

DOI: <https://doi.org/10.47300/actasidi-unicyt-2025-63>

CALIDAD DE LA PROTEÍNA DE LA JALEA REAL USADA PARA CONSUMO HUMANO

Alcalá Escamilla, Karla Itzél

CENID FyMA-INIFAP

Querétaro, México

alcala.karla@inifap.gob.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3036-1782>

Sandoval Peraza, Valentino Mukthar

UVM-Escuela de Ciencias de la Salud

Yucatán, México

valentino_sandoval@my.uvm.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2612-1316>

RESUMEN

La jalea real (JR) es un producto elaborado por las abejas que se puede consumir como suplemento alimenticio debido a los nutrientes que se encuentran en su composición; sin embargo, es necesario evaluar la calidad de la proteína para conocer el beneficio real que la jalea puede ofrecer al consumidor. A través de diferentes pruebas y ecuaciones, se evaluó el valor nutricional de la proteína proveniente de la JR obtenida en México. Los análisis que se realizaron fueron porcentaje de proteína cruda, determinación del perfil de aminoácidos, proporción de aminoácidos esenciales, puntaje químico, aminoácido limitante, relación de eficiencia de proteína calculada y valor biológico. Los resultados demostraron que la JR posee un valor importante de proteína (13.40 ± 0.14); además, en su composición se encuentran todos los aminoácidos esenciales y no esenciales que requiere un individuo adulto para su alimentación; no obstante, el triptófano y la suma de aminoácidos azufrados se comportaron como aminoácidos limitantes. La relación de eficiencia de proteína calculada fue mayor al valor de referencia que se utiliza para clasificar como proteínas de calidad. El valor biológico fue de 7.41. Los resultados indican que la JR puede servir como un suplemento alimenticio, ayudando a complementar la dieta de los consumidores

Palabras clave: Abejas melíferas, aminoácidos, jalea real, proteína.

ABSTRACT

Royal jelly (RJ) is a product produced by bees and can be consumed as a dietary supplement due to the nutrients found in his composition; however, its protein quality must be evaluated to predict the real benefits that RJ can offer to consumers. By applying different tests and equations, the nutritional value of the RJ protein obtained in Mexico was calculated. The performed analyses were crude protein (%), amino acids profile, essential amino acids ratio, chemical score, limiting amino acid, calculated protein efficiency ratio, and biological value. The results show that RJ has a significant protein content (13.40 ± 0.14); in addition, it contains all the essential and non-essential amino acids required for an adult individual for nutrition. The tryptophan and sulfur-amino acids acted as limiting amino acids. The calculated protein efficiency ratio was higher than the used as a reference to classify the protein quality. The biological value was 7.41. These results indicate that RJ could be serve as a dietary supplement, coadjuvant to the consumers' diets.

Keywords: Amino acids, honey bees, protein, royal jelly.

1.INTRODUCCIÓN

La jalea real (JR) es una sustancia secretada por las glándulas hipofaríngeas de las abejas melíferas (*Apis mellifera* L.); está conformada por una mezcla de agua, carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas, aminoácidos, minerales, enzimas, hormonas y oligoelementos. (Xue, et al., 2017). Este producto suele usarse como un suplemento alimenticio para las personas debido a su concentración de proteína, el cual oscila entre un 9 a un 18%; sin embargo, el porcentaje de proteína no es el único parámetro que se debe considerar para evaluar la calidad de la proteína de un alimento.

La calidad de la proteína es una medida de la biodisponibilidad y se define como la capacidad de la proteína para cubrir los requerimientos del individuo y depende fundamentalmente de la composición de los aminoácidos (AAS) y su biodisponibilidad; por lo que el objetivo del trabajo fue evaluar la calidad de la proteína de la jalea real elaborada por abejas *Apis mellifera* L. en México, a través de las formulas establecidas para determinar la proporción de aminoácidos esenciales, puntaje químico, determinación del aminoácido limitante, razón de eficiencia de las proteínas calculado y el valor biológico.

2.MARCO CONCEPTUAL

Las proteínas son macromoléculas conformadas por aminoácidos que desempeñan una gran cantidad de funciones en las células; por lo que deben de formar parte de la alimentación para un óptimo crecimiento, desarrollo y mantenimiento (González-Torres, et al., 2007). Para evaluar la calidad de la proteína, se han desarrollado ecuaciones y/o fórmulas que ofrecen información valiosa que permite inferir en la calidad, a través de comparar la composición de aminoácidos esenciales (AAE) presentes con patrones de referencia como el de la FAO, el cual está basado en las necesidades estimadas de AAE de la población, agrupándose en las necesidades lactantes (recién nacido hasta 6 meses), niños (6 meses hasta 3 años) y niños mayores, adolescentes, adultos (FAO, 2011).

