

VARIABILIDAD EN EL CONTENIDO DE TANINOS, PROTEÍNA Y PROPIEDADES FÍSICAS EN GRANOS DE HABA (*Vicia faba* L.)

Juan J. Calixto Muñoz¹, Delfina de J. Pérez López², Andrés González Huerta², Omar Franco Mora², Aran Morales Pérez² y Alejandra D. Solís Méndez³

RESUMEN

El cultivo de la haba representa una fuente importante de proteínas (14-35 %) y responde a necesidades básicas de campesinos, quienes favorecen la conservación de cultivares locales tradicionales. Sin embargo, su valor nutricional es comprometido por presencia de taninos que disminuyen el aprovechamiento de las proteínas y oscurecen el grano. El objetivo de este trabajo fue identificar la variabilidad en el contenido de taninos, proteínas y propiedades físicas en granos de 36 cultivares de haba, evaluados en campo, en Metepec, México. En todas las variables estudiadas se encontró variabilidad. Los cultivares ST21, M29, M30 mostraron mayores diferencias en el contenido de taninos condensados hidrolizables, proteína y propiedades físicas. El color de la testa evidenció la variabilidad de los materiales. Todos los cultivares, excepto M30, resultaron con granos grandes. En cuanto a la dureza de los granos, ST21 con 21,23 N fue la más suave. El contenido de proteína fue mayor en el cultivar C17 (30,10 %) y el menor lo presentó ST21 (14,17 %) seguido por Z28 (17,07 %). Se formaron cuatro grupos diferentes con equivalentes de leucocianidinas por gramo, donde varios cultivares superaron el valor de 4,0 y donde ST21 con 2,30 fue el menor. Para equivalentes de metil galato, A4 con 15,43 fue el mayor y ST21 con 6,07 el menor. Los cultivares C17, M32, A8 y A3 son los más representativos en cuanto a contenidos altos de proteína y menor contenido de taninos condensados.

Palabras clave adicionales: Color, cultivares locales, dureza de los granos, variabilidad entre cultivares

ABSTRACT

Variability in tannins and protein content and physical properties in faba bean grains (*Vicia faba* L.)

Faba bean (*Vicia faba* L.) is a plant with important protein content (14-35%) and responds to the basic needs of farmers who favor the conservation of traditional local cultivars. Its nutritional value is compromised by the presence of tannins that decrease the use of proteins and darkens the grain. The objective of this work was to identify variability in tannin content, protein and physical properties in grains of 36 broad bean cultivars, evaluated in field, in Metepec, Mexico. Variability was found in each of the evaluated variables. The cultivars ST21, M29 and M30 showed the greatest differences in content of condensed and hydrolyzable tannins, protein and physical properties. The color of the testa shows the variability of the materials. All cultivars, except M30, have large grains. Regarding grain hardness, ST21 with 21.23 N was the softest cultivar. Protein content was highest in cultivar C17 (30.10 %), and lowest in ST21 (14.17%), followed by Z28 (17.07 %). Four groups with leucocyanidin equivalents per gram were formed, with several cultivars above a value of 4.0, and where ST21 with 2.30 was the lowest. For methyl gallate equivalents, A4 with a value of 15.43 was the highest, and ST21 with 6.07 the lowest. The cultivars C17, M32, A8 and A3 are the most representative in terms of high protein content and lower content of condensed tannins.

Additional keywords: Color, cultivar variability, grain hardness, local cultivars

INTRODUCCIÓN

El cultivo de haba (*Vicia faba* L.) en México se

ha convertido en un cultivo alternativo con potencial y ha cobrado importancia en los últimos años, superando en el mercado los precios del maíz

Recibido: Octubre 21, 2019

Aceptado: Abril 24, 2020

¹ IPrograma de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Campus Universitario "El Cerillo", Toluca, Estado de México. México. e-mail: jjcalixto@gmail.com (autor de correspondencia)

² Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Campus Universitario "El Cerillo", Toluca. e-mail: djperez@uaemex.mx; agonzalez@uaemex.mx; ofranco@uaemex.mx; aaranmorper@gmail.com

³ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Campus Universitario "El Cerillo", Toluca.. e-mail: donaxiii@gmail.com

y el frijol, debido a su alto contenido de proteína (25-37 %) (Crepon et al., 2010; Salazar et al., 2015).

