

Artículo:

## Extracción y caracterización de aislados proteicos de frijol caupí (*Vigna unguiculata*)

## Extraction and characterization of protein isolates from cowpea (*Vigna unguiculata*)

Eduardo Loredo-Sauceda<sup>1</sup>, Ramiro Maldonado-Peralta<sup>1</sup>, Delfina Salinas-Vargas<sup>1</sup>, Andrés León-Villanueva<sup>1</sup>

Revista Interdisciplinaria de  
Ingeniería Sustentable y Desarrollo  
Social

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México – ITS de Guasave, Sinaloa, México.

\* Autor correspondiente: [andres.lv@guasave.tecnm.mx](mailto:andres.lv@guasave.tecnm.mx)

Recibido: 29 de enero de 2025  
Aceptado: 08 de mayo de 2025  
Publicado: 26 de mayo de 2025

Publicación continua editada por el  
Tecnológico Nacional de México /  
Instituto Tecnológico Superior de  
Tantoyuca

Desv. Lindero Tametate, S/N  
Col. La Morita  
C.P. 92100  
Tantoyuca, Veracruz, México.  
Teléfono: 789 8931680, Ext.196.

Correo electrónico:  
[revistadigital@itsta.edu.mx](mailto:revistadigital@itsta.edu.mx)

Sitio WEB  
<https://itsta.edu.mx/revistadigital>

ISSN 2448-8003  
Reserva de derechos al uso exclusivo  
No. 04-2016-092313253300-203

Editor responsable:  
**Dr. Horacio Bautista Santos**

**Copyright:** Este artículo es de acceso  
abierto distribuido bajo los términos y  
condiciones de la licencia Creative  
Commons  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

**Resumen:** El frijol caupí (*Vigna unguiculata*) es un cultivo importante en varias regiones del mundo ya que es una fuente de proteína dietética; sin embargo, en México es muy poco aprovechado a pesar de ser altamente versátil, por lo que no ha alcanzado su máximo potencial en términos agronómicos, ni en la industria alimentaria. Esta investigación se centró en la obtención de aislados proteicos mediante precipitación isoeléctrica a partir de harinas de semillas de una variedad regional del municipio de Guasave, Sinaloa. Se evaluaron sus propiedades fisicoquímicas por triplicado en un diseño completamente al azar, aplicándose un análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias con la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). Tanto los aislados de caupí como el comparativo comercial de soya presentaron características de color similares a las presentadas por los de otras leguminosas. En su composición química, no hubo diferencia significativa en el contenido de cenizas y lípidos. El contenido de proteína fluctuó de 92.2 a 94.3 %, comparable a lo reportado para aislados obtenidos de otras variedades del mismo material. Molecularmente presentaron patrones de bandas similares para fracciones de globulinas alrededor de los 48, 52, 58 y 63 kDa; algunas de estas indicativas de proteínas del tipo vicilina, que pudieran generar propiedades funcionales interesantes como la solubilidad, actividad emulsionante y capacidad espumante. Con base a lo anterior, se tiene que esta variedad regional presenta el potencial para generar aislados proteicos que pudieran ser de interés en la industria alimentaria.

**Palabras clave:** *Vigna unguiculata*, caupí, aislado proteico, variedad local.

## Abstract

Cowpea (*Vigna unguiculata*) is an important crop in several global regions, recognized as a valuable source of dietary protein. Nevertheless, in Mexico, it remains largely underutilized, despite its considerable versatility, thereby limiting its full agronomic potential and its application within the food industry. This study aimed to obtain protein isolates from seed flour of a local cowpea variety from Guasave, Sinaloa, employing isoelectric precipitation. Physicochemical characterization of the isolates was conducted in triplicate using a completely randomized design. Statistical analysis included analysis of variance (ANOVA) and mean comparisons using Tukey's test ( $\alpha = 0.05$ ). The colorimetric properties of the cowpea protein isolates were comparable to those of commercial soybean protein, aligning with the color profile typically observed in legume-based proteins. Chemical composition analysis revealed no significant differences in ash and fat content between the cowpea isolates and the reference. Protein content ranged from 92.2% to 94.3%, values consistent with those previously reported for protein isolates from other cowpea varieties. Molecular profiling exhibited similar banding patterns in the globulin fractions, particularly at approximately 48, 52, 58, and 63 kDa. These bands are indicative of vicilin-like storage proteins, which may confer favorable functional properties such as solubility, emulsifying activity, and foaming capacity. Based on these findings, the local cowpea variety from Guasave exhibits promising potential for the development of protein isolates suitable for use in the food industry.

