

Revista Electrónica Nova Scientia

Estudio de las propiedades fisicoquímicas y
calidad nutricional en distintas variedades de
frijol consumidas en México

Study of physicochemical properties and
nutritional quality in different varieties of beans
consumed in Mexico

**América Fernanda Fernández Valenciano¹ y
Esteban Sánchez Chávez²**

¹Universidad Tecnológica de Camargo, Unidad Meoquí

²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

México

Dr. Esteban Sánchez Chávez. Dirección postal. E-mail: esteban@ciad.mx

Resumen

Introducción: El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa más importante para consumo humano en el mundo, es una fuente importante de proteína, calorías, vitaminas del complejo B y minerales. Por lo que el objetivo del trabajo de investigación fue estudiar las propiedades fisicoquímicas y la calidad nutricional en las principales variedades de frijol consumidas y producidas en México, con el propósito de conocer sus beneficios nutricionales para el consumidor.

Método: En este estudio se seleccionaron seis variedades de frijol más representativas y consumidas en México: Bayo, Negro, Peruano, Flor de Mayo, Alubia y Pinto, así como, una variedad de frijol ejotero. A estas variedades se les determinaron las propiedades fisicoquímicas, C, H y N por medio del Analizador Orgánico Elemental Flash 2000. La determinación de Cu, Fe, Zn, Ni, Na, K, Ca y Mg se determinó por espectrofotometría de absorción atómica y el P se terminó por espectrofotometría y metavandato-molibdato de amonio.

Resultados: Se encontraron diferencias significativas en las propiedades fisicoquímicas, así como, en el contenido de macro y micronutrientes en las diferentes variedades de frijol estudiadas. En general, sobresalió el frijol ejotero en las propiedades fisicoquímicas, contenido de micronutrientes y macronutrientes en relación a las variedades de frijol en grano.

Discusión o Conclusión: La semilla del ejote presentó las máximas concentraciones en proteína, N, P, K, Mg, Fe y Zn, mientras que las variedades de frijol de grano estudiadas sobresalieron en fibra (Alubia), proteínas (Pinto y Bayo), en Fe (Flor de Mayo). Por último, resaltar que la variedad de frijol de grano estudiada que presentó un aporte bajo en proteína, contenido de N, Mg y Ca fue la variedad Frijol Peruano. Finalmente, se concluye que el frijol ejotero representa un gran beneficio para el consumidor por el aporte de proteínas, carbohidratos, fibra y minerales. Así mismo, tiene un potencial para ser utilizado en un programa de biofortificación con micronutrientes para mejorar su calidad nutricional.

Palabras Clave: *Phaseolus vulgaris* L.; fitonutrientes; agrobiodiversidad; calidad neutraceutica; beneficios para el consumidor

Recepción: 14-11-2016

Aceptación: 24-01-2017

Abstract

Introduction: The common bean is the most important legume for human consumption in the world, is an important source of protein, calories, vitamins B and minerals. So the aim of the research was to study the physicochemical properties and nutritional quality in the main varieties of beans consumed and produced in Mexico, in order to meet their nutritional benefits to the consumer.

Method: Six commercial bean varieties were selected: Bayo, Negro, Peruano, Flor de Mayo, Alubia and Pinto, as well as a variety of green bean (cv. Strike). These varieties were determined physicochemical properties, C, H and N by means of the Flash 2000 Elemental Organic Analyzer. The determination of Cu, Fe, Zn, Ni, Na, K, Ca and Mg was determined by atomic absorption spectrophotometry and the P was terminated by spectrophotometry and amovenomolybdate-metavanadate-molybdate.

Results: Significant differences were found in the physicochemical properties, as well as in the macro and micronutrient contents in the different bean varieties studied. In general, the green beans excelled in the physicochemical properties, micronutrient and macronutrient content in relation to the bean varieties in grain.