En diversas zonas, los campesinos al sembrar cultivares de haba, conservan y desarrollan la diversidad genética de este cultivo a través de la selección dirigida a favorecer diversas características de interés. Para ello, se basan en su experiencia en el manejo de los sistemas de producción tradicional y el amplio conocimiento integral de los recursos genéticos, a tal magnitud, que responde a las necesidades básicas de los campesinos y al mismo tiempo representa su estilo de vida (Díaz et al., 2008).

El valor nutricional del haba se compromete por la presencia de factores antinutricionales encontrados en la testa y cotiledones del grano. Los taninos y fenoles reducen la energía digestiva, digestibilidad e incrementan la excreción endógena de proteínas (Crepon et al., 2010). Estos efectos adversos pueden reducirse mediante el pelado de los granos y el cocinado térmico (Henriquez et al., 2018), pero en altas cantidades no son métodos prácticos. Por su parte, el uso de cultivares con bajo contenido de taninos también favorecerían el mayor aprovechamiento de dichas proteínas. Crepon et al. (2010) mencionan que los granos con bajos contenidos de taninos mantienen el color de la testa por un tiempo prolongado, comparadas con las que tienen una cantidad alta al momento de la cosecha.

Por otro lado, la existencia de taninos en los granos de haba tiene beneficios fisiológicos y fitoprotectores; por ejemplo, los cultivares que contienen taninos son menos susceptibles a heladas, y a algunas plagas y enfermedades (Henriquez et al., 2018).

Lo anterior es una disyuntiva importante, pues además de la sanidad y el tamaño del grano, el color es uno de los principales atributos que influye en la aceptación sensorial, en la identificación de variabilidades, detección de defectos y anomalías. Los procesadores y consumidores son reacios para adquirir granos oscuros, ya que el color es considerado un índice de calidad o de frescura y los consumidores asocian el color oscuro con granos viejos (Díaz et al., 2008; Nasar et al., 2009; García et al., 2016).

Nasar et al. (2009) reportaron que los granos almacenados con pérdida total de fenoles, taninos y proantocianidinas presentaron incrementos de oscurecimiento en el color de cotiledón y testa. La

diversidad en colores de testa indica la variabilidad existente de las variedades cultivadas y se debería aprovechar esa variabilidad con fines de mejorar la calidad nutricional y culinaria de los granos (Díaz, 2009).

La disyuntiva entre las técnicas de mejoramiento y la presencia o ausencia de taninos aunadas a la conservación de especies es muy alta. El empleo de diferentes formas de mejoramiento clásico apoyadas por técnicas modernas podría ser una alternativa de respuesta y la correcta identificación de la presencia tanto de fenoles como de taninos permitiría apoyar el mejoramiento tendente a que el contenido proteico del grano pueda ser en su mayoría disponible y a la vez evitar su oscurecimiento.

Finalmente, al considerar la conservación de especies que pudiesen contribuir a la mejora en un futuro de este cultivo, se contribuiría a mejorar la economía de los productores. Por esta razón el objetivo del presente estudio fue identificar la variabilidad en el contenido de taninos, proteína y propiedades físicas en granos de 36 cultivares locales tradicionales de haba (*Vicia faba* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y diseño experimental. Se evaluaron 36 cultivares de haba (*Vicia faba* L.) colectados en los municipios Mexiquenses (estado de México) de Acambay (A1-A9); Calimaya (C10-C19); Mexicalcingo (m20); Santiago Tianguistenco (ST21-ST25); Zinacantepec (Z26-Z28); Metepec (M29-M32); Toluca (T33-T35) y Lerma (L36), en ciclo primavera-verano de 2012 en el municipio de Metepec, México, localizado a 19° 15' N y 99° 36' W, a 2670 msnm. El clima es templado en primavera y templado húmedo con lluvias en verano, semifrío con ligeras lluvias en otoño y frío en invierno; la temperatura media es de 14 °C. El suelo es franco arcilloso, con pH de 6,8 y ligeramente salino.

