

Germinación: un método de bioproceso que incrementa la calidad nutricional, biológica y funcional de harinas de leguminosas

Germination: a bioprocessing method that improves the nutritional, biological and functional quality of legume flours

C. B. Muñoz-Llandes ^{a,b}, F. A. Guzmán-Ortiz ^{c*}, L. G. González-Olivares ^a, H. M. Palma-Rodríguez ^b,
A. D. Román-Gutiérrez ^b, J. Castro-Rosas ^b

^a Área Académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

^b Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Rancho Universitario, 43600, Tulancingo de Bravo Hidalgo, México.

^c CONACYT-Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera Pachuca-Tulancingo km 4.5, Ciudad del conocimiento, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

Resumen

La germinación de semillas de leguminosas es una técnica eficaz, rápida y económica que permite mejorar la calidad nutricional de las harinas obtenidas a partir de las mismas, se ha demostrado un aumento en la concentración de nutrientes, como proteínas, fibra y vitaminas. También se ha evidenciado una disminución de compuestos anti nutricionales como ácido fítico, lectinas, saponinas, alcaloides entre otros. Además, se ha reportado una mejora en la funcionalidad biológica, debido a la generación de péptidos de bajo peso molecular, con efecto antioxidante, antiinflamatorio, antidiabético, antiadipogénico, antimicrobiano e incluso anticancerígeno. De la misma forma se mejoran propiedades tecnofuncionales de las harinas (absorción de agua y aceite, propiedades de emulsificación y formación de espuma, densidad aparente, etc.) lo que las convierte en un ingrediente de interés para la industria alimentaria, potencializando su aplicación en el desarrollo de alimentos funcionales con beneficios a la salud humana.

Palabras Clave:

Germinación, Leguminosas, Calidad nutricional, Propiedades funcionales

Abstract

The germination of legume seeds is an effective, fast and economical technique that allows to improve the nutritional quality of the flours obtained from them, it has an increase in the concentration of nutrients, such as proteins, fiber and vitamins, it has also been evidenced a decrease in anti-nutritional compounds such as phytic acid, lectins, saponins, alkaloids, among others. An improvement in biological functionality has also been reported, due to the generation of low molecular weight peptides, with an anti-inflammatory, antidiabetic, antiadipogenic, antimicrobial and even anticancer effect. In the same way, the techno functional properties of flours are improved. (absorption of water and oil, emulsification and foam formation properties, bulk density, etc.) is achieved, making conversions an ingredient of interest to the food industry, enhancing their application in the development of functional foods with benefits to human health.

Keywords:

Germination, Legumes, Nutritional quality, Functional properties

1. Introducción

Las leguminosas son altamente consumidas en el mundo debido a su elevado aporte proteico, sin embargo, su calidad nutricional se encuentra limitada por una baja disponibilidad y digestibilidad de nutrientes, así como la presencia de compuestos antinutricionales, es por eso el interés en encontrar técnicas como la germinación, que mejoren dichas limitaciones para potenciar su

aprovechamiento (Ghorphade and Kadam, 1989; Urbano *et al.*, 2005; Vidal-Valverde *et al.*, 2002). La germinación es la reanudación del ciclo de vida, donde la semilla bajo condiciones óptimas de humedad, tiempo y temperatura se convierte en plántula (Sangronis and Machado, 2007). Este proceso biológico comienza con la absorción de agua por la semilla, iniciando una serie de eventos metabólicos complejos; dicho método se ha utilizado para obtener harinas con características mejoradas en

*Autor para la correspondencia: fabiguzman01@yahoo.com.mx

Correo electrónico: cirobaruchs_27@hotmail.com (Ciro Baruchs Muñoz-Llandes), fabiguzman01@yahoo.com.mx (Fabiola Araceli Guzmán-Ortiz), lgonzalez@uaeh.edu.mx (Luis Guillermo González-Olivares), palma.heidi@gmail.com (Heidi María Palma-Rodríguez), aroman@uaeh.edu.mx (Alma Delia Román-Gutiérrez), jcastro@uaeh.edu.mx (Javier Castro-Rosas)

comparación a las obtenidas de semillas sin germinar, dicho efecto se ha estudiado en harinas obtenidas de semillas de leguminosas convencionales como haba, garbanzo, frijol, lenteja soya, lupinus etc., (Masood *et al.*, 2014; Ghavidel and Prakash, 2007; Fouad and Rehab, 2015; Mostafa *et al.*, 1987).