**Keywords:** *Vigna unguiculata*, cowpea, protein isolate, local variety.

## Introducción

El frijol caupí (*Vigna unguiculata* L.) es una leguminosa que contribuye a la seguridad alimentaria y la salud de la población en varias partes del mundo, debido a sus cualidades nutricionales y nutracéuticas (Abebe & Alemayehu, 2022; Chauke & Kritzinger, 2020). Su adaptabilidad a condiciones de sequía y su capacidad para prosperar en suelos de baja fertilidad lo convierten en un cultivo estratégico en zonas áridas y semiáridas (Melo et al., 2022; Tzanova et al., 2023). Este cultivo se desarrolla principalmente en África, pero también en América, Asia y en el sur y sureste de Europa. A nivel mundial, se cultiva una superficie de aproximadamente 10.5 millones de hectáreas, con una producción de alrededor de 5.0

millones de toneladas (FAO, 2011). En México, particularmente en el estado de Sinaloa, donde la agricultura representa una de las principales actividades económicas generadoras de ingresos, el valor de mercado de las leguminosas alcanzó en 2020 un total de 4,379 millones de pesos, lo que subraya el potencial económico de estos cultivos en la región (Báez-Hernández et al., 2024). Las semillas de esta leguminosa representan una fuente importante de proteína y carbohidratos; sus vainas y hojas pequeñas pueden aprovecharse como verduras (Sardar et al., 2024), y las partes secas de la planta se pueden emplear como alimento para rumiantes (Antova et al., 2014). Se han aislado numerosos compuestos de diversas partes de la planta, incluidos flavonoides, esteroides, alcaloides, compuestos fenólicos, saponinas, ácidos grasos, taninos, vitaminas, aminoácidos, carotenoides y fibra, que poseen un fuerte potencial farmacológico y fitoquímico (Sardar et al., 2024). En especial, los aislados e hidrolizados proteicos de caupí presentan actividad antioxidante (Thumbrain et al., 2020). Actualmente, la soya continúa siendo la principal fuente de proteína vegetal. No obstante, la creciente demanda por insumos alimentarios más sostenible y funcionales ha motivado la exploración de nuevas fuentes que permitan el reemplazo de las proteínas de origen animal (Wintersohle et al., 2023). En este contexto, diversas investigaciones han señalado que harinas elaboradas a partir del grano de distintas variedades de frijol caupí presentan un alto contenido proteico, posicionándolas como una alternativa atractiva, ya que su producción resulta más económica, demandando menos recursos como energía, tierra y agua, además de ofrecer potenciales beneficios ecológicos (Peyrano et al., 2016). En los últimos años, se ha observado un notable incremento en el uso de aislados proteicos, motivado por una mejor comprensión de sus propiedades funcionales (solubilidad, actividades emulsionantes y espumantes), así como sus ventajas en términos de procesamiento y valor nutricional (Rangel et al., 2004). En el contexto de nuestro país, el frijol caupí se clasifica como “un cultivo huérfano”, categoría que agrupa a especies subutilizadas con potencial limitado por la falta de mejoramiento genético e inversión en investigación, por lo que, la conservación y aprovechamiento de sus variedades locales resulta fundamental para la preservación de la biodiversidad agrícola y el fortalecimiento de sistemas alimentarios sostenibles (Morales-Morales, 2023). Por lo anterior, y con el objetivo de caracterizar las variedades cultivadas en el municipio de Guasave, Sinaloa, así como explorar estrategias para darles un valor agregado; este estudio se centró en la obtención de

aislados proteicos mediante la precipitación isoelectrica de harina de semillas de frijol caupí, así como, la evaluación de sus propiedades químicas y caracterización molecular, generando las bases para futuros estudios sobre su funcionalidad y sus posibles aplicaciones como ingredientes en la industria alimentaria.