Discussion or Conclusion: The bean seed showed the highest concentrations in protein, N, P, K, Mg, Fe and Zn, whereas the bean varieties studied were in fiber (Alubia), protein (Pinto and Bayo), Fe (Flor de Mayo). Finally, it should be noted that the variety of beans studied that presented a low contribution in protein, N, Mg and Ca content was the Peruano variety. Finally, it is concluded that beans are a great benefit to the consumer by the contribution of proteins, carbohydrates, fiber and minerals. It also has the potential to be used in a micronutrient biofortification program to improve its nutritional quality.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., phytonutrients, agrobiodiversity, quality nutraceutical, consumer benefits.

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) común es la leguminosa más importante para consumo humano en el mundo, ya que es una fuente importante de proteína, calorías, vitaminas del complejo B y minerales (Guzmán-Maldonado et al., 2002; Suárez-Martínez et al., 2016). Así mismo, el frijol es rico en componentes biactivos como inhibidores de enzimas, lecitinas, etc., además dentro de sus actividades biológicas están la capacidad antioxidante, la reducción de colesterol y lipoproteínas, por lo que tiene un efecto protector contra enfermedades cardiovasculares y se ha mostrado que el consumo de frijol tiene efectos favorables contra el cáncer (Suárez-Martínez et al., 2016). Con respecto al contenido de fibra, esta produce un efecto hipoglucemiante, lo cual quiere decir que este ayuda en el tratamiento de la diabetes tipo dos (Reynoso- Camacho et al., 2007).

Para México el frijol es uno de los principales alimentos que existe en la dieta básica ya que proporciona una gran cantidad de proteína, pero actualmente se enfrenta a modificaciones importantes ante una sociedad cambiante, incluidos los hábitos alimenticios, a consecuencia del urbanismo, la migración y el empleo (Lara-Flores, 2015); así como, el paso de una economía cerrada a una economía global, todo lo cual está ejerciendo presiones en diversas etapas de la cadena de producción, comercialización, transformación y consumo (Allende-Arrarás et al., 2006).

En estudios previos se ha analizado la calidad nutricional del frijol para conocer sus componentes nutricionales, sin embargo, en la actualidad estos estudios de calidad nutricional del frijol se enfocan a mejorar la calidad nutricional a través del proceso de biofortificación con fines de mejorar la nutrición y salud de los consumidores. En este sentido, Vargas-Avila y Villamil-Lozano (2012) encontraron que la variedad de frijol BAT 104 mostró el mayor contenido de proteína (27,3 %), mientras que la variedad Bayo Río Grande presentó el menor contenido (23,3 %). De igual manera, Pires et al. (2005) analizaron la concentración de minerales que se encuentran en diversas variedades de frijol, encontrando que la variedad Aporé tiene la mayor cantidad de cenizas y proteína, mientras que las variedades Ouro Branco, Coimbra, Diamante Negro y Pérola presentaron la mayor concentración en lípidos, contenido de Fe y Ca, así mismo, las variedades A774 y Aporé presentaron los niveles más elevados de Mn y Mg. Aunque existe información de la calidad nutricional en diversas variedades de frijol que se consumen a nivel mundial, es importante estudiar las variedades que se producen y consumen en México.

En general, existe escasa información referente al tema de estudio, por lo que el objetivo del trabajo de investigación fue estudiar las propiedades fisicoquímicas y la calidad nutricional en las principales variedades de frijol consumidas y producidas en México, con el propósito de conocer sus beneficios nutricionales para el consumidor.

Materiales y Métodos

Materia Vegetal

Las variedades de frijol seleccionadas para este trabajo fueron: Bayo, Negro, Peruano, Flor de Mayo, Alubia y Pinto, así como, una variedad de frijol ejotero (Strike), las cuales se adquirieron en el mercado local de Delicias, Chihuahua, México. Estas variedades seleccionadas representan a las variedades producidas y consumidas en México. Todas las variedades de frijol fueron posteriormente lavadas con agua corriente, destilada y tridestilada con el propósito de retirar la tierra que estas podrían tener en ese momento y fueron colocadas sobre papel estraza hasta que se eliminara el resto del agua.

