

Importancia del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) como alimento funcional en la prevención y tratamiento de la anemia ferropénica.

Alexa Margarita Peña Borrayo¹, Sandra L. Castillo Hernández^{1*}, Eristeo García Márquez^{2*}, Juan Gabriel Báez González¹.

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Ciencia de Alimentos.

² Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ).

^{1*}sandra.castillohrn@uanl.edu.mx, ^{2*}egarcia@ciatej.mx

RESUMEN

La anemia por deficiencia de hierro es común a nivel mundial, se ha estimado que cerca de un 25% de la población la padece. El frijol (*Phaseolus vulgaris*) es una leguminosa ampliamente consumida a nivel nacional y, se considera un alimento funcional debido a que es una excelente fuente de nutrientes como proteína polisacáridos, minerales y ácido fólico. Además, ofrece múltiples beneficios a la salud por su contenido de compuestos bioactivos con efectos antioxidantes y antiinflamatorios. Aunque, el fitato puede inhibir la captación del hierro en el organismo. El frijol frecuentemente ha sido recomendado en la dieta para aliviar la anemia ferropénica. Nosotros analizamos varios aspectos de la importancia del frijol en la prevención de la anemia ferropénica y, que podría ser una fuente importante para solucionar este problema de salud.

Palabras clave: Anemia, Frijol común, Hierro.

ABSTRACT

Ferropenic anemia is the most widespread form of malnourishment in the world, affecting an estimated of 25% of the world population. The bean (*Phaseolus vulgaris*) is a widely consumed legume nationwide and is considered a functional food because it is an excellent source of nutrients such as protein, polysaccharides, minerals and vitamins. In addition, it offers multiple health benefits due to its content of antioxidant and anti-inflammatory compounds. Although, phytate can inhibit the uptake of iron in the body. Beans have often been recommended in the diet to alleviate iron deficiency anemia. We analyze several aspects of the importance of c bean in the prevention of iron deficiency anemia and that it could be an important source to solve this health problem.

Keywords: Anemia, Common Beans, Iron.

Área: Alimentos funcionales

Índice

Introducción.....	1
Principales causas de la anemia en México.....	1
Cualidades nutricias del frijol.....	2
Frijol como alimento funcional para mitigar y prevenir la anemia	3
Perspectivas.....	4
Conclusión.....	4
Bibliografía.....	5

INTRODUCCIÓN

La anemia es una afección en la que, el número de eritrocitos en sangre resulta insuficiente para satisfacer las necesidades de oxígeno en tejidos corporales. Aunque existen varias causas para este padecimiento, se estima que la deficiencia de hierro es la más común, afectando a aproximadamente un cuarto de la población mundial (Mantadakis et al., 2020; Villagómez Estrada et al., 2017). Esta deficiencia nutricional causa sensación de cansancio y debilidad, así como una disminución en la habilidad para realizar trabajo físico y mental (Mantadakis et al., 2020; Martínez & Baptista, 2019).

En México los resultados de la encuesta de salud ENSANUT en 2012 reportaron que los niños de entre 12 y 24 meses de edad son los más afectados por esta deficiencia de hierro, con una prevalencia del 38%, (De la Cruz-Góngora et al., 2019; Martínez & Baptista, 2019). De acuerdo con los estándares de la organización mundial de la salud, la prevalencia de Anemia ferropénica en México constituye un problema de salud pública de magnitud moderada (McLean et al., 2009).

Aunque se estima que el consumo diario de hierro en México es adecuado ($\approx 6.2\text{mg/día}$), la mayoría de este hierro es de tipo no hemo y, su absorción es de apenas un 3.8% (Martínez-Salgado et al., 2008). Por otra parte, el frijol es una de las leguminosas más consumidas a nivel nacional y, es una fuente adecuada de hierro, zinc y folato (Santoyo-Sánchez et al., 2015). Incluso, se estima que la reducción en el consumo de frijol y otras legumbres puede haber contribuido al aumento en la prevalencia de anemia ferropénica (Blair et al., 2009).

