

## Nutritional and Nutraceutical Quality of Artisan Food Products Supplemented With Bean Flour (*Phaseolus vulgaris* L.)

### Calidad nutricional y nutracéutica de productos artesanales alimenticios suplementados con harina de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Juan José Figueroa-González<sup>1\*</sup>, Salvador Horacio Guzmán-Maldonado<sup>2</sup>, María Guadalupe Herrera-Hernández<sup>2</sup> y Blanca Isabel Sánchez-Toledano<sup>1</sup>

#### ABSTRACT

The consumption of legumes, mainly beans, has been associated with a decrease in cardiovascular diseases, diabetes, obesity and some types of cancer. The per capita consumption of beans in Mexico has decreased rapidly in recent years. The objective was to generate artisan foods that include common bean flour and evaluate their nutritional and functional quality. Bean products were made with bean/corn composite flours (50:50; 85:15) for tortilla chips and churros, respectively. Totopos and churros turned out to be high-protein foods. The development of new bean-based products is of the utmost importance, not only because of their high fiber or protein content but also because of their high content of bioactive compounds.

**Keywords:** Phytochemical compounds; Compound flour; Legumes; Snacks; Totopos.

#### RESUMEN

El consumo de leguminosas, principalmente del frijol, se ha asociado a la disminución de enfermedades cardiovasculares, diabetes, obesidad y algunos tipos de cáncer. No obstante, el consumo *per cápita* de frijol en México ha disminuido rápidamente en los últimos años. El objetivo del presente trabajo fue generar alimentos artesanales elaborados con harina de frijol común y evaluar la calidad nutricional y funcional. Los productos de frijol fueron elaborados con harinas compuestas de frijol/maíz (50:50; 85:15) para totopos y churros, respectivamente. Los totopos y los churros resultaron ser alimentos con alto contenido de proteína. La elaboración de nuevos productos a base de frijol es de suma importancia no solo por su alto contenido en fibra y proteína, sino también por su alto contenido de compuestos bioactivos.

**Palabras clave:** Compuestos fitoquímicos; Harina compuesta; Leguminosas; Snacks; Totopos.

---

Recibido 10 de mayo de 2023

Aceptado 09 de junio de 2023

---

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental Zacatecas, km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera de V. R., Zacatecas, México, [figueroa.juan@inifap.gob.mx](mailto:figueroa.juan@inifap.gob.mx); [sanchez.blanca@inifap.gob.mx](mailto:sanchez.blanca@inifap.gob.mx)

<sup>2</sup>INIFAP-Campo Experimental Bajío, km. 6.0 Carretera Celaya-San Miguel de Allende. Celaya, Guanajuato, México, [guzman.horacio@inifap.gob.mx](mailto:guzman.horacio@inifap.gob.mx); [herrera.guadalupe@inifap.gob.mx](mailto:herrera.guadalupe@inifap.gob.mx)

\*Autor para correspondencia: 5538718700, Ext. 82312; email: [figueroa.juan@inifap.gob.mx](mailto:figueroa.juan@inifap.gob.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

El consumo *per cápita* de frijol en los años 1980s era de aproximadamente 20 kg por año, mientras que, en 2017 disminuyó a 8.8 kg *per cápita* (Sánchez-Toledano *et al.*, 2021). La tasa más alta de consumo se presenta en la población rural (11.5 kg por año), mientras que en el sector urbano es de apenas 5.7 kg por año. Sin embargo, la ingesta de frijol indica que el consumo anual debería oscilar entre 23.2 y 12.8 kg por año para cumplir con los datos de requerimientos de ingesta nutrimental (Ramírez-Jaspeado *et al.*, 2020). La semilla de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una fuente importante de proteínas (Herrera *et al.*, 2021) entre 16 y 33 % (Mojica y de Mejía, 2015) y con una composición de aminoácidos relativamente equilibrada (Zhang y Romero, 2020). Nosworthy *et al.* (2018) mencionan que los aminoácidos limitantes en frijol son el triptófano (frijol blanco, negro y pinto) y la metionina (frijol rojo). Pero es rico en aminoácidos libres como arginina, ácido aspártico, asparagina, ácido glutámico y leucina (Alcázar-Valle *et al.*, 2021). El frijol presenta un alto contenido de almidón, fibra dietética, minerales y vitaminas (Hayat *et al.*, 2014). Además, presenta alto contenido de fitoquímicos como fenoles totales, antocianinas, taninos, flavonoides (Chávez-Mendoza y Sánchez, 2017).