El frijol ejotero para su análisis fue separado en tres partes con el propósito de conocer que parte del ejote aporta más nutrientes, las cuales fueron: ejote entero, vaina y semilla, haciendo uso de una navaja. A continuación, se secaron las muestras por medio de una estufa de secado a una temperatura de 70°C durante 24 horas, una vez secas las muestras fueron molidas a través de una licuadora hasta quedar homogéneas.

Determinación de nitrógeno y proteína

Se tomaron en una cápsula de níquel 3 µg de muestra y se adicionó 9 µg de pentaóxido de vanadio (V₂O₅). Posteriormente, se introdujeron en el equipo Flash 2000 (Thermo Scientific), el cual trabaja bajo el método Dumas (Calvo et al., 2008). La concentración de nitrógeno y proteína se expresaron en porcentaje.

Determinación de Fe, Zn, Na, Mg, Mn, K, Ca, Cu y Ni

Para el análisis de nutrientes se realizó la digestión de cada una de las muestras con ácido nítrico (HNO₃) y peróxido de hidrógeno (H₂O₂) dentro de un horno microondas (START D). La concentración de Fe, Zn, Na, Mg, Mn, K, Ca, Cu y Ni se determinó por espectrofotometría de

Absorción Atómica (Thermo SCIENTIFIC) y se expresaron en ppm para los micronutrientes y porcentaje para macronutrientes.

Determinación de P

La determinación de la concentración de P fue por el método de metavanadato de amonio (NH_4VO_3) y por espectrofotometría de luz visible (JENWAY Spectrophotometer). En un tubo de ensayo se colocaron 500 μl de cada muestra y posteriormente se le añadió 1 ml de molibdato de amonio $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ y 3.5 ml de agua tridestilada, se agitaron las muestras con un Vortex (VWR) y luego se dejaron reposar una hora. Al finalizar la hora se procedió a la lectura de cada una de las muestras. La concentración de P se expresó en porcentaje.

Propiedades fisicoquímicas del frijol

La composición fisicoquímica del frijol se determinó de acuerdo a la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, 2000) y conforme a lo establecido a las Normas Oficiales Mexicanas vigentes.

Determinación de humedad

La determinación de la humedad se realizó utilizando el método de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, 2000) de secado en cápsula abierta. Para este análisis fue necesario tomar 1 g de muestra para cada repetición, contando con dos repeticiones para cada variedad de frijol, este se pesó en una cápsula de aluminio previamente secada a 75°C hasta peso constante. Después de pesar cada cápsula se introdujeron al horno (Felisa) las capsulas durante 12 horas a 75°C . A continuación, se extrajeron las cápsulas del horno y se dejaron secar en el desecador y posteriormente se pesaron nuevamente. La determinación de humedad se expresó en porcentaje.

Determinación de cenizas

La determinación de cenizas se realizó de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-F-066-S-1978. En un crisol a peso constante, se pesó un 1 g de muestra con dos repeticiones para cada variedad, se introdujeron en el desecador y posteriormente se colocaron los crisoles con muestras en una mufla (Felisa) a una temperatura de 600°C , para carbonizar la muestra hasta alcanzar la calcinación. Los resultados obtenidos de ceniza se expresaron en porcentaje.

Determinación de grasa

La determinación de la grasa de las muestras de frijol se realizó mediante el método Goldfish (Asociación de Químicos Analíticos Oficiales, 2000). Se prepararon los matraces Goldfish secándolos en la estufa hasta alcanzar el peso constante. Se montó el equipo LABCONCO y dentro de papeles filtro se colocó la muestra y se tapó con algodón y se introdujo dentro del equipo. Se agregó el solvente (éter de petróleo) y se dejó en reflujo durante 2 horas y media. Después de terminada la extracción, se recuperó el solvente por medio de una destilación, quedando únicamente la grasa en el matraz. Finalmente, se pesó el matraz con el residuo y se determinó el porcentaje de grasa de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-F-427-1982.