## **Materiales y métodos**

### ***Ubicación y manejo del cultivo.***

El estudio se llevó a cabo en el campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave, Sinaloa, localizado a 25°31'33" N y -108°22'45" E y una altitud de 15 m, en el ciclo otoño-invierno 2023 en condiciones de riego, con un suelo de clase textural arcilla migajosa, bajo contenido de materia orgánica (1.48 %), pH alcalino (8.1) y una salinidad (conductividad eléctrica) de 1.69 dS m<sup>-1</sup>. Se usó una variedad regional de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L.) de hábito de crecimiento indeterminado. Se realizó la preparación del terreno y surcado, cumpliendo las funciones de labranza primaria. La siembra fue manual, se regó y se aplicó fertilización de fondo, distribuida en tres aplicaciones. Se dieron más riegos a los 40 días al inicio de floración, el segundo a los 65 días para la formación de vainas y llenado de grano, los riegos continuaron hasta que se dejó de cosechar. La siembra se realizó en surcos de separación a hilera sencilla, con una densidad de siembra de 4 semillas por metro lineal, con el uso de maya y tutores para que creciera sobre ella. Para el control de trips y enfermedades se realizó una aplicación de MALATION 1000® (1 L ha<sup>-1</sup>) a los 10 días, SPINTOR 12 SC® (400 mL ha<sup>-1</sup>) a los 20 días, KOMPRESSOR® (250 mL ha<sup>-1</sup>) y CARBENDAZIM 500® a los 30 dds, posteriormente se aplicó BENHUR® (200 g ha<sup>-1</sup>) a los 70 dds. Para el control de plantas herbáceas que no fueron de interés se usó el herbicida Flex® (0.75 L ha<sup>-1</sup>). La cosecha se realizó de manera manual a los 70 días después de la siembra y las semillas secas fueron separadas visualmente por color (blanca, roja y café) y se almacenaron en bolsas de polietileno (25-29°C) para protegerlas de la luz y la humedad.

### ***Preparación de harinas y obtención de aislados***

Las semillas se descascararon manualmente, se molieron para pasar a través de una malla 35 (0.5mm). Las harinas se desgrasaron con hexano (harina:hexano; 1:6, p/v) a 60 °C durante 6 h y se secaron al aire durante la noche bajo una campana extractora. Las harinas

desgrasadas se guardaron en bolsas negras de polietileno para protegerlas de la luz y la humedad.

### ***Preparación del aislado de proteico mediante precipitación isoeléctrica.***

Los aislados proteicos se prepararon siguiendo el método descrito por (Khalid & Elhardallou, 2013) con modificaciones. Las harinas desgrasadas se dispersaron en agua destilada en una proporción de 1:5 (p/v) y las suspensiones se ajustaron a pH 9.0 usando NaOH 1.0 N. Las mezclas se agitaron a temperatura ambiente durante una hora y se centrifugaron a 3000 g/30 min a 20 °C.

Los sobrenadantes se ajustaron a pH 4.0 usando HCl 1.0 N y se agitaron a temperatura ambiente durante 20 min y se centrifugaron a 3000 g/30 min a 5 °C. Luego los precipitados se lavaron dos veces con agua desionizada a pH 4.0 y nuevamente se centrifugaron bajo las mismas condiciones, para finalmente neutralizarse a pH 7.0, usando NaOH 1.0 N.

Los aislados se dejaron durante la noche en refrigeración (5 °C), se liofilizaron, se molieron hasta convertirlos en polvo usando un mortero de cerámica y se almacenaron en desecador a temperatura ambiente hasta su análisis. Los aislados proteicos de caupí blanco rojo y café se denominaron APCB, APCR y APCC, respectivamente. Como referencia se utilizó un aislado comercial de proteína de soya (APS; Cat. No. YX2000N, América Alimentos, Jalisco, México).

### ***Propiedades fisicoquímicas***

*Determinación de color.* El color de los aislados se determinó utilizando un colorímetro de reflexión tricromático Konica Minolta CR- 400/410 con el software Spectra Magic NX 2 (Konica Minolta Sensing INC., Osaka, Japón). Los resultados se expresaron de acuerdo con el sistema CIE L\*a\*b\* (iluminante D65 y ángulo de visión de 10°). Las mediciones se realizaron con un diafragma de 8 mm de diámetro con vidrio óptico acoplado a un accesorio para grano CR-A50. Antes de las mediciones, el equipo se calibró utilizando una placa blanca estándar. Se midieron los parámetros de color, es decir, el brillo L\* (de 0-negro a 100-blanco), a\* (de -50-verde a 50-rojo), b\* (de -50-azul a 50-amarillo).