2. Incremento de la calidad nutricional

La germinación mejora la calidad nutricional de las harinas obtenidas a partir de leguminosas, sin embargo, el incremento o decremento de biomoléculas y compuestos nutricionales, dependerá del tipo de leguminosa tratada, así como de las condiciones de germinación principalmente tiempo y temperatura (Sangronis and Machado, 2007; Sibian *et al.*, 2017).

La germinación aumenta la digestibilidad de proteínas y carbohidratos, el contenido de vitaminas del complejo B, fibra dietaria y minerales, la biodisponibilidad de aminoácidos, además reduce factores anti nutricionales (saponinas, alcaloides, polifenoles, alfa galactósidos, fitatos e inhibidores de tripsina) (Mbithi *et al.*, 2001; Kaushal *et al.*, 2012). El remojo de la semilla previo al proceso de germinación, también tiene un efecto sobre la reducción de sustancias no nutritivas (Mbithi *et al.*, 2001).

Reducir de manera parcial o total los compuestos antinutricionales de semillas de leguminosas es de vital importancia, debido a la interacción que tienen con otros nutrientes impidiendo así su aprovechamiento. Aguilera *et al.*, (2013) reportaron una disminución de lectinas cuando germinaron frijol durante 5 días hasta alcanzar una concentración de 2.5 mg / 100 g, mejorando el valor biológico y nutricional del frijol debido a que las lectinas son glucoproteínas que interactúan con carbohidratos formando aglutinaciones y por lo tanto impiden su absorción al cruzar el tracto gastrointestinal. Benítez *et al.*, (2013) analizaron harinas de soja germinada y no germinada para cuantificar los fosfatos de inositol, demostrando que la germinación afecta positivamente el factor antinutricional, logrando una reducción en la concentración del 70%. En consecuencia, se elimina la capacidad quelante de los fitatos y el resto de los nutrientes tienen un mejor aprovechamiento.

Estudios similares han demostrado que los inhibidores de la tripsina del frijol se reducen en un 27 y 84% después de 2 y 3 días de germinación respectivamente (Hobday *et al.*, 1973). En lentejas, se ha reportado reducciones entre 21 y 54 % después de 4 y 6 días de germinación, respectivamente (El-Mahdy *et al.*, 1985). Esto es probable porque los inhibidores se utilizan como fuente de energía para el desarrollo de las plántulas (Vidal-Valverde and Frias 1992). Por otra parte, los porcentajes de reducción reportados para garbanzo germinado durante 3–6 días son 24–83% respectivamente (Guardado-Félix *et al.*, 2017) y en soja, 17–23% de reducción de inhibidores de tripsina también se ha reportado en los mismos días de germinación (Warle *et al.*, 2015). La reducción de compuestos antinutricionales de las legumbres podría atribuirse a la movilización y activación enzimática, así como a la degradación de proteínas, incluidos los inhibidores de la tripsina, durante la germinación de la semilla (Benítez *et al.*, 2013).

3. Generación de compuestos con actividad biológica

Durante la germinación, se genera una proteólisis catalizada por las endopeptidasas presentes en los cuerpos proteicos

promoviendo la degradación de las proteínas de almacenamiento (Hobday *et al.*, 1973; El-Mahdy *et al.*, 1985). Esto implica que a partir de las proteínas de almacenamiento se generan fracciones peptídicas de menor peso molecular, estos péptidos pueden tener propiedades fisiológicas específicas con potenciales beneficios para la salud, denominados péptidos bioactivos (Vidal-Valverde and Frias 1992). De tal manera que la germinación podría mejorar las propiedades nutricionales y nutraceuticas de las leguminosas al modificar el contenido de los diferentes metabolitos y, en particular, generando péptidos y aminoácidos con posible actividad biológica (Frias *et al.*, 1995).

Vernaza *et al.*, (2012) reportaron un aumento significativo ($p < 0.05$) en la capacidad antioxidante en harinas obtenidas a partir de soya geminada durante 72 h a 26°C en comparación a la harina de semillas no germinadas. También se ha reportado que el proceso de germinación de frijol común influye positivamente en la generación de péptidos bioactivos, con potentes propiedades antioxidantes capaces de inhibir la degeneración oxidativa causada por los radicales peróxido, que desencadenan varias enfermedades, incluidas las enfermedades cardiovasculares y la diabetes (El-Mahdy *et al.*, 1985; Satyanarayana *et al.*, 2011).