Determinación de Fibra

La fibra cruda se determinó mediante la Norma Mexicana NMX-F-90-S-1978. A partir de la muestra que anteriormente fue desengrasada, se realizó esta determinación. Las muestras fueron pesadas y registradas cada uno de sus pesos, se transfirió cada muestra a los vasos para fibra, a continuación a cada vaso se le agregaron 200 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 1.25% con 1 ml de alcohol isoamílico como antiespumante. Se dejó la mezcla durante 30 minutos en ebullición, al finalizar se realizaron enjuagues para eliminar los residuos del ácido sulfúrico (H_2SO_4) y el alcohol isoamílico y al mismo tiempo neutralizar la mezcla, posteriormente se le añadió a la muestra 200 ml de hidróxido de sodio (NaOH) al 1.25% y se dejó hervir durante otros 30 minutos, a su término se realizaron enjuagues en fibra de vidrio hasta llegar a la neutralidad. Posteriormente, se colocó la fibra de vidrio con muestra en la cápsula y se introdujeron a la estufa, se dejó secar durante 12 horas para asegurar que la muestra estuviera perfectamente seca. Concluido el secado se pesó la cápsula con la fibra de vidrio y muestra, por diferencia de pesos se determinó el porcentaje de fibra contenida en cada una de las muestras.

Determinación de Carbohidratos

La determinación de los carbohidratos se realizó por diferencia de los otros parámetros y se reportó en porcentaje.

Determinación de Energía

La energía contenida en cada una de las muestras fue medida por la suma de las calorías contenida en carbohidratos, grasa y proteína. La energía se expresó en Kcal.

Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con nueve tratamientos: Bayo, Pinto, Peruano, Negro, Alubia, Flor de Mayo, Ejote entero, vaina y semilla del ejote, y con cuatro repeticiones.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y se realizaron separación de medias mediante el test de Tukey ($\alpha = 0.05$) (Statistical Analysis System, 2002).

Resultados y discusión

Análisis fisicoquímico

Los resultados obtenidos durante el análisis fisicoquímico mostraron diferencias significativas en las diferentes variedades de frijol estudiados. Los valores que se obtuvieron se pueden observar en el Cuadro 1, los cuales indican que la concentración de humedad está dentro de los niveles de 0.1646 % como el valor mínimo perteneciendo a la variedad Flor de Mayo y 3.6839 % como el máximo valor correspondiendo a la semilla del ejote. Según Rosas (2003) muestra que el frijol contiene alrededor de un 11% humedad, valor que no corresponde con los resultados obtenidos en este estudio, esto se puede deber a que las zonas donde fueron realizados ambos estudios están en condiciones climáticas diferentes. En relación con las concentraciones de cenizas, se obtuvo que la variedad de ejote entero es la que cuenta con la máxima concentración de ceniza con 8.2401 %, mientras que la variedad Pinto contiene la mínima concentración de ceniza, ya que esta solo contiene 2.53 %. Velasco-González et al. (2013) encontraron que en promedio el frijol contiene 4.26 %, mientras que los resultados obtenidos en la presente investigación resultaron ser superiores. Estos resultados superiores, se le pueden atribuir a que el ejote entero presenta mayor concentración de fibra, carbohidratos y proteína en comparación al frijol de grano (Salinas-Ramírez et al., 2012).

Cuadro 1. Composición fisicoquímica de diferentes variedades de frijol producidas y consumidas en México.