*Composición química.* Con base en los métodos de la AOAC (2005), se determinó el contenido de humedad de los aislados mediante secado (925.10) hasta que se observó un peso consistente. El contenido de proteína cruda se determinó mediante el método Kjeldahl (979.09), que incluye pasos de digestión, destilación y titulación; se usó el factor 6.25. Para

el análisis del contenido de grasa, se utilizó el método de extracción Soxhlet (920.39), seguido de los pasos posteriores de secado y pesaje. El contenido total de cenizas se determinó mediante el uso del método 923.03 que implica quemar la muestra y calcular el peso del crisol incinerado. El contenido total de carbohidratos se determinó mediante el método de diferencia, que implica restar la suma de los porcentajes de humedad, cenizas, grasa y componentes proteicos del 100 %.

### ***Caracterización molecular***

*Electroforesis en gel (SDS-PAGE)*. La electroforesis en gel de poliacrilamida con dodecil sulfato de sodio (SDS-PAGE) se llevó a cabo según el método descrito por Laemmli (1970) utilizando una unidad de electroforesis Mini-Protean® Tetra Cell (Bio-Rad). Las proteínas se analizaron en un gel prefabricado Mini-Protean® TGX™ al 12 %. El tampón de migración contenía 25 mM de Tris, 192 mM de glicina y 0.1 % de SDS (pH 8.3). Los aislados se diluyeron (X2) con H<sub>2</sub>O destilada y luego se dispersaron en un volumen igual de tampón de muestra (31.5 mM de Tris-HCl, pH 6.8, 10 % de glicerol, 1 % de SDS, 0.005 % de azul de bromofenol). Las muestras se desnaturalizaron por calor a 100 °C durante 2 min y se cargaron 15 µL de cada muestra en el gel. La SDS-PAGE (condiciones no reductoras) se realizó sin la adición de 2-mercaptoetanol (50 µL/mL). Para determinar los pesos moleculares aproximados, se usó un estándar de amplio rango 10-250 kDa (Precision Plus Protein™). La migración electroforética se realizó a 40 mA (constante) durante 45 min. El gel se tiñó con solución de tinción Coomassie Brilliant Blue R-250 durante 1 h con agitación suave y se destiñó hasta que el fondo no fue visible. El gel se foto documentó en un sistema Gel Doc XR+ y se analizó utilizando el software Image Lab™ 5.1 (Bio-Rad).

### ***Análisis estadístico***

Se utilizó un diseño completamente al azar. Todos los análisis se realizaron por triplicado y se expresaron como valores medios  $\pm$  desviación estándar (DE). Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA). Se aplicó un nivel de confianza del 95 %. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de diferencia menos significativa (Tukey;  $\alpha = 0.05$ ). Los análisis se realizaron con el software Statgraphics Centurion 19 (Statgraphics Technologies, Inc. 2020).

## Resultados y discusión

### Características de color

Los aislados proteicos presentaron diferencias significativas en cuanto a las características de color (Tabla 1). Un valor  $a^*$  más alto y un valor  $b^*$  más bajo para el APCC indicaron que era más rojizo y menos amarillento que APCB y APCR, mientras que un valor menor  $L^*$  indica ser más oscuro. Las diferencias en las propiedades de color de los aislados proteicos podrían deberse a la presencia de diferentes tipos y concentraciones de los componentes colorantes, como los polifenoles en las harinas, que podrían haber interactuado con las proteínas siendo extraídos junto con ellas (Xu & Diosady, 2000). Diversos concentrados de leguminosas han presentado valores  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  en el rango de 59.4 a 88.4, -6.6 a 11.5 y 14.5 a 36.9, respectivamente (Toews & Wang, 2013); en este caso, con excepción de ACPR, los valores registrados de  $L^*$  se encontraron dentro de lo reportado, mientras que APCC fue el único que presentó un valor de  $b^*$  por debajo.

**Tabla 1. Color de aislados proteicos de semillas\* de frijol caupí**

Parámetro	APCB	APCR	APCC	APS
$L^*$	$79.4 \pm 0.6^c$	$64.3 \pm 0.3^b$	$48.3 \pm 0.5^a$	$85.0 \pm 0.2^d$
$a^*$	$2.7 \pm 0.2^a$	$8.2 \pm 0.1^c$	$9.1 \pm 0.3^d$	$5.2 \pm 0.1^b$
$b^*$	$22.9 \pm 0.8^d$	$16.6 \pm 0.2^b$	$13.3 \pm 0.2^a$	$19.8 \pm 0.5^c$

\*Semillas sin testa y desengrasadas. APCB: aislado proteico color blanco; APCR: aislado proteico color rojo; APCC: aislado proteico color café; APS: aislado proteico de soya. Las medias con el mismo superíndice en una fila no difirieron significativamente (Tukey;  $\alpha = 0.05$ ).

