

DETERMINACIÓN DE CALCIO, HIERRO, SODIO Y POTASIO EN CINCO VARIEDADES DE FRÉJOL POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA DE LLAMA

DETERMINATION OF CALCIUM, IRON, SODIUM AND POTASSIUM
IN BEAN VARIETIES
BY FLAME ATOMIC ABSORPTION SPECTROSCOPY

Elizabeth Pavón U.¹ & Ramiro Gallegos G.¹

Recibido: 18 abril 2017 / Aceptado: 30 junio 2017

Palabras claves: absorción atómica de llama, calcio, fréjol, hierro, potasio, sodio

Keywords: bean, calcium, flame atomic absorption, iron, potassium, sodium

RESUMEN

La determinación de los minerales presentes en el fréjol resulta de gran importancia para evaluar su valor nutricional; por lo cual, se determinó calcio, hierro, sodio y potasio, mediante espectrofotometría de absorción atómica de llama. Se llevó a cabo un muestreo aleatorio en cinco lugares diferentes de la ciudad de Quito, que incluyeron supermercados y mercados populares. Los resultados experimentales para las cinco variedades de fréjol que incluyen: canario, bayo,

¹ Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Escuela de Ciencias Químicas. Quito Ecuador (boli_elis@hotmail.com, rgallegos@puce.edu.ec).

blanco, rojo y negro; varían de acuerdo con los siguientes rangos: 11,70-12,60 % corresponde al contenido de humedad; 69,94-122,89 mg/100 g corresponde a la concentración de calcio; 4,61-5,34 mg/100 g de hierro; 8,36-12,77 mg/100 g de sodio y 1192,62-1239,13 mg/100 g de potasio. El fréjol blanco presentó el mayor contenido de humedad, mientras que, el fréjol negro fue la variedad con mayor concentración de minerales. Mediante la prueba t, se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados experimentales y los datos proporcionados por la Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos, por lo cual, es necesaria su actualización. Además, los parámetros analizados en las distintas variedades difieren estadísticamente entre sí, y al mismo tiempo, dentro de la misma variedad, se encuentran diferencias significativas entre las cinco muestras tomadas, demostrando que la variedad y la muestra son factores que afectan los valores nutricionales del fréjol.

ABSTRACT

The determination of the minerals present in the beans is of great importance to evaluate their nutritional value; for which, calcium, iron, sodium and potassium were determined by flame atomic absorption spectroscopy. To accomplish the objective, random sampling was carried out in five different places in the city of Quito, which included supermarkets and popular markets. The experimental results for the five bean varieties: canario, bayo, white, red and black bean varieties; vary according to the following ranges: 11,70-12,60 % corresponds to the percentage of humidity; 69,94-122,89 mg/100 g corresponding to the calcium concentration; 4,61-5,34 mg/100 g of iron; 8,36-12,77 mg/100 g of sodium and 1192,62-1239,13 mg/100 g of potassium. White beans had the highest humidity content, while black beans were the highest concentration of minerals. By means of the t test, statistically significant differences were found between the experimental results and the data provided by the Ecuadorian Food Composition Table, which verified that an update is necessary. In addition, it was found that all analyzed parameters of all varieties differ statistically from each other, and at the same time, that within the same variety, significant differences are found between the five samples taken, demonstrating that the variety and the sample affect the nutritional values of the bean.

INTRODUCCIÓN

El fréjol ha formado parte del consumo humano directo a lo largo de la historia e incluso actualmente forma parte fundamental de la alimentación y nutrición mundiales. Es uno de los alimentos más consumidos no solo por su rico sabor, sino por el grado de nutrientes proteicos y calóricos que aporta, además de su bajo costo comparado con proteínas de origen animal (Ordóñez, 2006).

Según la FAO, esta leguminosa ocupa el octavo lugar entre las más sembradas en el planeta, y por ende, es una de las de mayor consumo, sobretodo en países latinoamericanos como Cuba, México, Costa Rica, Guatemala, Panamá, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, y muy apetecido en Europa, Estados Unidos y Japón (Ordóñez, 2006).