PRINCIPALES CAUSAS DE LA ANEMIA EN MÉXICO

Se estima que la principal causa de anemia ferropénica en México no es un consumo bajo de hierro, sino baja biodisponibilidad del mismo (Mantadakis et al., 2020). En estudios realizados en niños de 12 a 59 meses de edad con anemia ferropénica, se encontró que apenas el 4.5% del hierro consumido es hierro hemo, mientras que el resto es hierro de origen vegetal (Rodríguez et al., 2007). Además, en países desarrollados se estima que la mayor cantidad de hierro dietético absorbido se trata de hierro no hemo, un consumo de carne de 2 veces a la semana o menos frecuente, es considerado un factor de riesgo en el desarrollo de la anemia ferropénica. La dieta de los niños mexicanos incluye altas cantidades de compuestos que inhiben la absorción de hierro, como ácido fítico y calcio que se encuentran en altas cantidades en alimentos de consumo cotidiano como la tortilla (Martínez & Baptista, 2019; Rodríguez et al., 2007). Se sabe que el exceso de ácido fítico y calcio inhiben la absorción de hierro, hasta en un 15%.

CUALIDADES NUTRICIONALES DEL FRIJOL

El frijol (*Phaseolus vulgaris*) es la leguminosa más importante después del maíz y trigo, para el consumo humano y constituye un alimento básico en América latina y, el este de África. Se estima que, en México, el frijol, se consume entero o molido en diversos guisos como parte de la dieta, llegando a tener un consumo anual per cápita de casi 10 kg (SAGARPA, 2017). Este cultivo ha sido reconocido como una fuente accesible de proteínas de fácil adsorción, fibras dietéticas, zinc, hierro y calcio y, ha sido sujeto a programas de bio fortificación. Ha sido propuesto como una fuente nutricional para combatir problemas de malnutrición en zonas donde el alcance de suplementación es limitado (Feitosa et al., 2018; Hayat et al., 2014; Rezende et al., 2018).

Tabla I: Concentración de compuestos bioactivos de 9 variedades de frijol consumidas en México

Composición nutricia de diversas variedades de frijol						
Variedad	Color	Contenido de proteína mg/g	Concentración de Hierro (µg/g)	Concentración de fitato (mg/g)	Polifenoles (mg eq de GAE/g)	Referencia
Negro Jamapa	Negro	22.16	78.10	10.9	1.96	(Díaz-Batalla et al., 2006)(Chávez-Mendoza et al., 2019)
Negro Qto.		21	68. 91	14.5	2.81	(Díaz-Batalla et al., 2006) (Chávez-Mendoza et al., 2019)
Negro San Luis*		21.68	57.5	12.7	2.46	(Chávez-Mendoza & Sánchez, 2017) (Díaz-Batalla et al., 2006) (Chávez-Mendoza et al., 2019)
Flor de Mayo	Pinto	21.16	55.34	7.8	3.91	(Sánchez Chávez & Fernández Valeriano, 2017) (Díaz-Batalla et al., 2006) (Chávez-Mendoza et al., 2019)
Pinto Saltillo		21.95	50	11.8	3.66	(Sánchez Chávez & Fernández Valeriano, 2017)(Iniestra-González et al., 2005) (Chávez-Mendoza et al., 2019)
Ojo de cabra*		21.4	58	13.9	3.76	(Muñoz Velázquez et al., 2009) (Chávez-Mendoza et al., 2019)
Azufrados *	Amarillo	20.7	55.2	10.4	1.26	(Chávez-Mendoza & Sánchez, 2017) (Iniestra-González et al., 2005) (Chávez-Mendoza et al., 2019)
Mayocoba		23.1	63.5	21.6	1.64	(Carmona-García et al., 2007) (Iniestra-González et al., 2005) (Chávez-Mendoza et al., 2019)
Peruanos		22.43	61.19	18.3	4.9	(Sánchez Chávez & Fernández Valeriano, 2017)(Iniestra-González et al., 2005)(Ranilla et al., 2007)