Las harinas compuestas son harinas elaboradas a partir de otros insumos que no son el trigo como por ejemplo raíces, legumbres o tubérculos (Gómez, 1992). Por otro lado, las harinas compuestas en los últimos años han adquirido gran interés científico e industrial porque pueden utilizarse en la preparación de productos tradicionales y novedosos e identificar principalmente los roles funcionales de los componentes de la harina y probar su aceptabilidad organoléptica (Menon *et al.*, 2015). Ochoa-Martínez *et al.* (2016) evaluaron harinas compuestas de harina de maíz y harina de frijol cocido en diferentes proporciones. La adición de harina de frijol cocido aportó una mayor textura crocante, lo que sugiere una mejor textura del chip a concentraciones más altas de harina de frijol cocido. Los chips elaborados con frijol y maíz nixtamalizado exhibieron cantidades de compuestos fenólicos libres y oligosacáridos, mayor actividad antioxidante (Luzardo-Ocampo *et al.*, 2017) y confirman un excelente potencial antiinflamatorio (Luzardo-Ocampo *et al.*, 2018).

A pesar, de que la industria agroalimentaria en frijol es incipiente. En el mercado se pueden encontrar productos de frijol cocido o preparado de diversas formas. No obstante, la elaboración de nuevos productos a base de frijol es de suma importancia por su alto contenido nutrimental y contenido de compuestos fitoquímicos, lo cual los convierte en alimentos y bocadillos funcionales de alta calidad que pueden competir con productos comerciales. El objetivo del presente trabajo fue generar alimentos

artesanales elaborados con harina de frijol común y evaluar la calidad nutricional y funcional. Los resultados de este trabajo pueden ser utilizados por productores de frijol o pequeños comercializadores que estén interesados en incursionar en el mercado con nuevas tecnologías de alimentos artesanales a base de frijol.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con las variedades de frijol Bayo Zacatecas (BZ) y Negro Frijozac (NF) proporcionadas por el INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. Se elaboraron dos tipos de totopos, el primero fue elaborado con 50 g de harina de frijol BZ, y el segundo con 50 g de NF, a ambos se les adicionó harina de maíz (50 g), 50 g de agua, 0.5 g de sal y 7.5 g de aceite de cártamo. Todos los ingredientes se mezclaron perfectamente hasta obtener una masa homogénea. La masa fue manipulada para producir totopos rectangulares. En la preparación de los churros se utilizó 85 g de harina de frijol BZ o NF para cada uno de los prototipos, 15 g de harina de maíz, 1 g de sal, 10 g de aceite, 0.3 g de nopal licuado y 80 g de agua. A la masa se le dio la forma de churro con una duya de 0.5 cm de grosor. Los totopos y los churros se colocaron en charolas previamente engrasadas y se hornearon a 200 °C por 45 minutos.

### 2.1. Análisis químico

El contenido de proteína, extracto etéreo y cenizas se determinó por los métodos descritos por la AOAC (1990) mientras que la fibra dietaria se determinó de acuerdo con el método gravimétrico de Prosky *et al.* (1988). Los carbohidratos se obtuvieron por diferencia porcentual con el resto de los componentes del análisis químico.

### 2.2. Compuestos fitoquímicos

Los fenoles solubles totales (FST) se determinaron con el método de Folin Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999) a 750 nm. Los taninos condensados (TC) se determinaron por el ensayo de vainillina a 500 nm (Desphande y Cheryan, 1985). Las antocianinas totales (AT) se cuantificaron a 535 nm (Abdel-Aal y Hucl, 1999). Para calcular los FST, TC y AT se prepararon curvas estándar de ácido galico, catequina y cianidina 3 glucosido, respectivamente y se reportaron como mg/100 g. De igual manera, se determinó la capacidad antioxidante (TEAC) de acuerdo con Van den Berg *et al.*, (1999).

### 2.3. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza con un nivel de significancia ( $p \leq 0.05$ ). Posteriormente se hizo una

comparación de medias con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Los resultados fueron expresados como la media  $\pm$  desviación estándar (DE), se analizaron usando el paquete estadístico SAS 9.0 (2002).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. *Calidad nutricional de los totopos*