Variedades de frijol	Parámetros fisicoquímicos						
	Ceniza (%)	Grasa (%)	Humedad (%)	Fibra (%)	Carbohidratos (%)	Proteína (%)	Energía (Kcal)
Bayo	4.01bc*	0.93 a	1.67 ab	5.55 b	39.18 bc	43.58 a	337.46 a
Pinto	2.53 d	0.85 a	2.53 ab	7.18 b	39.02 bc	48.98 a	326.56 a
Peruano	3.60 bc	0.48 a	2.25 ab	7.09 b	60.09 a	28.32 b	322.25 a
Negro	3.36 cd	0.97 a	2.26 ab	12.22 ab	39.21 bc	39.76 ab	284.53 ab
Alubia	4.36 b	1.64 a	2.22 ab	19.86 a	38.07 bc	35.43 ab	222.93 b
Flor de Mayo	3.81bc	0.99 a	0.16 b	7.57 b	46.80 ab	40.95 ab	328.48 a
Ejote entero	8.24 a	1.30 a	0.79 ab	18.60 a	34.67 bc	36.33 ab	221.55 b
Vaina	8.31 a	0.59 a	0.65 b	13.24 ab	38.19 bc	39.09 ab	261.13 ab
Semilla	7.81 a	1.38 a	3.68 a	11.35 ab	26.87 a	49.30 a	270.13 ab

*Medias con distinta letra son diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

Los valores obtenidos en el análisis de grasa en el frijol, muestran que la variedad con la máxima concentración es la Alubia con 1.6411% y que la mínima concentración se presentó en la variedad Peruano con 0.4853 %. Ulloa et al. (2011) indican que el frijol aporta entre 14 al 19 % de fibra, siendo esto congruente con los resultados obtenidos durante la realización de este estudio. Por otra parte, los resultados encontrados en la proteína del frijol, indican que la variedad con la máxima concentración es la semilla del ejote, mientras que la variedad Peruano presentó la mínima concentración, obteniendo un porcentaje de 49.306% y 28.325%, respectivamente. Mahajan et al. (2015) estudiaron el contenido de proteína en 51 variedades de frijol, encontrando que la máxima

concentración fue de 31.6%. En este estudio, se encontraron concentraciones superiores a las obtenidas por el autor antes mencionado.

Con respecto a los resultados en fibra, nuestros valores se encuentra dentro de un rango de 5.556 % a 19.864 %, lo cual indica que la variedad Alubia tiene la máxima concentración con 19.864%, mientras que la variedad de frijol Bayo solo posee un 5.556%, lo que en otro estudio similar realizado por Aguirre-Santos y Gómez-Aldapa (2010) muestran que sus niveles de fibra se encuentran entre de 1.35 a 2.77%, siendo estos valores superiores a los reportados por otros autores.

El contenido de carbohidratos obtenido en este estudio, muestra que la variedad Peruano contiene el máximo contenido de carbohidratos (26.879 %), mientras que la variedad de ejote entero presentó la mínima concentración (60.09%). Con respecto a la energía contenida en el frijol, los valores van de 222.93 a 337.46 Kcal, siendo la variedad de frijol Bayo la que contiene mayor cantidad (337.246 Kcal) en relación a la variedad ejote entero que presentó la menor cantidad de energía (221.55 Kcal). Estos datos concuerdan con Adsule et al. (2004) quien menciona que al ejote se le atribuyen propiedades nutraceuticas, por presentar un bajo contenido calórico, que puede ayudar a reducir el sobrepeso y la obesidad.

Análisis de micronutrientes

Dentro de los resultados obtenidos de micronutrientes, se encontraron diferencias significativas en las diferentes variedades de frijol estudiadas (Cuadro 2). Los niveles de Hierro encontrados en las variedades empleadas en este estudio, muestran que el frijol Flor de mayo presentó el máximo contenido de Hierro, mientras que el Frijol Bayo obtuvo el mínimo contenido, siendo sus concentraciones de 109.898 ppm y 72.838 ppm, respectivamente. Por otra parte, las concentraciones de Cobre muestran que la semilla del ejote posee las máximas concentraciones de Cobre (10.1033 ppm), en relación al contenido en la vaina del ejote que presentó la mínima concentración de Cobre. Con respecto al Zinc, la semilla del ejote obtuvo 43.295 ppm, siendo ésta la variedad con la máxima concentración de Zinc, mientras que la vaina del ejote presentó la mínima concentración. Todos los resultados que se han obtenido comparados con los que se muestran en un estudio realizado Ojijo et al. (2000) indican que los niveles de Zinc, Cobre y Hierro que ellos encontraron, están por de bajo de los niveles encontrados en este estudio, siendo sus concentraciones de 0.502 ppm, 0.282 ppm y 5,382 ppm, respectivamente.