Las cualidades únicas de cada variedad de frijol (Tabla I) hacen que sea posible seleccionar diferentes variedades para distintos propósitos nutricionales, no obstante, se sabe que el frijol contiene de 2 a 3 veces más proteínas que otros granos (16 a 33%) y su contenido y digestibilidad proteica es equiparable al de la carne (Hayat et al., 2014; Iniestra-González et al., 2005). También se sabe que contienen grandes cantidades de almidón y fibra soluble (Chávez-Mendoza & Sánchez, 2017; Hayat et al., 2014). Además, se estima que una taza de frijol común puede proveer hasta 3 veces más potasio que una banana y, el requerimiento diario de ácido fólico de un adulto sano (Poersch et al., 2011; Santoyo-Sánchez et al., 2015). También se ha reportado que, en variedades de frijol, puede contener entre 60- 80 µg de Fe/ g de peso seco y, se estima que una porción de 100g de esta leguminosa, puede satisfacer casi en su totalidad el requerimiento diario de hierro de un adulto sano (Feitosa et al., 2018; Shimelis & Rakshit, 2007; Tako et al., 2014).

El frijol ha sido considerado un alimento funcional, pues contiene compuestos bioactivos que aportan beneficios a la salud que, van más allá de la nutrición, tales como polifenoles, taninos, ácido fítico, saponinas y flavonoides. Compuestos que exhiben efectos antioxidantes y antiinflamatorios por lo que, su consumo ha sido correlacionado con la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares, y la incidencia de diabetes y, algunos tipos de cáncer (Chávez-Mendoza et al., 2019; Chávez-Mendoza & Sánchez, 2017; Ranilla et al., 2007).

EL FRIJOL PARA MITIGAR Y PREVENIR LA ANEMIA

A pesar de la excelente composición nutricional del frijol, estos nutrientes, no siempre son fácilmente aprovechados por el organismo. Por ejemplo, el Frijol contiene hierro en su forma de ion férrico (hierro no hemo Fe^{3+}) que es poco disponible en comparación con el hierro ferroso (Fe^{2+}), el cual se encuentra anclado en el anillo de porfirina del grupo Hemo (Sermini et al., 2017; Waldvogel-Abramowski et al., 2014).

No obstante, algunos de los compuestos bioactivos de los frijoles son también considerados anti nutrientes, puesto que, reducen la disponibilidad de otros nutrientes como; minerales y proteínas. Por ejemplo, el ácido fítico es una forma de almacenamiento de fosforo que, se encuentra de forma natural entre 2 a 3 % del peso seco del frijol (Sotelo et al., 2002), que no puede ser aprovechado por organismos monogástricos como los humanos y que, además interfiere con la captación de metales divalentes formando complejos (sales metálicas) poco solubles y disponibles para los organismos (Domínguez et al., 2002). De un modo similar, los polifenoles forman complejos estables con metales divalentes como el calcio y el hierro, disminuyendo de manera significativa su biodisponibilidad (Iniestra-González et al., 2005; Tako et al., 2014).

Aunque los compuestos bioactivos del frijol pueden tener un efecto antinutricional, también es cierto que, el proceso de cocción elimina cerca del 60 % de ácido fítico (Feitosa et al., 2018). Una estrategia para un mejor aprovechamiento de los nutrientes del frijol podría ser remojar de estos, ayudando a reducir la concentración de compuestos con actividad antinutricional y, además, reducir su tiempo de cocción (Huma et al., 2008; Shimelis & Rakshit, 2007).

De modo similar, durante el proceso de cocción, algunos compuestos con actividad antinutricional son desnaturalizados y, se estima que cerca de un 17% de las proteínas y 35% del hierro se dispersan en el caldo (Lyimo et al., 1992). La recuperación de estos nutrientes a partir del caldo donde interactúan en menor medida con los compuestos bioactivos, pueden ser una fuente importante de nutrientes para mitigar la anemia ferropénica (Carvalho et al., 2012). En terminos prácticos, el uso de procesos domésticos como el remojo de frijol y, consumo del lixiviado podría elevar la biodisponibilidad de hierro hasta en un 37 % con respecto a la legumbre sin procesar (Petry et al., 2014).