El contenido de proteína, fibra, ceniza y grasa fue estadísticamente similar entre los totopos elaborados con harina de diferente variedad de frijol (Tabla 1). Por otro lado, al comparar el contenido de proteína de los totopos suplementados con harina de frijol (TSF) con el totopo comercial, los totopos de frijol presentaron 8.7 % más proteína que el producto comercial. Las proteínas juegan un papel crucial en el crecimiento, mantenimiento y funciones fisiológicas del cuerpo humano. Todos los aminoácidos son importantes en la síntesis y el funcionamiento de los músculos y órganos, así como en las enzimas, las hormonas y el sistema inmunitario (Adhikari et al., 2022). El alto contenido de proteína de los TSF puede contribuir en la nutrición del consumidor debido a que la proteína de frijol mejora la retención de calcio manteniendo y, por lo tanto, contribuye a la salud en los huesos (Messina, 1999). Igualmente, los TSF son una excelente fuente de fibra debido a que presentaron cinco veces más fibra que el producto comercial. El contenido de fibra dietaria concuerda con lo reportado por Messina (1999); Díaz-Batalla et al. (2006) quienes indicaron que el frijol es rico en fibra. Asimismo, se reportó que la fibra está asociada con la disminución del nivel de glucosa en la sangre (Venn y Mann, 2004) y la prevención del cáncer de colon (Reynoso-Camacho et al., 2007). Otro aspecto sobresaliente del TSF es su contenido de grasa, ya que presenta casi un 50 % menos que el del totopo comercial. Dietas altas en grasas se asocian con enfermedades crónico-degenerativas (López-Martínez et al., 2019). Las botanas tipo TSF pueden contribuir en la disminución del sobrepeso, que ya es un problema de salud pública en México. Además, se sabe que la grasa del frijol aporta la mayor parte de los ácidos grasos omega como el linoleico y linolénico que tienen efectos positivos sobre la salud de los pacientes con enfermedad coronaria (Rodríguez et al., 2022). Finalmente, los TSF presentan los valores de carbohidratos significativamente igual ( $p \leq 0.05$ ) al del totopo comercial. Los carbohidratos aportados por el frijol en el TSF son de baja digestibilidad (Sáyago-Ayerdi et al., 2005; Campos-Vega et al., 2009) y, por lo tanto, no incrementan el nivel de glucosa en la sangre (Guzmán et al., 2002) y son fermentados en el colon para contribuir en el buen estado de este órgano (Aparicio-Fernández et al., 2008; Reynoso-Camacho et al., 2007).

**Tabla 1.** Composición química (%) de totopos de maíz suplementados con harina de frijol Bayo Zacatecas (TSF-BZ), Negro Frijozac (TSF-NF) y totopo comercial.

Totopo	Proteína	Fibra dietaria	Cenizas	Grasa	Carbohidratos
TSF-BZ	13.7 ± 0.2 a	10.5 ± 0.3 a	2.6 ± 0.2 a	13.4 ± 0.15 b	59.8 ± 0.26 b
TSF-NF	13.7 ± 0.3 a	10.9 ± 0.2 a	2.8 ± 0.17 a	13.5 ± 0.15 b	59.0 ± 0.25 c
Totopo comercial	8.0 ± 0.11 b	2.0 ± 0.05 b	ND	24 ± 0.00 a	65.9 ± 0.15 a

Medias en la misma columna con letra similar no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ). ND = No Detectado.

### 3.2. Calidad funcional de los totopos

Durante el procesamiento de los alimentos, los compuestos fenólicos pueden sufrir diversos cambios, alterando la actividad antioxidante de los productos, estos cambios en la composición fenólica son diferentes en comparación con la materia prima (Nicolás-García et al., 2021). Los totopos suplementados con harina de frijol Negro Frijozac (THF-NF) presentaron mayor contenido de fenoles solubles totales (FST) y antocianinas totales (AT) en comparación con los totopos suplementados con harina de frijol Bayo Zacatecas (de color claro) (THF-BZ). El THF-BZ y el totopo comercial no presentaron AT, además, el totopo comercial tampoco presentó TC (Tabla 2). La baja concentración de FST y la ausencia de AT y TC en el totopo comercial se vió reflejado en el nivel de capacidad antioxidante TEAC de este producto. La capacidad antioxidante del totopo comercial fue estadísticamente diferente ( $p \leq 0.05$ ) a los totopos suplementados con harina de frijol. El fíjol *P. coccineus* mostró un menor contenido de AT pero mayor concentración de FST y una mayor actividad antioxidante (Capistrán-Carabani et al., 2019) similar a lo presentado para el frijol procesado en forma de totopo (TSF-BZ), en el cual, no se detectó presencia de AT. Esto debido a la degradación de las antocianinas causadas por la alta temperatura y bajo contenido de humedad, lo que provocaría la descomposición de los glucosidos a base de antocianinas simples y aciladas (Neder-Suárez et al., 2021).