Los 36 cultivares de haba fueron aleatorizados en campo en un diseño completamente al azar con tres repeticiones. El tamaño de la parcela experimental fue de tres surcos de 4 m de largo, 0,80 m entre surcos, 0,40 m entre plantas y 0,50 m de bordura entre repeticiones. La parcela útil fue el surco central.

Cosecha y tratamiento poscosecha. La cosecha tuvo lugar cuando la planta estuvo completamente

senescente, a los 150 días; se seleccionaron plantas del surco central y se desvainaron aquellas que tuvieran al menos un grano totalmente desarrollado. Se colocaron los granos en bolsas de papel y se almacenaron a temperatura de -20 °C. Para la evaluación de la variabilidad se tomaron 50 granos de cada cultivar (Tsiatas et al., 2019).

Preparación de las muestras para análisis. Se molieron por separado cotiledones y testas por cultivar, secadas previamente a 50 °C, hasta obtener un polvo fino empleando un molino Cyclotec 1093. Una muestra de 30 g y 10 g (cotiledones y testa, respectivamente) del material molido se usó para cada una de los análisis.

Color L*, a* y b* en cotiledón y testa. Empleando un fotocolorímetro Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta) que señala las valoraciones de color con base en la escala de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE). Se tomaron 10 granos completos y 10 cotiledones de cada cultivar por repetición midiendo el color en la cubierta seminal. Los granos fueron colocados en una pieza de porcelana blanca, la boquilla del aparato cubrió el centro del grano y se midió el color en ambas caras, los dos valores fueron promediados. El instrumento fue calibrado antes de la primera medición y después de cada 30 mediciones empleando una pieza de porcelana blanca ($L^*=96,9$; $a^*=0,04$; $b^*=1,84$). Los diez valores obtenidos para cada cultivar se promediaron y constituyeron el valor medio.

Longitud, ancho y espesor de cotiledón y testa. Se utilizaron 10 cotiledones y 10 granos de cada cultivar por repetición a los que se les midió: longitud, ancho y espesor usando un vernier digital.

Peso del grano. Se pesaron al azar 10 piezas con 2 cotiledones en una balanza analítica modelo Chyo JL-200.

Dureza de corte del grano. Se empleó un texturómetro Shikibu Rheometer EZ-Test con una base de acero de 12 x 8 x 3 cm, un orificio en el centro de 1 x 8 cm. Tenía una sonda de 10 cm de longitud y 0,95 cm de diámetro unida a una cuchilla de 3 cm de ancho por 3,8 cm de largo con filo de 0,1 cm de espesor. De cada cultivar se tomaron 6 cotiledones al azar con tres repeticiones.

Humedad en cotiledones y testa. Muestras de cada cultivar se colocaron en crisoles y se secaron por 3 h en estufa a 105 °C, se dejaron enfriar para registrar el peso final (AOAC, 1999). Dado que el grano se cosechó seco, esta variable indicó el

grado de madurez y su posible influencia en el color de los mismos.

Minerales del grano. Muestras de cada cultivar fueron pesadas en crisoles y se calcinaron en mufla a 550 °C por una hora, se dejó enfriar en un desecador y se pesó (AOAC, 1999).

Proteína del grano. Se tomaron 0,2 g de muestra de cada cultivar por repetición, se agregaron 5 mL de H₂SO₄ concentrado, ½ pastilla catalizadora y se colocaron en un digestor microkjeldahl por 4 horas y se dejaron enfriar, luego se adicionó NaOH para realizar la destilación, y finalmente se tituló con HCl 0,01 N. El valor de nitrógeno obtenido se multiplicó por 5,51 recomendado para granos de oleaginosas y soya (AOAC, 1999).