Las concentraciones encontradas de Manganeso revelan que la variedad con la máxima concentración es la semilla del ejote, ya que contiene 28.038 ppm, mientras que la variedad de frijol Pinto posee el mínimo contenido, siendo su concentración de sólo 9.413 ppm. Por otro lado, las concentraciones de Níquel en frijol muestran que la semilla del ejote tiene 10.18 ppm, siendo este el máximo contenido, mientras que en caso contrario la variedad Peruano apenas posee 2.7617 ppm. Estas diferencias de valores en micronutrientes se deben a variedad genética, condiciones agroclimáticas donde fueron cultivadas y al manejo del cultivo.

Cuadro 2. Concentración de micronutrientes en diferentes variedades de frijol producidas y consumidas en México.

Variedades de frijol	Micronutrientes (ppm)				
	Cobre	Níquel	Manganeso	Hierro	Zinc
Bayo	9.06 ab*	3.68 cd	13.20 de	72.83 c	16.84 cd
Pinto	8.30 abc	4.09 cd	9.41 e	77.90 c	25.11 b
Peruano	7.66 bcd	2.76 d	12.24 de	102.02 ab	29.00 b
Negro	5.56 de	5.09 c	17.00 cd	85.02 bc	16.74 cd
Alubia	6.40 cde	6.78 b	19.63 bc	74.86 c	16.51 cd
Flor de Mayo	5.30 e	5.12 c	16.48 cd	109.89 a	19.48 c
Ejote entero	5.61de	4.00 cd	25.21 ab	73.45 c	19.28 cd
Vaina	4.95 e	4.80 c	21.40 bc	78.33 c	13.68 d
Semilla	10.10 a	10.18 d	28.03 a	108.47 a	43.29 a

*Medias con distinta letra son diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

Análisis de macronutrientes

Los resultados obtenidos del contenido de macronutrientes muestran diferencias significativas en las variedades de frijol estudiadas (Cuadro 3). Las concentraciones máximas encontradas en Magnesio, Calcio y Potasio fueron 0.3356 %, 0.63553 % y 1.6605 %, estos niveles se encontraron en la semilla y vaina del ejote, y ejote entero, respectivamente. Mientras que las concentraciones mínimas obtenidas fueron 0.19233%, 0.13483% y 0.3858% correspondiendo a cada uno de los nutrientes perteneciendo a las variedades de Flor de Mayo (Mg y K), Peruano y Bayo. Los resultados obtenidos en el presente estudio, fueron superiores a los reportados por Velasco-González et al. (2013) ya que las concentraciones máximas en cada uno de los nutrientes fueron 0.1795 %, 0.0264%, 0.0009% y 1.2900% respectivamente. Se considera que estas diferencias de valores en macronutrientes se deben a la variedad genética, condiciones agroclimáticas donde fueron cultivadas y al manejo del cultivo.

Cuadro 3. Concentración de macronutrientes en diferentes variedades de frijol producidas y consumidas en México.

Variedades de frijol	Macronutrientes (ppm)				
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Magnesio	Calcio
Bayo	7.03 ab*	0.16 ef	0.80 c	0.20 b	0.20 d
Pinto	7.83 ab	0.20 cd	1.24 b	0.23 b	0.14 ef
Peruano	4.53 c	0.22 bc	1.43 ab	0.22 b	0.13 f
Negro	6.36 abc	0.17 de	0.83 c	0.26 ab	0.28 c
Alubia	5.66 bc	0.23 b	0.83 c	0.22 b	0.20 d
Flor de Mayo	6.55 abc	0.17 de	0.38 d	0.19 b	0.18 de
Ejote entero	5.81 abc	0.18 d	1.42 ab	0.33 a	0.53 b
Vaina	6.25 abc	0.13 f	1.15 bc	0.32 a	0.63 a
Semilla	7.88 a	0.30 a	1.66 a	0.33 a	0.30 c