### Composición química

La composición proximal de los aislados proteicos se presentan en la Tabla 2. Tanto el contenido de cenizas como el de lípidos no presentaron diferencias significativas, oscilando entre 0.75-1.18 % y 0.82-1.15 %, respectivamente. Los valores para las cenizas fueron menores a los reportados por Khalid and Elhardallou (2013) para aislados de caupí (*Vigna Ungiculata* L. Walp) obtenidos por precipitación isoeléctrica. Estos valores también son menores a lo descrito para aislados de garbanzo que rondan el 2.9 % (Sánchez-Vioque et al., 1999), pero fue superior al de concentrados de semillas de lupino (*Lupinus angustifolius* L.) con un 0.71 % (Sathe et al., 1982). En cuanto a los lípidos, aunque las harinas se desgrasaron con hexano, estos no se eliminaron por completo y una parte permaneció en las aislados (0.82-1.15 %). Estos lípidos, principalmente de naturaleza polar, interactuaron con las proteínas. El contenido de proteína de los aislados de frijol estuvo en el rango de 92.2-93.1%, comparable a lo informado por (Mwasaru et al., 1999) y solamente los de caupí blanco

no mostraron diferencia con respecto al aislado de soya comercial, que mostró un valor similar a lo reportado por Soria-Hernández et al. (2020).

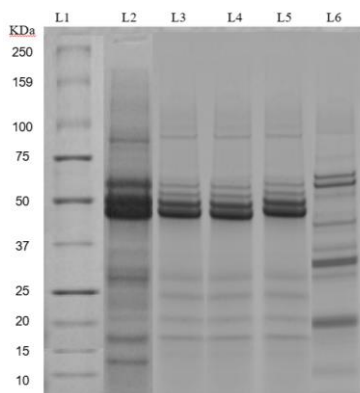
**Tabla 2. Composición química de aislados proteicos de semillas\* de frijol caupí**

Parámetro	APCB	APCR	APCC	APS
Humedad	5.4 ± 0.6 <sup>b</sup>	5.1 ± 0.5 <sup>ab</sup>	5.3 ± 0.5 <sup>b</sup>	3.98 ± 0.3 <sup>a</sup>
Proteínas	92.8 ± 0.2 <sup>ab</sup>	93.1 ± 0.6 <sup>ab</sup>	92.2 ± 0.7 <sup>a</sup>	94.3 ± 0.9 <sup>b</sup>
Lípidos	1.15 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.92 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.82 ± 0.3 <sup>a</sup>	0.83 ± 0.2 <sup>a</sup>
Cenizas	0.75 ± 0.5 <sup>a</sup>	0.97 ± 0.3 <sup>a</sup>	1.68 ± 0.4 <sup>a</sup>	0.89 ± 0.3 <sup>a</sup>

\*Semillas sin testa y desengrasadas. APCB: aislado proteico color blanco; APCR: aislado proteico color rojo; APCC: aislado proteico color café; APS: aislado proteico de soya. Las medias con el mismo superíndice en una fila no difirieron significativamente (Tukey;  $\alpha = 0.05$ ).

### *Caracterización molecular*

El análisis SDS-PAGE identificó los componentes proteicos predominantes de los aislados (figura 1), los cuales presentaron patrones electroforéticos similares; lo que indica que aún con la presencia de otras moléculas, como pudieran ser los polifenoles, no hay modificación en su composición polipeptídica.



**Figura 1. Patrones electroforéticos de aislados proteicos de frijol caupí.**

L1. Marcador molecular, L2. Harina: semilla blanca sin testa desengrasada, L3. APCB: aislado proteico color blanco, L4. APCR: aislado proteico color rojo, L5. APCC: aislado proteico color café, L6. APS: aislado proteico de soya.