Taninos. De cada cultivar se tomaron muestras de 0,2 g, con tres repeticiones. Se colocaron en un tubo tipo Eppendorf y se le adicionaron 10 mL de metanol al 50 % y se llevaron a un baño ultrasónico por 20 min. Se centrifugaron a 3000g a 4 °C, luego se colectó el sobrenadante el cual se mantuvo a 6 °C (Makkar, 2003). El procedimiento se realizó por triplicado.

- Taninos condensados (equivalentes de leucocianidinas). A 0,5 mL del extracto de taninos de cada cultivar se agregaron 3,0 mL de butanol-HCl y 1,0 mL de reactivo férrico, se mezclaron y calentaron a un rango de 97-100 °C por 60 min. Se dejaron enfriar, se les colocó metanol al 50 %, en cantidad suficiente para luego medir la absorbancia a 550 nm. El procedimiento se hizo por triplicado.

- Taninos hidrolizables (equivalentes de metil galato). En un tubo tipo Eppendorf se colocaron 20 mg de muestra, 2 mL de metanol y 200 µL de ácido sulfúrico 18 M. Se colocaron los tubos a 85 °C por 20 h, posteriormente se centrifugaron a 3000g por 10 min y se transfirió el sobrenadante a un tubo limpio. El tubo se centrifugó y se lavó con agua destilada. Se ajustó después de los lavados a un volumen final de 3 mL con agua destilada. Posteriormente, se agregaron 50 µL de etanolamina y se ajustó el pH a 5,5. Una vez hecho esto se midió la absorbancia a 525 nm. El procedimiento se hizo por triplicado.

Análisis estadístico. Los datos de variabilidad en el contenido de taninos, proteína, humedad y propiedades físicas se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba LSD empleando el software estadístico SAS 9.0 (Cary, NC, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se hallaron diferencias significativas entre los diferentes cultivares en cotiledón y/o testa para las variables color (Cuadro 1), variables físicas y morfométricas (Cuadro 2), y variables de humedad, minerales y proteína del grano (Cuadro 3). También, el contenido de taninos condensados e hidrolizables fueron significativamente diferentes entre los cultivares (Figura 1).

Color L*, a* y b* en cotiledón y testa. En el color L* de cotiledones, los cultivares M29, M30 y ST21 (53,93, 53,27 y 52,30) fueron los menos brillantes u opacos, con valores más bajos en L*; en la testa este parámetro mantuvo similar respuesta ya que M30 (19,70) fue el más bajo seguido por M29 (37,77) y ST21 (38,47) (Cuadro 1). Estas cifras muestran mayor brillo en los cotiledones que en la testa, lo que indica que ser protegidos por la testa mantienen mayor luminosidad respecto a ella. El brillo de los granos es una característica deseable al momento de la cosecha y los consumidores finales lo asocian con un producto de buena calidad (Tsialtas et al., 2019).

En los cotiledones, los valores negativos del color a* indican que este parámetro tuvo la tendencia a verde con diferentes intensidades en todos los cultivares. Nuevamente, M29 tuvo el valor más bajo en términos absolutos (-0,967) seguido por ST21 (-1,033). Para la testa, el color a* de los cultivares cambio de verde en los cotiledones a rojo, el más bajo fue C15 con 1,73 de rojo intenso; el más alto T34 (7, 93) indica un tono rojo diferente al resto de los cultivares (Cuadro 1).

Finalmente, el color b* en la mayoría de los cultivares mostró valores mayores con tendencia a amarillo claro; sin embargo, M29 (22,5) y ST21 (25,7) tuvieron valores bajos con tendencia a un color amarillo intenso. A la par, el color b* fue mayor en A1 y A3 (40,40 y 40,90) y menor en M30 (8,57) seguido por M29 (20,17) que mantuvo

la tendencia más acentuada en este color (Cuadro 1). La diversidad morfológica se expresa en diferentes caracteres de la planta como en el color de grano (Díaz, 2009), y el color amarillo es uno de los parámetros en los que los productores y consumidores dan importancia al momento de adquirir el grano. De esta forma, la escala L*, a*, b* puede ser utilizada como herramienta al evaluar granos de diverso material genético o incluso cultivares comerciales de haba según su contenido de fenoles y taninos (Tsialtas et al., 2019).