De Souza Rocha *et al.*, (2014) reportaron la generación de péptidos capaces de inhibir la expresión de genes involucrados en el desarrollo de diabetes tipo 2 a partir de semillas de frijol común (*P. vulgaris*) germinado durante 48 h a 25°C.

Por otra parte, González-Montoya *et al.*, (2018) comprobaron que péptidos de entre 5-10 kDa obtenidos a partir de soya germinada durante seis días son más efectivos para inhibir la proliferación de cáncer de colon. La apoptosis podría ser uno de los mecanismos de acción que explican el efecto anti proliferativo de los péptidos de soya germinados en líneas celulares de colon humano.

4. Incremento en la calidad tecnofuncional

Cuando se activan enzimas hidrolíticas por efecto de la germinación, comienza la desintegración de macromoléculas, principalmente proteínas y carbohidratos, modificando las propiedades tecnofuncionales de las harinas de manera directa (Megat-Rusydy *et al.*, 2011). Identificar y conocer las propiedades tecno-funcionales específicas de las harinas de leguminosas es esencial para determinar sus posibles usos como ingredientes alimentarios. Además, encontrar harinas con propiedades tecno funcionales ideales, a partir de leguminosas no convencionales es de interés para la industria alimentaria para desarrollar alimentos que no contengan proteínas alergénicas o bien sustituir las existentes (Kaur *et al.*, 2015).

Con el fin de incrementar el perfil nutricional de leguminosas, así como su consumo, investigadores realizan esfuerzos continuos que permitan utilizar dichos ingredientes modificados, sin embargo, es necesario conocer las propiedades tecnofuncionales y caracterizar las harinas obtenidas a partir de las mismas (Granito *et al.*, 2004). Se ha reportado que durante la germinación de leguminosas ocurren cambios importantes que afectan las propiedades tecnofuncionales, por ejemplo, la capacidad de absorción de agua se incrementa de manera positiva, y esto se debe a la desnaturalización de nutrientes como carbohidratos y proteínas, incrementando el número de moléculas que pueden interactuar con el agua disponible (Kaushal *et al.*, 2012; Lawal, 2004). Mayor capacidad de absorción de agua se ha reportado en harinas de leguminosas con mayor contenido proteico y esto se

debe a la propia capacidad de las proteínas de interactuar con el agua (Seena & Sridhar, 2005).

Por otro lado, la capacidad de absorción de aceite es también la función propia de las proteínas de interactuar con otros lípidos, sin embargo, dependerá del tipo de aminoácido presente en las moléculas de proteína y a los cambios generados por efecto de la germinación (Olelakan and Bose, 2010). Los aminoácidos hidrofóbicos tienden a absorber más aceite y, por lo tanto, conducen a una alta capacidad de absorción de aceite. El incremento o decremento general en el contenido proteico de las harinas durante la germinación puede causar la exposición de aminoácidos hidrofóbicos e hidrofílicos, que a su vez aumentan la capacidad de absorción de aceite y agua después de la germinación (Rangel et al., 2003; Robertson et al., 2000).

La germinación mejora las propiedades funcionales de las proteínas, reduciendo la tensión superficial entre la interfase agua y aire, mejorando así la capacidad de formación de espuma de las harinas resultantes. La capacidad emulsificante y la estabilidad de la emulsión formada, dependerá de la naturaleza anfífila de la proteína en la harina obtenida, así como de los cambios en la concentración de lípidos y proteínas durante la germinación ya que se trata de una interacción única entre lípido-proteína (Seena and Sridhar, 2005).

5. Conclusión

La germinación resulta ser un método de bioproceso capaz de mejorar la calidad nutricional y funcional de las harinas obtenidas a partir de leguminosas en comparación a las resultantes de leguminosas sin germinar, convirtiendo dicho proceso en una alternativa económica y eficaz para generar ingredientes modificados con potencial uso en el desarrollo e innovación de alimentos funcionales con múltiples beneficios a la salud humana. Además, el incremento en las propiedades tecnológicas funcionales podría permitir la optimización de tiempos y costos de producción a gran escala.