Se mostraron al menos nueve bandas, las más prominentes con un peso molecular que varía de 44 a 63 kDa. Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Vasconcelos et al. (2010), quienes encontraron patrones de bandas similares para fracciones de globulinas obtenidas de cultivares de caupí de alto rendimiento, alrededor de los 48, 52, 58 y 63 kDa. La banda significativa observada a 48 kDa es indicativa de proteínas similares a la vicilina,

conocidas por su capacidad para formar geles fuertes, por lo que su presencia sugiere que estos aislados pudieran poseer esta propiedad. Las proteínas de esta variedad regional de caupí presentaron tamaños moleculares similares a los de otras leguminosas, como el frijol blanco y riñón (*Phaseolus vulgaris*), cuyas bandas principales van de 43 a 47 kDa y bandas menores de 26 a 28 kDa; o el garbanzo (*Cicer arietinum*) con tamaños moleculares de 16.6 a 66.4 kDa (Kohnhorst et al., 1990; Paredes-López et al., 1991). Por su parte el aislado de soya presentó bandas relacionadas a las subunidades de  $\beta$ -conglucina y glicina indicando una composición proteica variada.

En general los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado para aislados proteicos de fuentes similares; sin embargo, el valor de estos aislados como ingredientes en productos alimenticios estará determinado por sus características y propiedades funcionales; ya que para introducir con éxito un nuevo suplemento en cualquier alimento, es imprescindible averiguar si posee las propiedades adecuadas y la aceptabilidad del consumidor. Estas propiedades son las características fisicoquímicas intrínsecas que pueden afectar el comportamiento del sistema alimentario durante el procesamiento, almacenamiento y consumo. Para poder cumplir con esto se continuará trabajando en la determinación de la solubilidad, absorción de agua y aceite, actividad emulsionante y capacidad espumante.

## **Conclusiones**

Tanto los aislados de caupí como el comparativo comercial de soya presentaron características de color similares a las presentadas por los de otras leguminosas. En su composición química, no hubo diferencia significativa en el contenido de cenizas y lípidos. El contenido de proteína fluctuó de 92.2 a 94.3 % comparable a lo reportado para aislados obtenidos de otras variedades del mismo material. Molecularmente presentaron patrones de bandas similares para fracciones de globulinas alrededor de los 48, 52, 58 y 63 kDa; algunas de estas indicativas de proteínas del tipo vicilina, que pudieran generar propiedades interesantes en la industria alimentaria como la solubilidad, actividad emulsionante y capacidad espumante, por lo que es importante realizar las pruebas funcionales que permitan corroborarlo.

## Agradecimientos

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México el financiamiento de este proyecto a través de la convocatoria de Proyectos de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación.

## Referencias bibliográficas

- Abebe, B. K., & Alemayehu, M. T. (2022). A review of the nutritional use of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) for human and animal diets. *Journal of Agriculture and Food Research*, *10*, 100383. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100383>
- Antova, G. A., Stoilova, T. D., & Ivanova, M. M. (2014). Proximate and lipid composition of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) cultivated in Bulgaria. *Journal of Food Composition and Analysis*, *33*(2), 146-152. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.12.005>
- AOAC. (2005). Official methods of analysis of AOAC International. *18th ed.*(Gaithersburg, MD: AOAC International).
- Báez-Hernández, G. E., Alzate-Espinoza, J. H., López-Gaxiola, J., & Saucedo-López, E. E. (2024). Calidad y sostenibilidad en proceso de empaque de grano de garbanzo en comercializadora de granos. *Revista Interdisciplinaria de Ingeniería Sustentable y Desarrollo Social*, *10*(1), 292-306. <https://doi.org/10.63728/riisds.v10i1.48>
- Chauke, S. H., & Kritzinger, Q. (2020). Chapter 44 - *Vigna unguiculata*. In N. Lall (Ed.), *Underexplored Medicinal Plants from Sub-Saharan Africa* (pp. 287-293). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816814-1.00044-2>
- FAO. ( 2011). *Year Book Production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. <http://www.faostat.fao.org/>
- Khalid, I., & Elhardallou, S. (2013). Functional Properties of Cowpea (*Vigna Ungiculata* L.Walp), and Lupin (*Lupinus Termis*) Flour and Protein Isolates. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, *03*. <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000234>
- Kohnhorst, A. L., Smith, D. M., Uebersax, M. A., & Bennink, M. R. (1990). Compositional, nutritional and funcional properties of meals, flours and concentrates from navy and kidney beans (*Phaseolus vulgaris*) *Journal of food quality*, *13*(6), 435-446.
- Laemmli, U. K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, *227*(5259), 680-685. <https://doi.org/10.1038/227680a0>