Su gran adaptabilidad y crecimiento en todo tipo de suelo, en diferentes climas, especialmente en los elevados, húmedos y fríos son los responsables para que esta gramínea haya trascendido de tal manera en el planeta (Ordóñez, 2006; Flores & Escalante, 2013). Se han encontrado

restos arqueológicos de cultivos de fréjol desde el norte de México hasta Argentina; incluso en Perú, que datan de hace 10000 años (Voysest, 1983). Para la población ecuatoriana, el fréjol constituye una de las principales fuentes de proteína y carbohidrato (Ospina, 2002). Su consumo se efectúa tanto en fresco (grano seco y verde), como en enlatados (Ordóñez, 2006). Con estos antecedentes, resulta de suma importancia el estudio exhaustivo de sus componentes.

Las tablas de composición nutricional muestran detalladamente los macro y micronutrientes presentes en los alimentos y su cantidad. La Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos fue realizada en 1965 (Ministerio de Salud Pública, 1965), si se tiene en cuenta que en el transcurso de aproximadamente 50 años, la composición de los alimentos y la vida cotidiana han variado, es indispensable su actualización.

Tener en el país tablas de composición nutricional actualizadas otorga al consumidor el conocimiento exacto de los nutrientes que contiene

cada alimento, lo que le permite establecer una dieta adecuada para mejorar su salud individual y en consecuencia la salud colectiva.

Ya que los minerales afectan directamente a la nutrición y consecuentemente a la salud, en este trabajo se propone el estudio de los principales minerales: calcio, hierro, sodio y potasio; presentes en las cinco varieda-

des de fréjol: canario, bayo, blanco, rojo y negro. En la Escuela de Ciencias Químicas se realizó el análisis proximal de esta leguminosa y con este estudio se pretende completar la información nutricional del producto, cuyo cultivo se ve afectado por factores ambientales, prácticas agrícolas, genética, tipo de suelo, uso de fertilizantes, plaguicidas, agua, etc.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la determinación de los parámetros de estudio, se utilizaron los métodos de análisis descritos en la 18^a edición de *Official Methods of Analysis of AOAC International (Association Of Official Analytical Chemists, 2005)*. Para la determinación de humedad, el método oficial 32.1.03, para la determinación de hierro el método oficial 999.10, mientras que, para la determinación de calcio, potasio y sodio se utilizó el método oficial 985.35.

Muestreo

Se realizó un muestreo aleatorio de las muestras de fréjol en supermercados y mercados populares de la ciu-

dad de Quito, durante cinco días. Se las recolectó en los envases originales para su consumo, las mismas que fueron transportadas al laboratorio.

Preparación de la muestra

Inicialmente se realizó la homogeneización de las muestras mediante el molino de microoperación continua para obtener el tamaño de partícula adecuado para los análisis. Las cuales fueron almacenadas en fundas *ziplock* a temperatura ambiente.

Determinación de humedad

Se pesó una cantidad conocida de muestra en un crisol (previamente ta-

rado), se sometió la muestra a calentamiento en una estufa Binder® FD 115 a $130 \pm 3^\circ\text{C}$ durante una hora y se determinó la variación de masa, causada por la pérdida de agua y la eliminación de sustancias volátiles a dicha temperatura.

Digestión de las muestras

Previo a la determinación de minerales se realizó la digestión de las muestras mediante un microondas CEM Innovators Microwave Technology, MDS-200. Para la digestión se utilizaron 0,5 g de muestra, con 5 mL de ácido nítrico concentrado y 2 mL de agua oxigenada 35 %. El proceso de digestión sigue los pasos de acuerdo con el método oficial 999.10:

Paso	Potencia (watts)	Duración (min)
1	250	3
2	630	5
3	500	22
4	0	15

Una vez digestada la muestra, fue trasvasada cuantitativamente a balones de 25 mL, los cuales se aforaron con agua desmineralizada.

Determinación de minerales

Para el análisis de los minerales se utilizó el espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer®, modelo AAnalyst 400, con las lámparas específicas para cada metal. De los minerales a analizar se construyeron las respectivas curvas de calibración para cuantificar la cantidad de metal presente en cada muestra. Para las curvas de calibración se utilizaron los siguientes estándares:

Mineral	Concentración estándar (mg/L)
Calcio	250
Hierro	250
Sodio	50
Potasio	100

En todos los casos se utilizó ácido nítrico 0,1 M como solvente, y se construyeron curvas de calibración para cada mineral en estudio.