Referencias

- Aguilera, Y., Díaz, M. F., Jiménez, T., Benítez, V., Herrera, T., Cuadrado, C., Martín-Pedrosa, M., & Martín-Cabrejas, M. A. (2013). Changes in Nonnutritional Factors and Antioxidant Activity during Germination of Nonconventional Legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(34), 8120–8125. <https://doi.org/10.1021/jf4022652>
- Benítez, V., Cantera, S., Aguilera, Y., Mollá, E., Esteban, R. M., Díaz, M. F., & Martín-Cabrejas, M. A. (2013). Impact of germination on starch, dietary fiber and physicochemical properties in non-conventional legumes. *Food Research International*, 50(1), 64–69. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.044>
- De Souza Rocha, T., Hernandez, L. M. R., Mojica, L., Johnson, M. H., Chang, Y. K., & de Mejia, E. G. (2015). Germination of *Phaseolus vulgaris* and alkalase hydrolysis of its proteins produced bioactive peptides capable of improving markers related to type-2 diabetes in vitro. *Food Research International*, 76, 150–159. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.041>
- El-Mahdy, A. R., Moharram, Y. G., & Abou-Samaha, O. R. (1985). Influence of germination on the nutritional quality of lentil seeds. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 181(4), 318–320. <https://doi.org/10.1007/BF01043094>
- Fouad A. A., Rehab F. M. A. (2015). Effect of germination time on proximate analysis, bioactive compounds and antioxidant activity of lentil (*Lens culinaris Medik*) sprouts. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 14 (3), 233–246 <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2015.3.25>
- Frias, J., Diaz-Pollan, C., Hedley, C. L., & Vidal-Valverde, C. (1995). Evolution of trypsin inhibitor activity during germination of lentils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(8), 2231–2234. <https://doi.org/10.1021/jf00056a049>
- Ghavidel, R. A., & Prakash, J. (2007). The impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, in vitro iron and calcium bioavailability and in vitro starch and protein digestibility of some legume seeds. *LWT-Food Science and Technology*, 40(7), 1292–1299. 10.1016/j.lwt.2006.08.002
- Ghorphade, V. M., & Kadam, S. S. (1989). Germination. In D. K. Salunke & S. S. Kadam (Eds.). *CRC Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology and Utilization* (vol. III, pp. 165–176). Boca Raton, Florida: CRC Press, Inc.
- González-Montoya, M., Hernández-Ledesma, B., Silván, J. M., Mora-Escobedo, R., & Martínez-Villaluenga, C. (2018). Peptides derived from in vitro gastrointestinal digestion of germinated soybean proteins inhibit human colon cancer cells proliferation and inflammation. *Food chemistry*, 242, 75–82. 10.1016/j.foodchem.2017.09.035
- Granito, M., Guerra, M., Torres, A., & Guinand, J. (2004). Efecto del procesamiento sobre las propiedades funcionales de *Vigna Sinensis*. *Interciencia*, 29(9), 521–526.
- Guardado-Félix, D., Serna-Saldívar, S. O., Cuevas-Rodríguez, E. O., Jacobo-Velázquez, D. A., & Gutiérrez-Urbe, J. A. (2017). Effect of sodium selenite on isoflavonoid contents and antioxidant capacity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food chemistry*, 226, 69–74. 10.1016/j.foodchem.2017.01.046
- Hobday, S. M., Thurman, D. A., & Barber, D. J. (1973). Proteolytic and trypsin inhibitory activities in extracts of germinating *Pisum sativum* seeds. *Phytochemistry*, 12(5), 1041–1046. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(73\)85012-5](https://doi.org/10.1016/0031-9422(73)85012-5)
- Kaur, M., Sandhu, K. S., Ahlawat, R., & Sharma, S. (2015). In vitro starch digestibility, pasting and textural properties of mung bean: effect of different processing methods. *Journal of food science and technology*, 52(3), 1642–1648. 10.1007/s13197-013-1136-2
- Kaushal, P., Kumar, V., & Sharma, H. K. (2012). Comparative study of physicochemical, functional, antinutritional and pasting properties of taro (*Colocasia esculenta*), rice (*Oryza sativa*) flour, pigeonpea (*Cajanus cajan*) flour and their blends. *LWT-Food Science and Technology*, 48(1), 59–68. 10.1016/j.lwt.2012.02.028
- Lawal, O. S. (2004). Functionality of African locust bean (*Parkia biglobosa*) protein isolate: effects of pH, ionic strength and various protein concentrations. *Food Chemistry*, 86(3), 345–355. 10.1016/j.foodchem.2003.09.036
- Masood, T., Shah, H. U., & Zeb, A. (2014). Effect of sprouting time on proximate composition and ascorbic acid level of mung bean (*Vigna radiata* L.) and chickpea (*Cicer Arietinum* L.) seeds. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 24(3), 850–859.
- Mbithi, S., Van Camp, J., Rodriguez, R., & Huyghebaert, A. (2001). Effects of sprouting on nutrient and antinutrient composition of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* var. Rose coco). *European Food Research and Technology*, 212(2), 188–191. <https://doi.org/10.1007/s002170000200>
- Megat Rusydi, M. R., Noraliza, C. W., Azrina, A., & Zulkhairi, A. (2011). Nutritional changes in germinated legumes and rice varieties. *International Food Research Journal*, 18(2).
- Mostafa, M. M., Rahma, E. H., & Rady, A. H. (1987). Chemical and nutritional changes in soybean during germination. *Food Chemistry*, 23(4), 257–275. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(87\)90113-0](https://doi.org/10.1016/0308-8146(87)90113-0)
- Olelakan, A. J., & Bose, B. F. (2010). Comparative study on chemical composition and functional properties of three Nigerian legumes (jack beans, pigeon pea and cowpea). *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences*, 1(1), 89–95.
- Rangel, A., Domont, G. B., Pedrosa, C., & Ferreira, S. T. (2003). Functional properties of purified vicilins from cowpea (*Vigna unguiculata*) and pea (*Pisum sativum*) and cowpea protein isolate. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(19), 5792–5797. <https://doi.org/10.1021/jf0340052>
- Robertson, J. A., de Monredon, F. D., Dysseler, P., Guillon, F., Amado, R., & Thibault, J. F. (2000). Hydration properties of dietary fibre and resistant