- Melo, A., Melo, Y., Lacerda, C., Almeida Viégas, P., Ferraz, R., & Gheyi, H. (2022). Water restriction in cowpea plants [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]: Metabolic changes and tolerance induction 1. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 26, 90-197. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n3p190-197>
- Morales-Morales, A. E., Márquez-Quiroz, César, López-Espinosa, Sayani Teresa. (2023). Frijol x'pelón: un tesoro en el mundo de los cultivos huérfanos. *Desde el Herbario CICY(15)*, 217-223. [http://www.cicy.mx/sitios/desde\\_herbario/](http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/)
- Mwasaru, M. A., Muhammad, K., Bakar, J., & Man, Y. B. C. (1999). Effects of isolation technique and conditions on the extractability, physicochemical and functional properties of pigeonpea (*Cajanus cajan*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) protein isolates. I. Physicochemical properties. *Food Chemistry*, 67(4), 435-443. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00150-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00150-8)
- Paredes-López, O., Ordorica-Falomir, C., & Olivares-Vázquez, M. (1991). Chickpea protein isolates: physicochemical, functional and nutritional characterization. *Journal of Food Science*, 56(3), 726-729.
- Peyrano, F., Speroni, F., & Avanza, M. V. (2016). Physicochemical and functional properties of cowpea protein isolates treated with temperature or high hydrostatic pressure. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 33, 38-46. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.10.014>
- Rangel, A., Saraiva, K., Schwengber, P. c., Narciso, M. S., Domont, G. B., Ferreira, S. T., & Pedrosa, C. (2004). Biological evaluation of a protein isolate from cowpea (*Vigna unguiculata*) seeds. *Food Chemistry*, 87(4), 491-499. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.12.023>
- Sánchez-Vioque, R., Clemente, A., Vioque, J., Bautista, J., & Millán, F. (1999). Protein isolates from chickpea (*Cicer arietinum* L.): chemical composition, functional properties and protein characterization. *Food Chemistry*, 64(2), 237-243. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00133-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00133-2)
- Sardar, H., Hadi, F., Alam, W., Halawani, I. F., Alzahrani, F. M., Saleem, R. A., Cerqua, I., Khan, H., & Capasso, R. (2024). Unveiling the therapeutic and nutritious potential of *Vigna unguiculata* in line with its phytochemistry. *Heliyon*, 10(18), e37911. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37911>

- Sathe, S., Deshpande, S., & Salunkhe, K. (1982). Functional properties of lupin seed (*Lupinus mutabilis*) proteins and protein concentrates. *J. Food Sci.*, 47.
- Soria-Hernández, C. G., Serna-Saldívar, S. O., & Chuck-Hernández, C. (2020). Comparison of Physicochemical, Functional and Nutritional Properties between Proteins of Soybean and a Novel Mixture of Soybean-Maize. *Applied Sciences*, 10(19), 6998. <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/19/6998>
- Thumbrain, D., Dwarka, D., Gerrano, A. S., & Mellem, J. J. (2020). Antioxidant and apoptotic potential of protein isolates derived from *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(7), 2813-2823. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ijfs.14535>
- Toews, R., & Wang, N. (2013). Physicochemical and functional properties of protein concentrates from pulses. *Food Research International*, 52(2), 445-451. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.12.009>
- Tzanova, M. T., Stoilova, T. D., Todorova, M. H., Memdueva, N. Y., Gerdzhikova, M. A., & Grozeva, N. H. (2023). Antioxidant Potentials of Different Genotypes of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) Cultivated in Bulgaria, Southern Europe. *Agronomy*, 13(7), 1684. <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/7/1684>
- Vasconcelos, I. M., Maia, F. M. M., Farias, D. F., Campello, C. C., Carvalho, A. F. U., de Azevedo Moreira, R., & de Oliveira, J. T. A. (2010). Protein fractions, amino acid composition and antinutritional constituents of high-yielding cowpea cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(1), 54-60. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.05.008>
- Wintersohle, C., Kracke, I., Ignatzy, L. M., Eitzbach, L., & Schweiggert-Weisz, U. (2023). Physicochemical and chemical properties of mung bean protein isolate affected by the isolation procedure. *Current Research in Food Science*, 7, 100582. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100582>
- Xu, L., & Diosady, L. L. (2000). Interactions between canola proteins and phenolic compounds in aqueous media. *Food Research International*, 33(9), 725-731. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00062-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00062-4)