Tratamiento y discusión de resultados

Para realizar el análisis estadístico se utilizaron como valores representativos, los resultados calculados del promedio total y la desviación total. Con estos resultados se realizaron las siguientes pruebas estadísticas:

• **Prueba t** demuestra si existen diferencias significativas entre los datos prácticos y los teóricos.

• **Prueba de Tukey** compara una a una todas las medias y determina las que presentan diferencias significativas específicamente.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestra el contenido de humedad y minerales de cada variedad de fréjol, en la cual se reporta

el promedio de tres repeticiones ± la desviación estándar:

Tabla 1. Contenido de humedad y minerales en las cinco variedades de fréjol

Variedad de fréjol	Humedad (%)	Concentración de minerales (mg/100 g)			
		Calcio	Hierro	Sodio	Potasio
Canario	12,27 ± 1,05	75,14 ± 6,55	4,91 ± 0,45	12,53 ± 4,51	1192,62 ± 110,69
Bayo	11,77 ± 0,56	69,94 ± 8,13	4,75 ± 0,75	8,36 ± 1,41	1210,18 ± 93,08
Blanco	12,60 ± 0,38	95,15 ± 16,40	4,61 ± 0,64	12,09 ± 4,75	1207,62 ± 104,19
Rojo	11,70 ± 0,81	85,54 ± 23,72	4,99 ± 0,44	12,73 ± 3,87	1204,04 ± 136,66
Negro	12,08 ± 0,52	122,89 ± 17,66	5,34 ± 0,71	12,77 ± 7,31	1239,13 ± 87,86

En la tabla se reporta el promedio de tres repeticiones ± la desviación estándar

Se realizó la prueba t para demostrar si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos expe-

rimentalmente y los datos reportados en la Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos de 1965.

Tabla 2. Datos reportados en la Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos

Parámetro	Canario	Bayo	Blanco	Cholo o rojo
Humedad (%)	14,5	12,4	11,4	14,7
Concentración calcio (mg/100 g)	102	130	131	119
Concentración hierro (mg/100 g)	4,6	6,7	6,6	5,7

El criterio de aceptación y rechazo de la hipótesis nula para la prueba t depende del valor de t calculado. Cuando la t calculada es mayor que la t tabulada, la hipótesis nula se re-

chaza; con lo que, se comprueba que existen diferencias significativas entre los datos experimentales y los datos de la tabla.

Tabla 3. Resultados prueba t

Parámetro	Variedad	t calculado	Criterionio
Humedad (%)	Canario	8,2405	H_0 rechazada
	Bayo	4,4127	H_0 rechazada
	Blanco	12,2514	H_0 rechazada
	Rojo	14,2938	H_0 rechazada
Concentración calcio (mg/100 g)	Canario	15,8832	H_0 rechazada
	Bayo	28,6067	H_0 rechazada
	Blanco	8,4678	H_0 rechazada
	Rojo	5,4632	H_0 rechazada
Concentración hierro (mg/100 g)	Canario	2,6751	H_0 rechazada
	Bayo	10,0913	H_0 rechazada
	Blanco	12,0741	H_0 rechazada
	Rojo	6,3075	H_0 rechazada

Se realizó la prueba de Tukey, para determinar cuántas y cuáles son las medias que presentan diferencias significativas. Para los cálculos los grados de libertad del error es 70 y el

número de tratamientos es 5, por lo cual, el valor de q encontrado en la Tabla de Tukey es 3,98 al 95% de confianza.

Tabla 4. Prueba de Tukey para el porcentaje de humedad

Comparación	Diferencia	HSD	Criterio
Canario con bayo	0,50	0,72	H_0 aceptada
Canario con blanco	0,33	0,72	H_0 aceptada
Canario con rojo	0,57	0,72	H_0 aceptada
Canario con negro	0,19	0,72	H_0 aceptada
Bayo con blanco	0,84	0,72	H_0 rechazada
Bayo con rojo	0,06	0,72	H_0 aceptada
Bayo con negro	0,31	0,72	H_0 aceptada
Blanco con rojo	0,90	0,72	H_0 rechazada
Blanco con negro	0,53	0,72	H_0 aceptada
Rojo con negro	0,37	0,72	H_0 aceptada

Tabla 5. Prueba de Tukey para la concentración de calcio (mg/100 g)

