. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182020000500865>.



Harina de lenteja como fuente alternativa de proteínas

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 January 2025
Date accepted: 01 March 2025
Publication date: 18 May 2025
Publication date: Apr-May 2025
Volume: 16
Issue: 3
Electronic Location Identifier: e3696
DOI: 10.29312/remexca.v16i3.3696

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

Lens culinaris M.
calidad proteica
fracciones proteicas
legumbres.

Counts

Figures: 2

Tables: 3

Equations: 4

References: 28

Pages: 0