El frijol un alimento de la canasta básica, económico y de fácil acceso que contiene macro y micronutrientes esenciales para la salud podría resolver un problema de salud debido a deficiencia de hierro. El frijol, es uno de los cultivos más producidos y consumidos en México, de modo que, su consumo no supone un cambio de hábitos en la población. Se trata de un alimento rico en hierro independientemente de programas de suplementación, razón por la cual, también ha sido el blanco de programas de biofortificación (De la Cruz-Góngora et al., 2019; Petry et al., 2014). Por otra parte, el contenido de ácido fólico, también es un compuesto crítico en la eritropoyesis, el frijol, suele aportar la cantidad necesaria de este compuesto. Debido al contenido de fibras, proteínas, minerales y vitaminas, el frijol, ha sido recomendado como un nutriente esencial para mejorar la nutrición y remediar la anemia ferropénica (Santoyo-Sánchez et al., 2015; Chávez-Mendoza et al., 2019; Petry et al., 2014). De modo similar, también han sido exploradas otras tecnologías de procesamiento, tales como; la nixtamalización, el tratamiento térmico de harinas y la panificación, las cuales, prometen la obtención de subproductos de frijol para mejorar absorción de nutrientes que aporta el frijol (Álvarez et al., 2016; Santiago-Ramos et al., 2018; Wiesinger et al., 2020).

Perspectivas.

El uso del frijol como vehículo para la bio fortificación promete contribuir a la mitigación de la

anemia ferropénica, no solo en México sino a nivel internacional, explorando otros procesos para obtener nuevos productos capaces de proporcionar mayor absorción de nutrientes comparado con el frijol preparado de manera domestica, incluidos aquellos productos que lixivian gran cantidad de nutrientes.

Conclusión.

El frijol es considerado como una excelente fuente de proteínas, zinc, hierro y folato. Aunque una sola porción de 100g al día de este alimento no sea suficiente para satisfacer el requerimiento diario de hierro, el consumo regular de esta leguminosa, puede ayudar a prevenir la anemia ferropénica y, ayudar a combatir este padecimiento junto con suplementos y tratamiento clínico.

Bibliografía

- Álvarez, M., Hernández, G., Rosas, B., Ochoa, M., Núñez de Villavicencio, M., & Gutiérrez, E. (2016). Empleo de harina de frijol blanco en panificación. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 13(July), 275–285.
- Álvarez, M., Ochoa, M., Hernández, G., Núñez de Villavicencio, M., Rosas, B., & Gutiérrez, E. (2016). Empleo de harina de frijol blanco en panificación. In *XIII Conferencia Internacional sobre Ciencia y Tecnología de Alimentos. La Habana, Cuba*. p (pp. 275-285).
- Blair, M. W., Astudillo, C., Grusak, M. A., Graham, R., & Beebe, S. E. (2009). Inheritance of seed iron and zinc concentrations in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Molecular Breeding*, 23(2), 197–207. <https://doi.org/10.1007/s11032-008-9225-z>
- Carmona-García, R., Osorio-Díaz, P., Agama-Acevedo, E., Tovar, J., & Bello-Pérez, L. A. (2007). Composition and effect of soaking on starch digestibility of *Phaseolus vulgaris* (L.) cv. Mayocoba.” *International Journal of Food Science and Technology*, 42(3), 296–302. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01218.x>
- Carvalho, L. M. J., Corrêa, M. M., Pereira, E. J., Nutti, M. R., Carvalho, J. L. V., Ribeiro, E. M. G., & Freitas, S. C. (2012). Iron and zinc retention in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) after home cooking. *Food and Nutrition Research*, 56, 1–6. <https://doi.org/10.3402/fnr.v56i0.15618>
- Chávez-Mendoza, C., Hernández-Figueroa, K. I., & Sánchez, E. (2019). Antioxidant capacity and phytonutrient content in the seed coat and cotyledon of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from various regions in Mexico. *Antioxidants*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/antiox8010005>
- Chávez-Mendoza, C., & Sánchez, E. (2017). Bioactive compounds from mexican varieties of the common bean (*Phaseolus vulgaris*): Implications for health. *Molecules*, 22(8). <https://doi.org/10.3390/molecules22081360>
- De la Cruz-Góngora, V., Martínez-Tapia, B., Cuevas-Nasu, L., Rangel-Baltazar, E., Medina-Zacarías, M. C., García-Guerra, A., Villalpando, S., Rebollar, R., & Shamah-Levy, T. (2019). Anemia, deficiencias de zinc y hierro, consumo de suplementos y morbilidad en niños mexicanos de 1 a 4 años: resultados de la Ensanut 100k. *Salud Pública de México*, 61(6, nov-dic), 821. <https://doi.org/10.21149/10557>
- Díaz-Batalla, L., Widholm, J. M., Fahey, G. C., Castaño-Tostado, E., & Paredes-López, O. (2006). Chemical components with health implications in wild and cultivated Mexican common bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(6), 2045–2052. <https://doi.org/10.1021/jf051706l>
- Domínguez, B. M., Gómez, M. V. I., & León, F. R. (2002). Ácido fítico: Aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 52(3), 219–231.
- Feitosa, S., Greiner, R., Meinhardt, A. K., Müller, A., Almeida, D. T., & Posten, C. (2018). Effect of