Longitud, ancho y espesor del cotiledón. Los cultivares C10, C11, C12, C13, C17, C18, C19, m20, Z28 y T35 son los más largos y M29 el más corto y menos ancho junto a ME30 (Cuadro 2). El espesor de los cotiledones estuvo en el rango de 0,27 mm (m20, Z28y M29) a 0,53 mm (A2). Los cultivares de granos grandes son los más solicitados para ser empleadas como alimento en verde como verdura fresca o en seco. Los de granos medianos son los más producidos, y generalmente se emplean para alimentación animal en culturas europeas y como legumbre seca en el Este de Asia y Norte de África. El progreso de multiplicación en rendimiento tiende a ser más rápido en esta clase intermedia de grano, quizás por el balance entre el tamaño del grano con la altura de la planta y el alto rango de multiplicación de los granos más pequeños (Duc et al., 2015).

Peso del grano. Se encontró variabilidad en un intervalo de 1,10 g en M30 hasta el valor máximo de 2,27 g en C10 (Cuadro 2). Esta variabilidad genética ubica a todos los cultivares, a excepción de M30 dentro de la clasificación de haba grande (*Vicia faba*, var. Major), con un peso de grano mayor a 1,1 g desarrolladas en regiones de China y el sur del Mediterráneo. En otro lado se encuentra, M30, con tamaño de grano intermedio *Vicia faba* var. Equina, (0,45-1,1 g por grano), desarrollada en el medio Este y Norte de África (Duc et al., 2015).

Cuadro 1. Valores medios para color según la escala de la Comisión Internacional del Color (CIE) de cotiledón y testa de 36 cultivares locales tradicionales de haba (*Vicia faba*)