- starch: A European collaborative study. *LWT-Food Science and Technology*, 33(2), 72-79. <https://doi.org/10.1006/fstl.1999.0595>
- Sangronis, E., & Machado, C. J. (2007). Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. *LWT-Food Science and Technology*, 40(1), 116-120. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.08.003>
- Sarmadi, B. H., & Ismail, A. (2010). Antioxidative peptides from food proteins: a review. *Peptides*, 31(10), 1949-1956. [10.1016/j.peptides.2010.06.020](https://doi.org/10.1016/j.peptides.2010.06.020)
- Satyanarayana, B., Devi, P. S., & Arundathi, A. (2011). Biochemical changes during seed germination of *Sterculia urens* Roxb. *Notulae Scientia Biologicae*, 3(3), 105-108. <https://doi.org/10.15835/nsb336116>
- Seenaa, S., & Sridhar, K. R. (2005). Physicochemical, functional and cooking properties of under explored legumes, *Canavalia* of the southwest coast of India. *Food Research International*, 38(7), 803-814. [10.1016/j.foodres.2005.02.007](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.02.007)
- Sibian, M. S., Saxena, D. C., & Riar, C. S. (2017). Effect of germination on chemical, functional and nutritional characteristics of wheat, brown rice and triticale: a comparative study. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(13), 4643-4651. [10.1002/jsfa.8336](https://doi.org/10.1002/jsfa.8336)
- Urbano, G., Lopez-Jurado, M., Frejnagel, S., Gómez-Villalva, E., Porres, J. M., Frias, J., et al. (2005). Nutritional assessment of raw and germinated pea (*Pisum sativum* L.) protein and carbohydrate by *in vitro* and *in vivo* techniques. *Nutrition*, 21, 230-239. [10.1016/j.nut.2004.04.025](https://doi.org/10.1016/j.nut.2004.04.025)
- Vernaza, M. G., Dia, V. P., de Mejia, E. G., & Chang, Y. K. (2012). Antioxidant and antiinflammatory properties of germinated and hydrolysed Brazilian soybean flours. *Food chemistry*, 134(4), 2217-2225. [10.1016/j.foodchem.2012.04.037](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.04.037)
- Vidal-Valverde, C., & Frias, J. (1992). Changes in carbohydrates during germination of lentils. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 194(5), 461-464. <https://doi.org/10.1007/BF01197729>
- Vidal-Valverde, C., Frías, J., Sierra, I., Blázquez, I., Lambein, F., & Kuo, Y.-H. (2002). New functional legume foods by germination: Effect on the nutritive value of beans, lentils and peas. *European Food Research and Technology*, 215, 472-477. [10.1007/s00217-002-0602-2](https://doi.org/10.1007/s00217-002-0602-2)
- Warle, B., Riar, C., Gaikwad, S., & Mane, V. (2015). Effect of germination on nutritional quality of soybean (*Glycine Max*). *Red*, 1(1.3). [10.9790/2402-09421215](https://doi.org/10.9790/2402-09421215)