*Medias con distinta letra son diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

En México existe la cultura y tradición para el consumo de frijol en grano (*Phaeolus vulgaris* L.), no así para el ejote (vaina fresca de frijol), a pesar de sus altos contenidos de proteínas,

carbohidratos, fibras, calcio y vitaminas (Salinas-Ramírez et al., 2012; Salinas et al., 2008; Quintana et al., 1999; Guzmán et al., 2002). En el presente estudio se encontraron resultados similares a los reportados por los anteriores autores, siendo el frijol ejotero el que representa un gran beneficio para el consumidor por el aporte de proteínas y minerales en comparación al frijol de grano. En este mismo sentido, comentar que al frijol ejotero se le atribuyen propiedades nutraceuticas, por presentar un bajo contenido calórico (Adsule et al., 2004), que puede ayudar a reducir el sobrepeso y la obesidad. Así mismo, por su alto contenido de fibra (25%) reduce el tiempo de tránsito intestinal, la tasa de glucosa sanguínea postprandial, la absorción de grasa y colesterol, y está relacionado también con la prevención del cáncer de colon (Yvestirilly, 2002). Algunos autores han reportado que la calidad nutrimental del frijol podrían estar determinados por el cultivar y el ambiente de producción.

Conclusiones

Se encontraron diferencias significativas en las propiedades fisicoquímicas, así como, en el contenido de macro y micronutrientes en las diferentes variedades de frijol estudiadas. En general, sobresalió el frijol ejotero en las propiedades físico-químicas, contenido de micronutrientes y macronutrientes en relación a las variedades de frijol en grano.

La semilla del ejote presentó las máximas concentraciones en proteína, N, P, K, Mg, Fe y Zn, mientras que las variedades de frijol de grano estudiadas sobresalieron en fibra (Alubia), proteínas (Pinto y Bayo), en Fe (Flor de Mayo). Por otro lado, resaltar que la variedad de frijol de grano estudiada que presenta un aporte bajo en proteína, contenido de N, Mg y Ca fue el frijol Peruano.

Finalmente, se concluye que el frijol ejotero representa un gran beneficio para el consumidor por el aporte de proteínas, carbohidratos, fibra y minerales. Así mismo, tiene un potencial para ser utilizado en un programa de biofortificación con micronutrientes para mejorar su calidad nutricional.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)-México por el apoyo otorgado en la Convocatoria Proyectos de Desarrollo Científico para Atender Problemas Nacionales 2015, al Proyecto 1529 “Biofortificación de cultivos agrícolas básicos, clave para combatir la desnutrición

y seguridad alimentaria en México”. Así mismo, a la M.C. Hilda Karina Sáenz Hidalgo por su apoyo prestado en el análisis fisicoquímico del frijol.

Referencias

Adsule RN, Deshpande SS, Sthe SK. (2004) Tratado de Ciencias y Tecnología de las Hortalizas. Ed. Acribia, S.A México D.F. 739 p.

Aguirre-Santos EA, Gomez-Aldapa CA. (2010). Evaluación de las características fisicoquímicas en la especie de frijol *Phaseolus vulgaris* de las variedades; pinto saltillo, bayo victoria y negro San Luis. Revista Salud Pública y Nutrición. Ed. Especial, 9-2010.

Allende-Arrarás G, Acero-Godínez MG, Padilla-Ramírez JS, Mayek-Pérez N. (2006). Comportamiento agronómico y características físico-químicas del grano de frijol en Aguascalientes, México. Revista Fitotecnia Mexicana 29(1): 89-93.

Association of Official Analytical Chemist. (2000). Oficial Methods of Analysis (17th). Ed. AOAC International. Guithersbur, MD, EE. UU.