Cultivar	Cotiledón			Testa		
	L*	a*	b*	L*	a*	B*
A1	78,93 a	-1,900 c	41,2 a	59,20 a	2,90 cde	40,40 a
A2	79,23 a	-2,033 c	40,5 a	59,90 a	2,20 de	39,57 ab
A3	79,23 a	-1,933 c	39,9 a	60,87 a	2,20 de	40,90 a
A4	79,70 a	-1,60 abc	40,5 a	57,83 a	4,13 bcde	39,07 abc
A5	79,00 a	-0,933 c	40,1 a	58,37 a	3,80 bcde	38,73 abc
A6	79,27 a	-2,000 c	39,4 a	57,77 a	3,53 bcde	38,17 abc
A7	78,60 a	-1,967 c	41,2 a	57,50 a	2,97 cde	37,77 abc
A8	79,60 a	-2,033 c	40,8 a	58,03 a	2,37 de	39,43 ab
A9	78,37 a	-1,633 abc	39,7 a	58,87 a	3,60 bcde	39,10 abc
C10	78,43 a	-1,833 bc	38,4 a	54,47 a	4,07 bcde	33,03 abc
C11	78,33 a	-1,933 c	38,4 a	56,07 a	3,80 bcde	35,93 abc
C12	79,17 a	-2,067 c	36,7 ab	57,57 a	3,97 bcde	35,77 abc
C13	78,27 a	-1,633 abc	38,5 a	58,37 a	3,47 bcde	36,10 abc
C14	78,97 a	-1,900 c	38,1 a	56,40 a	3,73 bcde	34,37 abc
C15	78,57 a	-2,167 c	38,8 a	56,53 a	1,73 e	36,17 abc
C16	78,43 a	-1,967 c	37,3 ab	57,60 a	2,40 de	34,07 abc
C17	78,77 a	-1,967 c	37,3 ab	57,37 a	2,43 cde	35,80 abc
C18	78,47 a	-1,767 abc	37,8 a	57,40 a	3,50 bcde	34,83 abc
C19	79,50 a	-1,900 c	38,2 a	55,40 a	4,67 bcde	34,47 abc
m20	79,37 a	-1,733 abc	37,0 ab	59,50 a	2,13 de	36,13 abc
ST21	52,30 b	-1,033 ab	25,7c	38,47 b	2,27 de	23,57 de
ST22	79,20 a	-1,933 c	36,7ab	56,70 a	4,73 bcde	34,67 abc
ST23	79,37 a	-1,967 c	37,5ab	57,33 a	3,23 bcde	35,30 abc
ST24	78,83 a	-1,467 abc	38,4 a	55,23 a	4,60 bcde	34,17 abc
ST25	79,30 a	-1,900 c	37,1 ab	55,90 a	4,53 bcde	35,47 abc
Z26	77,73 a	-1,733 abc	38,1 a	58,37 a	3,07 cde	36,90 abc
Z27	80,03 a	-2,133 c	39,7 a	54,03 a	4,27 bcde	36,53 abc
Z28	78,20 a	-1,733 abc	39,3 a	58,10 a	2,77 cde	35,63 abc
M29	53,93 b	-0,967 a	22,5 c	37,77 b	2,70 cde	20,17 e
M30	53,27 b	-1,567 abc	27,0 bc	19,70 c	4,90 bcd	8,57 f
M31	79,13 a	-2,000 c	39,7 a	49,23 ab	6,20 ab	30,23 cd
M32	78,70 a	-2,067 c	40,1 a	57,63 a	3,07 cde	37,37 abc
T33	79,20 a	-1,867 c	40,4 a	56,00 a	3,33 bcde	35,10 abc
T34	78,73 a	-1,93 c	39,0 a	52,13 a	7,93 a	31,10 cd
T35	79,07 a	-1,533 abc	38,0 a	53,20 a	5,43 abc	33,83 abc
L36	79,50 a	-2,067 c	39,8 a	56,47 a	4,80 bcd	36,67 abc

Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes según la prueba LSD ($P \leq 0,05$); Color L* en cotiledón y testa (negro = 0, blanco = 100); Color a* en cotiledón y testa (rojo= valor +, verde = valor -); Color b* en cotiledón y testa (amarillo=valor +, azul=valor-).

Cuadro 2. Valores medios para longitud, ancho y espesor de cotiledón; peso del grano; dureza de corte del grano de 36 cultivares locales tradicionales de haba (*Vicia faba*)