Los compuestos fenólicos son moléculas bioactivas que se encuentran en el frijol. Además, el papel de los compuestos fenólicos en la prevención de enfermedades crónicas se ha atribuido a la capacidad de eliminación de radicales libres de los que son responsables por sus propiedades antioxidantes (Mecha et al., 2019). Una alta capacidad antioxidante contribuyen a mantener un estrés oxidativo más equilibrado y por lo tanto ayuda a prevenir enfermedades crónico degenerativas como el cáncer, la diabetes y problemas cardiovasculares (Hasler, 2000; Guzmán et al., 2002).

**Tabla 2.** Contenido de fenoles solubles totales (mg de ácido gálico/100 g de muestra), antocianinas totales (mg de cianidina-3-glucósido/100 g de muestra), taninos condensados (mg de catequina/100 g de muestra) y capacidad antioxidante (TEAC,  $\mu\text{mol}$  de trolox/100 g de muestra) de totopos suplementados con harina de frijol Bayo Zacatecas (TSF-BZ), Negro Frijozac (TSF-NF) y totopo comercial.

Determinación	TSF-BZ	TSF-NF	Totopo comercial
Fenoles solubles totales	104.8 $\pm$ 0.43 b	146.51 $\pm$ 9.63 a	74.3 $\pm$ 2.71 c
Antocianinas totales	ND	5.19 $\pm$ 0.04 a	ND
Taninos condensados	23.8 $\pm$ 0.88 a	21.4 $\pm$ 1.49 a	ND
TEAC	61.2 $\pm$ 1.64 a	60.9 $\pm$ 1.70 a	28.1 $\pm$ 0.36 b

Medias en el mismo renglón con letra similar no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ). ND = No Detectado.

### 3.3. Calidad nutricional de los churros

El contenido de proteína en los churros de maíz suplementados con harina de frijol Bayo Zacatecas (CHSF-BZ) y frijol Negro Frijozac (CHSF-NF) fue el doble comparado con el contenido de proteína del churro comercial (Tabla 3). Asimismo, cuando el maíz se mezcla con legumbres (por ejemplo, frijol), se produce una proteína de mejor calidad, debido a que cada grano aporta cantidades significativas de los respectivos aminoácidos limitantes (Félix-Medina et al., 2020). Igualmente, los churros de maíz suplementados con harina de frijol presentaron 23 % más fibra y 3.7 % menos grasa que el producto comercial. Cabe mencionar, que el contenido de grasa del churro comercial fue menor al reportado por Zamorano (2010) para este tipo de botanas de maíz (22-30 %). Por lo tanto, los churros suplementados con harina de frijol pueden competir favorablemente con los comerciales por su menor aporte de calorías. Por otro lado, el contenido de grasa fue mayor en el churro comercial con 19.3 %. Los bocadillos con bajo contenido de grasa son deseables desde el punto de vista nutricional, aunque las concentraciones moderadas pueden mejorar las propiedades funcionales y la aceptación sensorial (Escobedo y Mojica, 2021). La fibra soluble e insoluble, incluido el almidón resistente, mejora los mecanismos biológicos de los factores de riesgo cardiometabólicos, incluido el control de glucemia y la presión arterial y respalda un entorno bacteriano intestinal saludable (Mullins y Arjmandi, 2021). Por lo tanto, un alto contenido de fibra en la dieta favorece el buen funcionamiento del colon y en el caso de las personas diabéticas permite la liberación lenta de los azúcares del frijol contribuyendo así, a mantener los niveles de azúcar bajos en

la sangre (López y Bressani, 2008). El contenido de cenizas no presentó diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) entre los diferentes churros de frijol y el chorro comercial. Además, el contenido de cenizas en un producto alimenticio depende en gran medida de los ingredientes constituyentes. Si el material constituyente tiene un alto contenido de cenizas, el producto también presentará un alto contenido de cenizas (Yudhistira et al., 2019). Por otro lado, el contenido de carbohidratos fue estadísticamente igual ( $p \leq 0.05$ ) entre el CHSF-BZ y CHSF-NF y presentando menor proporción de carbohidratos que el chorro comercial. Los carbohidratos presentes en el frijol tienen un índice glucémico bajo debido a su composición rica en carbohidratos no digeribles como fibra dietética y almidón resistente (Ramírez-Jiménez et al., 2018).

**Tabla 3.** Composición química (%) de churros de maíz suplementados con harina de frijol Bayo Zacatecas (TSF-BZ), Negro Frijozac (TSF-NF) y chorro comercial.