- traditional household processes on iron, zinc and copper bioaccessibility in black bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Foods*, 7(8). <https://doi.org/10.3390/foods7080123>
- Hayat, I., Ahmad, A., Masud, T., Ahmed, A., & Bashir, S. (2014). Nutritional and Health Perspectives of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): An Overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(5), 580–592. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.596639>
- Huma, N., Anjum, F. M., Sehar, S., Issa Khan, M., & Hussain, S. (2008). Effect of soaking and cooking on nutritional quality and safety of legumes. *Nutrition and Food Science*, 38(6), 570–577. <https://doi.org/10.1108/00346650810920187>
- Iniestra-González, J. J., Ibarra-Pérez, F. J., Gallegos-Infante, J. A., Rocha-Guzmán, N. E., & González Laredo, R. F. (2005). Factores antinutricios y actividad antioxidante en variedades mejoradas de frijol común (*Phaseolus vulgaris*). *Agrociencia*, 39(6), 603–610.
- Lyimo, M., Mugula, J., & Elias, T. (1992). Nutritive composition of broth from selected bean varieties cooked for various periods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 58(4), 535–539. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740580413>
- Mantadakis, E., Chatzimichael, E., & Zikidou, P. (2020). Iron deficiency anemia in children residing in high and low-income countries: Risk factors, prevention, diagnosis and therapy. *Mediterranean Journal of Hematology and Infectious Diseases*, 12. <https://doi.org/10.4084/MJHID.2020.041>
- Martínez-Salgado, H., Casanueva, E., Rivera-Dommarco, J., Viteri, F., & Bourges-Rodríguez, H. (2008). La deficiencia de hierro y la anemia en niños mexicanos: Acciones para prevenirlas y corregirlas. *Boletín Médico Del Hospital Infantil de México (Ed. Española)*, 65(2), 86–99.
- Martínez, O., & Baptista, H. (2019). Anemia por deficiencia de hierro en niños: un problema de salud nacional. *Rev Hematol Mex. 2019 Abril-Junio*, 20(2), 96–105. <https://doi.org/10.24245/rhematol>
- McLean, E., Cogswell, M., Egli, I., Wojdyla, D., & De Benoist, B. (2009). Worldwide prevalence of anaemia, WHO Vitamin and Mineral Nutrition Information System, 1993-2005. *Public Health Nutrition*, 12(4), 444–454. <https://doi.org/10.1017/S1368980008002401>
- Muñoz Velázquez, E., Rubio Hernández, D., Bernal Lugo, I., Garza García, R., & Jacinto Hernández, C. (2009). Caracterización de genotipos nativos de frijol del estado de Hidalgo, con base a calidad del grano. *Agricultura Técnica En México*, 35(4), 429–438.
- Petry, N., Egli, I., Gahutu, J. B., Tugirimana, P. L., Boy, E., & Hurrell, R. (2014). Phytic acid concentration influences iron bioavailability from biofortified beans in rwandese women with low iron status. *Journal of Nutrition*, 144(11), 1681–1687. <https://doi.org/10.3945/jn.114.192989>
- Poersch, N. L., Ribeiro, N. D., Rosa, D. P., & Possobom, M. T. D. F. (2011). Genetic control of potassium content of common bean seeds. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 46(6), 626–632. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000600008>
- Ranilla, L. G., Genovese, M. I., & Lajolo, F. M. (2007). Polyphenols and antioxidant capacity of seed coat and cotyledon from Brazilian and Peruvian bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(1), 90–98. <https://doi.org/10.1021/jf062785j>
- Rezende, A. A., Pacheco, M. T. B., da SILVA, V. S. N., & Ferreira, T. A. P. de C. (2018). Nutritional and protein quality of dry brazilian beans (*Phaseolus vulgaris* l.). *Food Science and Technology*, 38(3), 421–427. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.05917>
- Rodríguez, S. C., Hotz, C., & Rivera, J. A. (2007). Bioavailable dietary iron is associated with hemoglobin concentration in Mexican preschool children. *Journal of Nutrition*, 137(10), 2304–2310. <https://doi.org/10.1093/jn/137.10.2304>
- SAGARPA. (2017). agrícola nacional FRIJOL. In *Secretaria De Agricultura*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255627/Planeaci_n_Agr cola_Nacional_2017-2030- parte_uno.pdf
- Sánchez Chávez, E., & Fernández Valeriano, A. F. (2017). Estudio de las propiedades físico-químicas y calidad nutricional en distintas variedades de frijol consumidas en México. *Nova Scientia*, 9(18), 133. <https://doi.org/10.21640/ns.v9i18.763>
- Santiago-Ramos, D., Figueroa-Cárdenas, J. de D., Véles-Medina, J. J., & Salazar, R. (2018). Physicochemical properties of nixtamalized black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. *Food Chemistry*, 240, 456–462. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.156>