Cultivar	Cotiledón			Grano	
	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (g)	Dureza de corte (N)
A1	2,33 abc	1,43 abc	0,40 abc	1,53 cdefg	31,10abcd
A2	2,30 abc	1,43 abc	0,53 a	1,53 cdefg	33,90 abc
A3	2,40 abc	1,13 bc	0,43 ab	1,63 bcdef	39,80 a
A4	2,37 abc	1,43 abc	0,33 bc	1,53 cdefg	30,97 abcd
A5	2,37 abc	1,47 ab	0,37 bc	1,60 bcdef	33,10 abcd
A6	2,40 abc	1,43 abc	0,40 abc	1,57 bcdefg	33,67 abc
A7	2,40 abc	1,50 ab	0,40 abc	1,53 cdefg	32,80 abcd
A8	2,30 abc	1,40 abc	0,40 abc	1,47 defg	32,70 abcd
A9	2,40 abc	1,43 abc	0,40 abc	1,57 bcdefg	34,77 ab
C10	2,67 a	1,70 a	0,40 abc	2,27 a	30,60 abcd
C11	2,70 a	1,63 a	0,40 abc	2,00 abcd	33,73 abc
C12	2,77 a	1,70 a	0,40 abc	2,03 abcd	27,23 bcd
C13	2,77 a	1,67 a	0,43 ab	1,83 abcd	29,37 abcd
C14	2,60 a	1,67 a	0,40 abc	1,97 abcd	32,63 abcd
C15	2,57 ab	1,67 a	0,40 abc	1,90 abcd	27,77 abcd
C16	2,57 ab	1,60 a	0,40 abc	2,10 abc	30,87 abcd
C17	2,70 a	1,70 a	0,43 ab	2,03 abcd	34,77 ab
C18	2,77 a	1,67 a	0,40 abc	2,13 ab	33,43 abcd
C19	2,63 a	1,60 a	0,40 abc	1,93 abcd	31,63 abcd
m20	2,60 a	1,63 a	0,27 c	1,93 abcd	33,90 abc
ST21	1,83 bcd	1,47 ab	0,43 ab	1,17 fg	21,23 d
ST22	2,73 a	1,73 a	0,40 abc	2,00 abcd	32,27 abcd
ST23	2,70 a	1,70 a	0,40 abc	2,10 abc	27,57 abcd
ST24	2,57ab	1,53 ab	0,43 ab	1,67 bcdef	34,77 ab
ST25	2,73 a	1,73 a	0,40 abc	1,93 abcd	31,07 abcd
Z26	2,40 abc	1,60 a	0,37 bc	1,90 abcd	33,87 abc
Z27	2,40 abc	1,53 ab	0,40 abc	1,63 bcdef	33,63 abc
Z28	2,63 a	1,63 a	0,27 c	2,03 abcd	31,93 abcd
M29	1,50 d	1,00 c	0,27 c	1,00 g	21,70 cd
M30	1,67 cd	1,00 c	0,37 bc	1,10 fg	22,23 cd
M31	2,57 ab	1,60 a	0,40 abc	1,77 abcde	30,27 abcd
M32	2,43 ab	1,53 ab	0,40 abc	1,67 bcdef	36,97 ab
T33	2,33 abc	1,47 ab	0,40 abc	1,20 efg	38,57 ab
T34	2,40 abc	1,50 ab	0,40 abc	1,53 cdefg	37,30 ab
T35	2,60 a	1,60 a	0,40 abc	1,63 bcdef	34,93 ab
L36	2,40abc	1,53 ab	0,40 abc	1,63 bcdef	37,83 ab

Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes según la prueba LSD ($P \leq 0,05$)

Dureza de corte del grano. El cultivar A3 es el de mayor dureza con 39,80 N, en contraparte ST21 (21,23 N) seguido por M29 y M30 (21,79 N, 22,23 N) son los más suaves (Cuadro 2). Elfadul (2004) reportó que la dureza del grano va en función de variabilidad del periodo de madurez y floración, exposición a altas temperaturas y la

posición de la vaina en el tallo de la planta. Altuntas y Yıldız (2007) mencionan que la deformación específica y energía de la ruptura de los granos de haba aumentan en la magnitud con un aumento en el contenido de humedad, mientras que la fuerza de la ruptura disminuye. Respecto a este parámetro existen pocos reportes sobre la

dureza de los granos, sin embargo, es un aspecto importante que merece ser estudiado.

Humedad en cotiledones y testa. La humedad tanto en cotiledones como en testa mantuvo las tendencias de los cultivares (Cuadro 3). La menor humedad en cotiledones se encontró en M29 y M30 (7,23 %, 7,03 %) seguidos por ST21 (8,60 %)

mientras que el resto tuvo valores por encima del 11 %. De manera similar, para humedad en testa M29 y M30 (7,23 %, 7,03 %) seguidas por ST21 (7,83 %) presentaron los valores mínimos, mientras que el resto de cultivares estuvo por encima de 10,87 %.