Algunos parámetros que sirven para evaluar la calidad de las proteínas son: la Proporción de Aminoácidos Esenciales (PAE), Puntaje Químico (PQ), determinación del Aminoácido Limitante (AAL), razón de eficiencia de las proteínas (PER) y el Valor Biológico (VB).

La PAE indica el porcentaje de la proteína que está conformada por AAE. El PQ valora la proteína basándose en sus niveles de AAE, y permite determinar el AAL, el cual es el que se encuentra en menor cantidad, sus valores oscilan entre 0 a 1.0 (Kurpad, 2013). El PER compara el peso ganado en animales de laboratorio que consumen la proteína que se está evaluando contra el peso ganado en animales que consumen una proteína de referencia (Byrd-Bredbenner, et al., 2013). Actualmente se han desarrollado cálculos que permiten estimar el PER a través de ecuaciones de regresión, denominado C-PER (razón de eficiencia de las proteínas calculado), el cual, guarda una alta correlación con los resultados de las pruebas in vivo. El C-PER evalúa la calidad de la proteína utilizando su composición química, a diferencia del PER tradicional que evalúa la calidad a través del crecimiento de los animales. Un valor de PER mayor a 2.0 indica una proteína de alta calidad y un valor por debajo de 1.5 se considera como proteína de baja calidad (Friedman, 1996).

El VB muestra cuan completa y útil es una proteína para el organismo, es la medida de la eficiencia en que la proteína absorbida se convierte en proteína de los tejidos corporales y los valores pueden ir de 0-100. La proteína de la clara de huevo presenta un VB de 100 lo cual la convierte en una proteína completa, de alta calidad y biodisponibilidad. (Byrd-Bredbenner, et al., 2013).

3.MATERIALES Y MÉTODOS

La JR se obtuvo en el estado de Yucatán, México. Se determinó el porcentaje de proteína cruda (PC%) de acuerdo a la metodología de la AOAC International (2023). El perfil de AAS se realizó siguiendo la metodología de Alaiz, et al., (1992), para arginina (Arg), histidina (His), isoleucina (Ile), leucina (Leu), lisina (Lis), metionina (Met), fenilalanina (Fen), treonina (Tre), valina (Val), cisteína (Cis), tirosina (Tir), ácido aspártico+asparagina (Asp), ácido glutámico+glutamina (Glu), serina (Ser), glicina (Gli), alanina (Ala) y prolina (Pro), posterior a una hidrólisis ácida con HCl y derivatización con EMMDE. Una alícuota de 20µL se inyectó en un equipo HPLC bomba cuaternaria 1260 Infinity (Agilent Technologies, EUA) con una columna C18 (Nova-Pak® EUA) 3.9x300mm. Para la determinación del triptófano (Trp) se realizó una hidrólisis alcalina con NaOH Yust et al., (2004).

Para la evaluación de la calidad de la proteína se utilizaron las siguientes fórmulas:

a) PAE:

$$\frac{AAE}{AAT} = \left(\frac{Ile + Leu + Lis + Met + Cis + Fen + Tir + Tre + Trp + Val + His}{Ala + Asp + Arg + Gli + Glu + Ile + Leu + Lis + Met + Cis + Fen + Tir + Tre + Trp + Val + His + Pro + Ser} \right) \times 100$$

Donde:

AAE: Aminoácidos esenciales

AAT: Aminoácidos totales

b) PQ: Se utilizó el patrón establecido por FAO (2011) de requerimientos de AAE para niños:

$$PQ = \frac{mg \text{ de AAE en } 1g \text{ de proteína de muestra}}{mg \text{ de AAE en } 1g \text{ de proteína del patrón}}$$

c) AAL:

$$AAL = AAE \text{ con } PQ < 1.00$$

d) C-PER: Se utilizó las ecuaciones de regresión desarrolladas por Lee et al (1978), utilizando como patrón de referencia el valor de 2.5 correspondiente a la caseína.

$$C - PER_7 = 0.08084[X_7] - 0.1094$$

$$C - PER_{10} = 0.06320[X_{10}] - 0.1539$$

Donde:

X7 = Σ de los valores de los aminoácidos Tre, Val, Met, Ile, Leu, Fen y Lis en g/100g de proteína

X10 = Σ de los valores de los aminoácidos His, Arg, Trp, Tre, Val, Met, Ile, Leu, Fen y Lis en g/100g de proteína

e) VB: Se utilizó la fórmula reportada por Chavan et al., (2001) quienes hacen referencia a Morup & Olesen, (1976); además del patrón establecido por FAO (2011) de requerimiento de AAE para niños.