- Santoyo-Sánchez, A., Aponte-Castillo, J. A., Parra-Peña, R. I., & Ramos-Peña, C. O. (2015). Dietary recommendations in patients with deficiency anaemia. *Revista Médica Del Hospital General De México*, 78(3), 144–150. <https://doi.org/10.1016/j.hgmx.2015.06.002>
- Sermini, C. G., Acevedo, M. J., & Arredondo, M. (2017). Biomarkers of metabolism and iron nutrition. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 34(4), 690–698. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2017.344.3182>
- Shimelis, E. A., & Rakshit, S. K. (2007). Effect of processing on antinutrients and in vitro protein digestibility of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in East Africa. *Food Chemistry*, 103(1), 161–172. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.005>
- Sotelo, Á., Mendoza, J., & Argote, R. M. (2002). Contenido de ácido fítico en algunos alimentos crudos y procesados. Validación de un método colorimétrico. *Revista de La Sociedad Química de México*, 46(4), 301–306.
- Tako, E., Beebe, S. E., Reed, S., Hart, J. J., & Glahn, R. P. (2014). Polyphenolic compounds appear to limit the nutritional benefit of biofortified higher iron black bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Nutrition Journal*, 13(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-13-28>
- Villagómez Estrada, K. P., Mosiño Jasso, A., & Prieto Patron, A. (2017). Impacto De La Anemia En El Desempeño Escolar De Niños Y Adolescentes En México. *Jóvenes En La Ciencia*, 3(1), 382–386.
- Waldvogel-Abramowski, S., Waeber, G., Gassner, C., Buser, A., Frey, B. M., Favrat, B., & Tissot, J. D. (2014). Physiology of iron metabolism. *Transfusion Medicine and Hemotherapy*, 41(3), 213–221. <https://doi.org/10.1159/000362888>
- Wiesinger, J. A., Cichy, K. A., Hooper, S. D., Hart, J. J., & Glahn, R. P. (2020). Processing white or yellow dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) into a heat treated flour enhances the iron bioavailability of bean-based pastas. *Journal of Functional Foods*, 71(May), 104018. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104018>