Churros	Proteína	Fibra dietaria	Cenizas	Grasa	Carbohidratos
CHSF-BZ	14.8 ± 0.52 a	10.3 ± 0.3 a	2.5 ± 0.43 a	15.2 ± 0.51 b	57.2 ± 1.82 b
CHSF-NF	15.0 ± 0.62 a	10.4 ± 0.3 a	2.9 ± 0.1 a	15.7 ± 0.1 b	56.0 ± 0.85 b
Totopo comercial	7.36 ± 1.11 b	7.9 ± 0.1 b	2.6 ± 0.05 a	19.3 ± 0.81 a	65.44 ± 1.88 a

Medias en la misma columna con letra similar no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ). ND = No Detectado.

### 3.4. Calidad funcional de los churros

Los churros de maíz suplementados con harina de frijol presentaron 1.4 y 1.9 más FST que los churros comerciales (Tabla 4). Por otro lado, tanto en los CHSF-BZ como en los churros comerciales no se detectaron niveles cuantificables de AT. Los CHSF-BZ presentaron 6.4 veces más AT que los CHSF-NF el de la variedad Negro Frijozac mientras que en los churros comerciales no se detectaron. Por otro lado, el contenido de TC fue similar tanto en los CHSF-BZ como en los CHSF-NF, mientras que los churros comerciales, igual que con las AT, no se detectaron TC. El nivel de la capacidad antioxidante TEAC de los churros suplementados con harina de frijol fue más del doble que la mostrada por los churros comerciales. Sin embargo, la capacidad antioxidante está condicionada por el tipo de compuesto y la cantidad de muestra. Además, el aumento de TEAC en el CHSF-BZ puede ser atribuido a la creación de productos de reacción de Maillard a lo largo del horneado, contribuyendo a la actividad antioxidante analizada (Arribas et al., 2019). Estos resultados pueden ser un reflejo de bajo contenido de FST y la ausencia de AT y TC. Por otro lado, el contenido de los fenoles está en función de la variedad de frijol (Korus et al., 2007) lo que es corroborado por los resultados de la presente investigación. Además, la

variabilidad en el contenido de taninos está dada por la variación en el color del grano, ya que los taninos están estrechamente relacionados con los pigmentos de la testa (Mederos, 2006); sin embargo, estos resultados no concuerdan con el presente estudio dado que el frijol Bayo Zacatecas presenta una testa de color claro en contraste con la testa de la variedad Negro Frijozac.

**Tabla 4.** Contenido de fenoles solubles totales (mg de ácido gálico/100 g de muestra), antocianinas totales (mg de cianidina-3-glucósido/100 g de muestra), taninos condensados (mg de catequina/100 g de muestra) y capacidad antioxidante (TEAC,  $\mu\text{mol}$  de trolox/100 g de muestra) de churros suplementados con harina de frijol Bayo Zacatecas (TSF-BZ), Negro Frijozac (TSF-NF) y churro comercial.

Determinación	CHSF-BZ	CHSF-NF	Totopo comercial
FST	106.6 $\pm$ 2.11 a	107.8 $\pm$ 0.35 a	60.6 $\pm$ 3.9 b
AT	22.5 $\pm$ 0.7 a	3.5 $\pm$ 0.36 b	ND
TC	53.2 $\pm$ 0.26 b	53.2 $\pm$ 1.13 b	ND
TEAC	71.8 $\pm$ 1.70 a	64.2 $\pm$ 2.49 b	20.9 $\pm$ 1.81 c

Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ).

ND = No Detectado.

#### 4. CONCLUSIONES

La elaboración de alimentos artesanales a base de frijol común, como son los totopos y churros de frijol, fue posible, debido al desarrollo de harinas compuestas de frijol-maíz. Esto permitió obtener totopos y churros con alto contenido de proteína y bajos en grasa, lo cual, los hace competitivos con los alimentos chatarra presentes en el mercado. Asimismo, los totopos y churros de frijol presentaron excelentes propiedades funcionales como fenoles solubles totales y capacidad antioxidante. De esta manera, los snacks de frijol, no solamente presentan calidad nutricional, sino también, se convierten en alimentos altamente funcionales, aportando un beneficio a la salud del consumidor.

**Contribuciones de los autores:** JJFG: redacción del borrador original, redacción, revisión y edición, análisis formal, realizó todas las corridas experimentales del desarrollo de las tecnologías de alimentos. Originó la idea de la investigación, participó en la redacción original y revisión del manuscrito, análisis de resultados y discusión. SHGM: redacción del borrador original, redacción, revisión y edición, análisis formal, realizó todas las corridas experimentales de análisis nutricional. MGHH: redacción del borrador original, redacción, revisión y edición, análisis formal, realizó todas las corridas



experimentales de análisis nutracéutico. BIST: redacción del borrador original, redacción, revisión y edición, análisis de resultados y discusión.