$$VB = 10^{2.15} \times q_{Lis}^{0.41} \times q_{Fen+T}^{0.60} \times q_{Met+Cis}^{0.77} \times q_{Tre}^{2.4} \times q_{Trp}^{0.21}$$

Donde:

a_i mg del aminoácido por 1g de proteína

$$q = \frac{a_i \text{ de la muestra}}{a_i \text{ del patrón de referencia}} \text{ Cuando } a_i \text{ de la muestra es } \leq \text{ al } a_i \text{ del patrón de referencia}$$

$$q = \frac{a_i \text{ del patrón de referencia}}{a_i \text{ de la muestra}} \text{ Cuando } a_i \text{ de la muestra es } \geq \text{ al } a_i \text{ del patrón de referencia}$$

Los valores del perfil de AAS, PC% y las ecuaciones se registraron y analizaron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel.

4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor de PC% fue de 13.40 ± 0.14 , valor que se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la NMX-FF-104-SCFI-2004 (Secretaría de Gobernación, 2004). Los resultados del perfil de AAS, AAL y PQ se indican en la Tabla 1. Al comparar la concentración de AAE con el patrón de la FAO (2011), se observó que la JR presenta valores mayores en His, Ile, Leu, Lis, Tre, Val y AAA; pero también contiene valores menores de Trp y SAA.

Tabla 1. Composición de aminoácidos, AAL y PQ en la JR

Aminoácidos	JR	FAO (2011)*	PQ
	mg/1g de proteína	mg/1g de proteína	
Cisteína	4.2±2		
Fenilalanina	49.9±3.5	-	-
Histidina	29.1±0.1	16	>1
Isoleucina	59±1.9	30	>1
Leucina	93.7±2.2	61	>1
Lisina	159.3±8.9	48	>1
Metionina	13.4±1.2	-	-
Tirosina	41.2±3.6		
Treonina	57.1±0.2	25	>1
Triptófano***	1.3±0.1	6.6	0.19
Valina	71±0.8	40	>1
SAA***	17.6	23	0.76
AAA	91.1	41	>1
Ác. aspártico+ Asparagina	110.3±6.6		
Ác. glutámico+ Glutamina	73.2±28.4		
Alanina	45.2±0.5		
Arginina	64.8±0.4		
Glicina	46.4±0.4		
Prolina	9.6±0.7		
Serina	70.9±1.2		

Nota. SAA: Aminoácidos azufrados (Met+Cis); AAA: Aminoácidos aromáticos (Fen+Tir).

*Requerimientos diarios para niños, adolescentes y adultos según la FAO.

***AAL de acuerdo al PQ

El PQ fue >1 en siete de los nueve AAE; el Trp presentó un valor <1, por lo que se consideró como el primer AAL seguido de los SAA. Debido a la presencia de dos AAL, se clasificó a la JR como una proteína incompleta (Byrd-Bredbenner, et al. 2013). Diversos factores pueden influir en la concentración de AAS, como la edad de la larva (Jie, et al., 2016), zona geográfica (Balkanska; 2015) o el alimento consumido por las abejas (Alcalá, et al. 2022).

El valor de PAE, C-PER y VB se muestra en la Tabla 2. La JR presentó un PAE de casi el 60%, indicando que la parte mayoritaria de la proteína está conformada por AAE, lo que puede ayudar a complementar la alimentación del consumidor.

Tabla 2. Valores de PAE, C-PER y VB de la JR

Parámetros	JR
PAE (%)	57.9
C-PER7	3.94
C-PER10	3.62
VB	7.41

Un valor de PER mayor a 2.0 sirve de indicador de que la proteína es de alta calidad (Friedman, 1996), la JR presentó un valor superior al del patrón de referencia de 2.5; por lo que se puede clasificar como un producto con un contenido proteico de buena calidad. El VB se muestra en la Tabla 2. Si se compara el resultado con el valor de la proteína de la clara de huevo, el valor de la JR se puede clasificar como bajo, sin embargo, muy pocas proteínas alcanzan valores tan altos como el estándar. El valor obtenido se puede deber a que la JR presentan en su composición dos AAL (Tabla 1), situación que afecta directamente su VB.

5.CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que la JR puede servir como un suplemento alimenticio para niños, adolescente y adultos, debido a que presenta un porcentaje importante de PC con una proporción de más del 50% de AAE. A pesar de presentar dos AAL posee concentraciones significativas de la mayoría de AAE, además de tener un valor alto de C-PER, lo que beneficia a los consumidores. Debido a que los parámetros estimados dependen principalmente de su composición de AAS y estos valores puede variar dependiendo de la floración, alimentación y geografía, es altamente probable que los valores difieran entre cosechas, épocas de producción y de una región a otra, por lo que lo más recomendable es hacer estos análisis cada que sea posible para contar con información confiable.