Comparación	Diferencia	HSD	Criterio
Canario con bayo	5,20	16,28	H_0 aceptada
Canario con blanco	20,00	16,28	H_0 rechazada
Canario con rojo	10,39	16,28	H_0 aceptada
Canario con negro	47,75	16,28	H_0 rechazada
Bayo con blanco	25,20	16,28	H_0 rechazada
Bayo con rojo	15,59	16,28	H_0 aceptada
Bayo con negro	52,95	16,28	H_0 rechazada
Blanco con rojo	9,61	16,28	H_0 aceptada
Blanco con negro	27,75	16,28	H_0 rechazada
Rojo con negro	37,36	16,28	H_0 rechazada

Tabla 6. Prueba de Tukey para la concentración de hierro (mg/100 g)

Comparación	Diferencia	HSD	Criterio
Canario con bayo	0,17	0,63	H_0 aceptada
Canario con blanco	0,31	0,63	H_0 aceptada
Canario con rojo	0,07	0,63	H_0 aceptada
Canario con negro	0,43	0,63	H_0 aceptada
Bayo con blanco	0,14	0,63	H_0 aceptada
Bayo con rojo	0,24	0,63	H_0 aceptada
Bayo con negro	0,59	0,63	H_0 aceptada
Blanco con rojo	0,38	0,63	H_0 aceptada
Blanco con negro	0,73	0,63	H_0 rechazada
Rojo con negro	0,36	0,63	H_0 aceptada

DISCUSIÓN

La humedad es un parámetro de calidad establecido en la Norma NTE INEN (Norma Técnica Ecuatoriana) 1561 referente a los requisitos del fréjol en grano, el porcentaje máximo de humedad que debe tener el fréjol es del 13 %. Además, es un factor que influye directamente en el deterioro de los granos almacenados, porque si no existe un adecuado control se promueve al crecimiento de hongos, bacterias e insectos.

Se observa que ninguna de las variedades de fréjol supera el límite máximo de humedad permitido, el fréjol blanco es la variedad que presenta mayor porcentaje de humedad.

Para la prueba t, en todos los parámetros estudiados y en las variedades se rechazó la hipótesis nula. Probablemente estas diferencias se deban al desarrollo tecnológico que existe con respecto a los equipos utilizados para el análisis de la composición de los alimentos en el año de 1965 y a las condiciones en que fueron realizados los análisis.

En lo referente a la concentración de calcio, el fréjol negro es la variedad que tiene mayor concentración de este mineral.

En cuanto a la concentración de hierro, el fréjol blanco presenta la menor cantidad de hierro y el fréjol negro es

la variedad con mayor concentración de este mineral.

CONCLUSIONES

En ninguna de las variedades el porcentaje de humedad promedio supera el permitido por la norma INEN 1561, demostrando que las condiciones de almacenamiento son controladas.

Los resultados revelaron que esta leguminosa es un alimento rico en potasio, pues es el mineral de mayor concentración, seguido de calcio, sodio y hierro.

El fréjol negro es la variedad que contiene mayor concentración de minerales, por lo cual se le considera la más nutritiva de las variedades analizadas.

Mediante la prueba t, se evidenció que los datos de nutrientes establecidos en la Tabla de Alimentos Ecuatorianos, elaborada en 1965, y los obtenidos en esta disertación, presentan diferencias significativas, por lo cual se comprobó que requiere su actualización.

A través del análisis de varianza y la prueba de Tukey se concluye que la variedad y la muestra son factores que influyen en los valores nutricionales del fréjol.

LITERATURA CITADA

- Association of Official Analytical Chemists. (2005). Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists International, 18th ed. Gathersburg, MD U.S.A Official methods, 32.1.03; 999.10; 985.35.
- Flores y Escalante, J. (2013). *Nuestro mero mole, breve historia de la cocina mexicana*, (2. ed.). México: Debolsillo.
- Ministerio de Salud Pública. (1965). *Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos*. <http://blog.espol.edu.ec/kcoello/tabla-de-composicion-de-alimentos-ecuatorianos>
- Ordóñez J. (2006). *Estudio del comportamiento y funcionamiento de la cadena de fréjol en las parroquias de Malacatos y El Tambo de los cantones Loja y Catamayo respectivamente*.
- http://www.asocam.org/portal/sites/default/files/publicaciones/archivos/ACT_253.pdf
- Ospina J. (2002). *Características Físico Mecánicas y Análisis de Calidad de Granos*. (1. ed.). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Voysest O. (1983). *Variedades de frijol en América Latina y su origen*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