**Conflictos de interés:** Todos los autores participantes en el manuscrito “Calidad nutricional y nutracéutica de productos artesanales alimenticios suplementados con harina de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)” están de acuerdo con su contenido y declaran que no existe conflicto de intereses entre ellos.

## REFERENCIAS

- Abdel-Aal, E. S. M., y Hucl. P. 1999. A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats. American Association of Cereal Chemists, Inc. 76(3): 350-354.
- Adhikari, S., Schop, M., de Boer, I. J., y Huppertz, T. (2022). Protein quality in perspective: A review of protein quality metrics and their applications. *Nutrients*, 14(5), 947. <https://doi.org/10.3390/nu14050947>
- Alcázar-Valle, M., García-Morales, S., Mojica, L., Morales-Hernández, N., Sánchez-Osorio, E., Flores-López, L., ... y Lugo-Cervantes, E. (2021). Nutritional, antinutritional compounds and nutraceutical significance of native bean species (*Phaseolus* spp.) of Mexican cultivars. *Agriculture*, 11(11), 1031. <https://doi.org/10.3390/agriculture11111031>
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (16<sup>th</sup> Ed.) Association of official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Aparicio-Fernández, X., Reynoso-Camacho, R., Castaño-Tostado, E., García-Gasca, T., González de Mejía, E., Guzmán-Maldonado, S. H., ... y Loarca-Pina, G. (2008). Antiradical capacity and induction of apoptosis on HeLa cells by a *Phaseolus vulgaris* extract. *Plant Foods for Human Nutrition*, 63, 35-40. <https://doi.org/10.1007/s11130-007-0066-4>
- Arribas, C., Pereira, E., Barros, L., Alves, M. J., Calhella, R. C., Guillamón, E., ... y Ferreira, I. C. (2019). Healthy novel gluten-free formulations based on beans, carob fruit and rice: Extrusion effect on organic acids, tocopherols, phenolic compounds and bioactivity. *Food chemistry*, 292, 304-313. <https://doi.org/10.3390/foods8090381>
- Campos-Vega, R., Reynoso-Camacho, R., Pedraza-Aboytes, G., Acosta-Gallegos, J. A., Guzman-Maldonado, S. H., Paredes-Lopez, O., ... y Loarca-Piña, G. (2009). Chemical composition and

in vitro polysaccharide fermentation of different beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Food science, 74(7), T59-T65. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01292.x>

Chávez-Mendoza, C., y Sánchez, E. (2017). Bioactive compounds from Mexican varieties of the common bean (*Phaseolus vulgaris*): Implications for health. *Molecules*, 22(8), 1360. <https://doi.org/10.3390/molecules22081360>

Capistrán-Carabarin, A., Aquino-Bolaños, E. N., García-Díaz, Y. D., Chávez-Servia, J. L., Vera-Guzmán, A. M., y Carrillo-Rodríguez, J. C. (2019). Complementarity in Phenolic Compounds and the Antioxidant Activities of *Phaseolus coccineus* L. and *P. vulgaris* L. Landraces. *Foods*, 8(8), 295. <https://doi.org/10.3390/foods8080295>

Deshpande, S. S., y Cheryan, M. (1985). Evaluation of vanillin assay for tannin analysis of dry beans. *Journal of Food Science*, 50(4), 905-910. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1985.tb12977.x>

Díaz-Batalla, L., Widholm, J. M., Fahey, G. C., Castaño-Tostado, E., y 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>

Escobedo, A., & Mojica, L. (2021). Pulse-based snacks as functional foods: Processing challenges and biological potential. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(5), 4678-4702. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12809>

Félix-Medina, J. V., Montes-Ávila, J., Reyes-Moreno, C., Perales-Sánchez, J. X. K., Gómez-Favela, M. A., Aguilar-Palazuelos, E., & Gutiérrez-Dorado, R. (2020). Second-generation snacks with high nutritional and antioxidant value produced by an optimized extrusion process from corn/common bean flours mixtures. *LWT*, 124, 109172. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109172>

Gomez, M. I., House, L. R., Rooney, L. W., y Dendy, D. A. V. (1992). Utilization of sorghum and millets. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Disponible en línea: <http://oar.icrisat.org/992/>. Fecha de consulta: 21 de marzo de 2023.

Guzmán, M. S. H. G., Gallegos, J. A. A., Muñoz, M. D. L. Á. Á., Delgado, S. G., y Piña, G. L. (2002). Calidad alimentaria y potencial nutracéutico del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agricultura*

Técnica en México, 28(2), 159-173.