REFERENCIAS

- Alaiz, J., Navarro, J., Girón, J., & Voque. E. (1992). Amino acid analysis by highperformance liquid chromatography after derivatization with diethyl ethoxymethylenemalonate. *Journal of Chromatography*, 591(1-2), 181-186. [https://doi.org/10.1016/0021-9673\(92\)80236-N](https://doi.org/10.1016/0021-9673(92)80236-N)
- Alcalá Escamilla, K.I., Moguel Ordóñez, Y.B., Sandoval-Peraza, V.M., Acevedo Fernández, J.J., Betancur Ancona, D.A. (2022). Anti-hypertensive activity in vitro and in vivo on royal jelly produced by different diets. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 34(1), 9 – 15. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2022.v34.i1.2812>
- AOAC International. (2023). *Official Methods of Analysis – AOAC* (22nd ed). Association of Official Analytical Chemists (AOAC).
- Balkanska, R., & Zhelyazkova, I. (2015). Determination of amino acids and protein content in fresh and commercial royal jelly from bulgaria. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 29(3), 485–490. <http://dx.doi.org/10.4314/bcse.v29i3.16>
- Byrd-Bredbenner, C., Beshgetoor, D., Moe, G. & Berning, J. (2013). *Wardlaw, Perspectivas en nutrición* (9a ed.). Mc Graw Hill Education.
- Chavan, U.D., McKenzie D.B. & Shahidi, F. (2001) Functional properties of protein isolates from beach pea (*Lathyrus maritimus* L.). *Food Chemistry*, 74(2), 177-187. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00123-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00123-6)

- FAO. (2011). *Dietary protein quality evaluation in human nutrition*. Report of an FAO Expert Consultation. FAO Food Nutr Pap. 92 [Archivo PDF]. [35978-02317b979a686a57aa4593304ffc17f06.pdf](https://doi.org/10.1021/jf9400167)
- Friedman, M. (1996) Nutritional value of proteins from different food sources. A review. *J. Agric. Food Chem.*, 44(1), 6-29. <https://doi.org/10.1021/jf9400167>
- González-Torres, L., Téllez-Valencia, A., Sampedro, J.G. & Nájera H. (2007) Las proteínas en la nutrición. *RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición*, 8(2). <https://respyn.uanl.mx/index.php/respyn/article/view/189/172>
- Jie, H., Li, P.M., Zhao, G.J., Feng, X.L., Zeng, D.J., Zhang, C.L., Lei, M.Y., Yu, M., Chen, Q. (2016). Amino acid composition of royal jelly harvested at different times after larval transfer. *Genet Mol Res.*, 15(3), [10.4238/gmr.15038306](https://doi.org/10.4238/gmr.15038306)
- Kurpad, A.V. (2013). Protein, Quality and Sources. En: Caballero, A. (Ed.). *Encyclopedia of Human Nutrition*. (pp. 123 – 130) Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375083-9.00241-5>
- Lee, Y.B., Elliott, J.G., Rickans, D.V. & Hagberg, E.C. (1978). Predicting protein efficiency ratio by the chemical determination of connective tissue content in meat. *Journal of Food Science*, 43(5), 1359-1362. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1978.tb02490.x>
- Morup, I.K. & Olesen, E.S. (1976). New method for prediction of protein value from essential amino acid pattern. *Nutritional Report International*, 13, 355-365.
- Secretaría de Gobernación. (2004). NMX-FF-104-SCFI-2004 PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS PARA CONSUMO HUMANO-JALEA REAL-ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=678871&fecha=20/07/2004#gsc.tab=
- Xue, X., Wu, L., & Wang K. (2017). Chemical Composition of Royal Jelly. En: Álvarez-Suárez, J.M. (Ed.). *Bee products - Chemical and biological properties*. (pp 181-190). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59689-1_8
- Yust, M.M., Pedroche, J., Girón-Calle, J., Vioque, J., Millán F. & Alaiz, M. (2004). Determination of tryptophan by high-performance liquid chromatography of alkaline hydrolysates with spectrophotometric detection. *Food Chemistry*, 85(2), 317-320. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.07.026>

Los autores del trabajo autorizan a la Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología (UNICYT) a publicar este resumen en extenso en las Actas del Congreso IDI-UNICYT 2025 en Acceso Abierto (Open Access) en formato digital (PDF) e integrarlos en diversas plataformas online bajo la licencia CC: Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

La Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología y los miembros del Comité Organizador del Congreso IDI-UNICYT 2025 no son responsables del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en este artículo.