Calvo NIR, Echeverría HE, Rozas HS. (2008). Comparación de métodos de determinación de nitrógeno y azufre en planta: implicancia en el diagnóstico de azufre en trigo. Ciencia del Suelo 26(2): 161-167.

Guzman-Maldonado SH, Acosta Gallegos JA, Álvarez-Muñoz MA, García-Delgado S, Loarca-Piña G. (2002). Calidad alimentaria y potencial nutraceutico del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Agricultura Técnica en México 28(2): 159-173.

Lara-Flores M. (2015). El cultivo del frijol en México. Revista Digital Universitaria de la UNAM. 16(2): 1-11.

Mahajan R, Zargar SM, Aezum AM, Farhat S, Gani M, Agrawal GK, Rakwal R. (2015). Evaluation of Iron, Zinc, and Protein Contents of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes: A Collection from Jammu & Kashmir, India. Legume Genomics and Genetics 6(2): 1-7.

NMX-F-066-S-1978. (1978). Determinación de cenizas en alimentos. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-066-S-1978.PDF>

NMX-F-427-1982. (1982). Alimentos. Determinación de grasa (método de hidrólisis ácida). Normas mexicanas. Dirección General de Normas. <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-427-1982.PDF>

NOM-F-90-S-1978. (1978). Determinación de fibra cruda en Alimentos. Norma Oficial Mexicana. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=479984&fecha=27/03/1979

Ojijo O, Kimura T, Koaze H. (2000). Composition, Soaking and Softening Characteristics of Some Kenyan Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Food Science and Technology Research 6(1): 12-18.

Pires CV, Oliveira MGA, Cruz GADR, Mendes FQ, De Rezende ST, Moreira MA. (2005). Composição físico-química de diferentes cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Alimentos e Nutrição, Araraquara, 16(2): 157-162.

Quintana JM, Harrison HC, Palta JP, Nienhuis J, Kmiecik K. (1999). Calcium fertilizers fail to affect pod calcium concentration and yield of four snap vean cultivars. HortScience 34: 646-647.

Reynoso-Camacho R, González-Jasso E, Salgado LM. (2007). La alimentación del mexicano y la incidencia de diabetes tipo 2. Revista de Especialidades de Ciencias Químicas Biológicas 10: 36-38.

Rosas JC. (2003). El cultivo del frijol en América tropical. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 57 p.

Salinas-Ramírez N, Escalante Estrada JA, Rodríguez González MT, Sosa Montes E. (2012). Rendimiento y calidad nutrimental de frijol ejotero en dos ambientes. Revista Fitotecnia Mexicana 35(4): 317-323.

Salinas-Ramírez N, Escalante Estrada JA, Rodríguez González MT, Sosa Montes E. (2008). Rendimiento y calidad nutrimental de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) en fechas de siembra. Revista Fitotecnia Mexicana 31: 235-241.

Statistical Analysis System. (2002). SAS/STAT users guide: Statics, Ver. 9.00. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA. 1503 pp.

Suárez-Martínez SE, Ferriz-Martínez RA, Campos-Vega R, Elton-Puente JE, de la Torre Carbot K, García-Gasca T. (2016). Bean seeds: leading nutraceutical source for human health. CyTA-Journal of Food 14(1): 131-137.

Ulloa JA, Ulloa PR, Ramírez-Ramírez JC, Ulloa-Rangel BE. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. Revista Fuente 3(8): 5-9.

Vargas-Ávila, YR, Villamil-Lozano OE. (2012). Caracterización fisicoquímica y nutricional de la harina de frijol caupí (*Vigna Unguiculata* L.) cultivado en el departamento del Tolima. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería Agonomica. Programa de Ingeniería Agroindustrial. Universidad de Tolima. 70 p.

Velasco-González O, San Martín-Martínez E, Aguilar-Méndez M, Pajarito Ravelero A, MoraEscobedo R. (2013). Propiedades físicas y químicas del grano de diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Bioagro 25(3): 161-166.

Yvestirilly CMB (2002) Tecnología de Hortalizas. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España. 591 p.