Hasler, C. M. (2000). The changing face of functional foods. *Journal of the American College of Nutrition*, 19(sup5), 499S-506S. <https://doi.org/10.1080/07315724.2000.10718972>

Hayat, I., Ahmad, A., Masud, T., Ahmed, A., y 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>

Herrera, M. D., Reynoso-Camacho, R., Melero-Meraz, V., Guzmán-Maldonado, S. H., y Acosta-Gallegos, J. A. (2021). Impact of soil moisture on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) phytochemicals. *Journal of Food Composition and Analysis*, 99, 103883. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103883>

Kabagambe, E. K., Baylin, A., Ruiz-Narvarez, E., Siles, X., y Campos, H. (2005). Decreased consumption of dried mature beans is positively associated with urbanization and nonfatal acute myocardial infarction. *The Journal of Nutrition*, 135(7), 1770-1775. <https://doi.org/10.1093/jn/135.7.1770>

Korus, J., Gumul, D., y Czechowska, K. (2007). Effect of extrusion on the phenolic composition and antioxidant activity of dry beans of *Phaseolus vulgaris* L. *Food Technology and Biotechnology*, 45(2), 139-146.

López, G. C. M., y Bressani, R. (2008). Uso del cowpea (*Vigna unguiculata*) en mezclas con frijol común (*Phaseolus vulgaris*) en el desarrollo de nuevos productos alimenticios. *Arch. Latinoamericanos Nutr.* 58 (1): 71-80.

López-Martínez, A., Azuara-Pugliese, V., Sánchez-Macias, A., Sosa-Mendoza, G., Dibildox-Alvarado, E., & Grajales-Lagunes, A. (2019). High protein and low-fat chips (snack) made out of a legume mixture. *CyTA-Journal of Food*, 17(1), 661-668. <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1617353>

Luzardo-Ocampo, I., Campos-Vega, R., Gaytán-Martínez, M., Preciado-Ortiz, R., Mendoza, S., y Loarca-Piña, G. (2017). Bioaccessibility and antioxidant activity of free phenolic compounds and oligosaccharides from corn (*Zea mays* L.) and common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) chips during in vitro gastrointestinal digestion and simulated colonic fermentation. *Food Research International*, 100, 304-311. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.018>

- Luzardo-Ocampo, I., Campos-Vega, R., Cuellar-Nuñez, M. L., Vázquez-Landaverde, P. A., Mojica, L., Acosta-Gallegos, J. A., y Loarca-Piña, G. (2018). Fermented non-digestible fraction from combined nixtamalized corn (*Zea mays* L.)/cooked common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) chips modulate anti-inflammatory markers on RAW 264.7 macrophages. *Food chemistry*, 259, 7-17. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.096>
- Mecha, E., Leitão, S. T., Carbas, B., Serra, A. T., Moreira, P. M., Veloso, M. M., ... y Bronze, M. R. (2019). Characterization of soaking process' impact in common beans phenolic composition: Contribute from the unexplored Portuguese germplasm. *Foods*, 8(8), 296. <https://doi.org/10.3390/foods8080296>
- Mederos, Y. (2006). Indicadores de la calidad en el grano de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*. Vol. 27, No. 3. pp. 55-62.
- Menon, L., Majumdar, S. D., y Ravi, U. (2015). Development and analysis of composite flour bread. *Journal of food science and technology*, 52, 4156-4165. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1466-8>
- Messina, M. (1999). Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *Am. J. Clin. Nutr.* 70 (suppl): 439-450. <https://doi.org/10.1093/ajcn/70.3.439s>
- Mojica, L., y de Mejía, E. G. (2015). Characterization and comparison of protein and peptide profiles and their biological activities of improved common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) from Mexico and Brazil. *Plant Foods for Human Nutrition*, 70, 105-112. <https://doi.org/10.1007/s11130-015-0477-6>
- Mullins, A. P., y Arjmandi, B. H. (2021). Health benefits of plant-based nutrition: focus on beans in cardiometabolic diseases. *Nutrients*, 13(2), 519. <https://doi.org/10.3390/nu13020519>
- Neder-Suárez, D., Lardizabal-Gutiérrez, D., Zazueta-Morales, J. D. J., Meléndez-Pizarro, C. O., Delgado-Nieblas, C. I., Ramírez Wong, B., ... y Quintero-Ramos, A. (2021). Anthocyanins and functional compounds change in a third-generation snacks prepared using extruded blue maize, black bean, and chard: An optimization. *Antioxidants*, 10(9), 1368. <https://doi.org/10.3390/antiox10091368>
- Nicolás-García, M., Perucini-Avendaño, M., Jiménez-Martínez, C., Perea-Flores, M. D. J., Gómez-Patiño, M. B., Arrieta-Báez, D., y Dávila-Ortiz, G. (2021). Bean phenolic compound changes

during processing: Chemical interactions and identification. *Journal of Food Science*, 86(3), 643-655. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15632>

Nosworthy, M. G., Medina, G., Franczyk, A. J., Neufeld, J., Appah, P., Utioh, A., ... y House, J. D. (2018). Effect of processing on the in vitro and in vivo protein quality of beans (*Phaseolus vulgaris* and *Vicia Faba*). *Nutrients*, 10(6), 671. <https://doi.org/10.3390/nu10060671>

Ochoa-Martínez, L. A., Castillo-Vázquez, K., Figueroa-Cárdenas, J. D. D., Morales-Castro, J., y Gallegos-Infante, J. A. (2016). Quality evaluation of tortilla chips made with corn meal dough and cooked bean flour. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1136017. doi:10.1080/23311932.2015.1136017

Prosky, L., Asp, N. G., Schweizer, T. F., Devries, J. W., y Furda, I. (1988). Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 71(5), 1017-1023. <https://doi.org/10.1093/jaoac/71.5.1017>

Ramírez-Jaspeado, R., Palacios-Rojas, N., Nutti, M., y Pérez, S. (2020). Estados potenciales en México para la producción y consumo de frijol biofortificado con hierro y zinc. *Revista fitotecnia mexicana*, 43(1), 11-23. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.11>

Ramírez-Jiménez, A. K., Gaytán-Martínez, M., Morales-Sánchez, E., & Loarca-Piña, G. (2018). Functional properties and sensory value of snack bars added with common bean flour as a source of bioactive compounds. *LWT*, 89, 674-680. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.043>

Reynoso-Camacho, R., Ríos-Ugalde, C., Torres-Pacheco, I., Acosta-Gallegos, J. A., Palomino-Salinas, J., Ramos-Gómez, M., González-Jasso, E., y Guzmán-Maldonado, S. H. (2007). Efecto del consumo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre el cáncer de colon en ratas Sprague-Dawley. *Agric. Tec. Méx.* 33:43-52.

Rodríguez, L., Mendez, D., Montecino, H., Carrasco, B., Arevalo, B., Palomo, I., y Fuentes, E. (2022). Role of *Phaseolus vulgaris* L. in the prevention of cardiovascular diseases—cardioprotective potential of bioactive compounds. *Plants*, 11(2), 186. <https://doi.org/10.3390/plants11020186>

Sánchez-Toledano, B., Cuevas-Reyes, V., Cruz-Bravo, R., & Zegbe, J. A. (2021). Aceptación y preferencia de los consumidores por un tallarín enriquecido con harina de cotiledón de frijol. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(1), 95-95.

- Sáyago-Ayerdi, S. G., Tovar, J., Osorio-Díaz, P., Paredes-López, O., y Bello-Pérez, L. A. (2005). In Vitro Starch Digestibility and predicted glycemic index of corn tortilla, black beans, and tortilla-bean mixture: effect of cold storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(4), 1281-1285. <https://doi.org/10.1021/jf048652k>
- Singleton, V. L., Orthofer, R., y Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In *Methods in enzymology* (Vol. 299, pp. 152-178). Academic press. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Statistical Analysis System (SAS). (2002). Version 9.0. SAS Institute, Inc. Cary, N. C. USA.
- Van den Berg, R., Haenen, G. R., van den Berg, H., y Bast, A. A. L. T. (1999). Applicability of an improved Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay for evaluation of antioxidant capacity measurements of mixtures. *Food Chemistry*, 66(4), 511-517. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00089-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00089-8)
- Venn, B.J., y Mann, J. I. (2004). Cereal grains, legumes and diabetes. *Europ. J. of Clin. Nutr.* 58, 1443-1461. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601995>
- Yudhistira, B., Eristanto, D., & Prabawa, S. (2019). Chemical, physical, and sensory characteristics of simulation chips based milkfish (*Chanos chanos*) and kidney beans flour (*Phaseolus Vulgaris* L.) as a protein sources snack. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 11(2), 46-52. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v11i2.13681>
- Zamorano, M., Guzmán, E., & Ibáñez, J. (2010). Estudio del consumo y aporte nutricional de bocadillos en escolares de la Región Metropolitana de Chile. *Revista chilena de nutrición*, 37(4), 439-445. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182010000400004>
- Zhang, Y., y Romero, H. M. (2020). Exploring the structure-function relationship of Great Northern and navy bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein hydrolysates: A study on the effect of enzymatic hydrolysis. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, 1516-1525. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.08.019>