Cuadro 3. Valores medios para humedad de cotiledón y testa, minerales y proteína de grano de 36 cultivares locales tradicionales de haba (*Vicia faba*)

Cultivar	Humedad (%)		Minerales (%)	Proteína (%)
	Cotiledón	Testa		
A1	11,87 ab	10,93 ab	3,83 abcd	26,80 ab
A2	11,77 ab	10,93 ab	3,80 abcd	21,87 bcde
A3	12,33 a	11,23 a	3,60 abcd	26,50 ab
A4	13,00 a	11,57 a	3,77 abcd	26,87 ab
A5	12,57 a	11,57 a	3,47 abcd	18,40 def
A6	11,87 ab	10,97 ab	3,63 abcd	25,80 abc
A7	11,73 ab	11,23 a	3,60 abcd	25,50 abcd
A8	12,60 a	11,60 a	3,60 abcd	27,37 ab
A9	11,97 ab	11,17 a	3,70 abcd	26,47 abc
C10	11,97 ab	11,27 a	4,30 a	24,07 abcde
C11	12,37 a	11,67 a	4,30 a	24,70 abcd
C12	13,80 a	11,97 a	4,37 a	23,60 abcde
C13	12,30 a	11,30 a	4,27 a	24,03 abcde
C14	11,67 ab	11,00 ab	4,33 a	25,73 abc
C15	12,07 ab	10,80 ab	4,13 abc	26,30 abc
C16	11,33 ab	10,87 ab	4,17 ab	24,73 abcd
C17	12,07 ab	11,17 a	4,23 a	30,10 a
C18	11,97 ab	11,30 a	4,17 ab	26,33 abc
C19	12,80 a	11,90 a	4,23 a	26,53 ab
M20	12,90 a	11,90 a	4,27 a	21,87 bcde
ST21	8,60 bc	7,83 bc	2,90b cd	14,17 f
ST22	11,53 ab	10,87 ab	4,17 ab	25,33 abcd
ST23	12,97 a	11,93 a	4,07 abcd	27,47 ab
ST24	11,70 ab	10,97 ab	4,30 a	25,47 abcd
ST25	12,43 a	11,43 a	4,13 abc	26,97 ab
Z26	12,77 a	11,77 a	3,83 abcd	25,27 abcd
Z27	12,13 a	11,27 a	3,67 abcd	25,80 abc
Z28	12,57 a	11,57 a	3,90 abcd	17,07 ef
M29	7,80 c	7,23 c	2,80 d	19,17 cdef
M30	7,57 c	7,03 c	2,87 cd	26,43 abc
M31	11,87 ab	11,00 ab	3,87 abcd	25,10 abcd
M32	12,03 ab	11,03 a	3,93 abcd	28,77 ab
T33	11,53 ab	10,87 ab	3,97 abcd	26,30 abc
T34	12,40 a	11,40 a	4,17 ab	24,30 abcde
T35	12,90 a	11,73 a	3,97 abcd	28,03 ab
L36	12,07 ab	11,07 a	3,77 abcd	25,30 abcd

Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes según la prueba LSD ($P \leq 0,05$)

Minerales y proteína del grano. Los minerales presentes en los cultivares ME29 y ME30 (2,80 %, 2,87 %) fueron los más bajos, el resto tuvo concentraciones superiores a 2,87 % hasta 4,33 % (Cuadro 3).

Proteína. El contenido de proteína fue mayor en C17 (30,10 %), el valor menor lo tuvo ST21 (14,17 %) seguido por Z28 (17,07 %) mientras que el resto estuvo por encima del 18 % (Cuadro 3). Los rangos de proteína encontrados en este trabajo a excepción de ST21 coinciden con los reportados por Duc et al. (2015) quien ubica a los granos de haba en un rango de 17,6-34,5 %. Estos valores difieren de los de Crepon et al. (2010)

quien reportó un rango de 25-37 %.

Taninos condensados e hidrolizables. El análisis indicó que el cultivar ST21 tuvo la menor concentración de taninos condensados (2,30 equivalentes de leucocianidinas por gramo) mientras que los cultivares con mayor contenido fueron C18, A1, A2, C11, A4, ST23, ST25 y Z26 con valores de 4,3 o superiores. Respecto a los taninos hidrolizables (ppm equivalentes de metil galato), el cultivar A4 tuvo la mayor concentración (15,43) y ST21 la menor (6,07) seguida por L36 y M30 (6,77 y 6,90, respectivamente) (Figura 1).

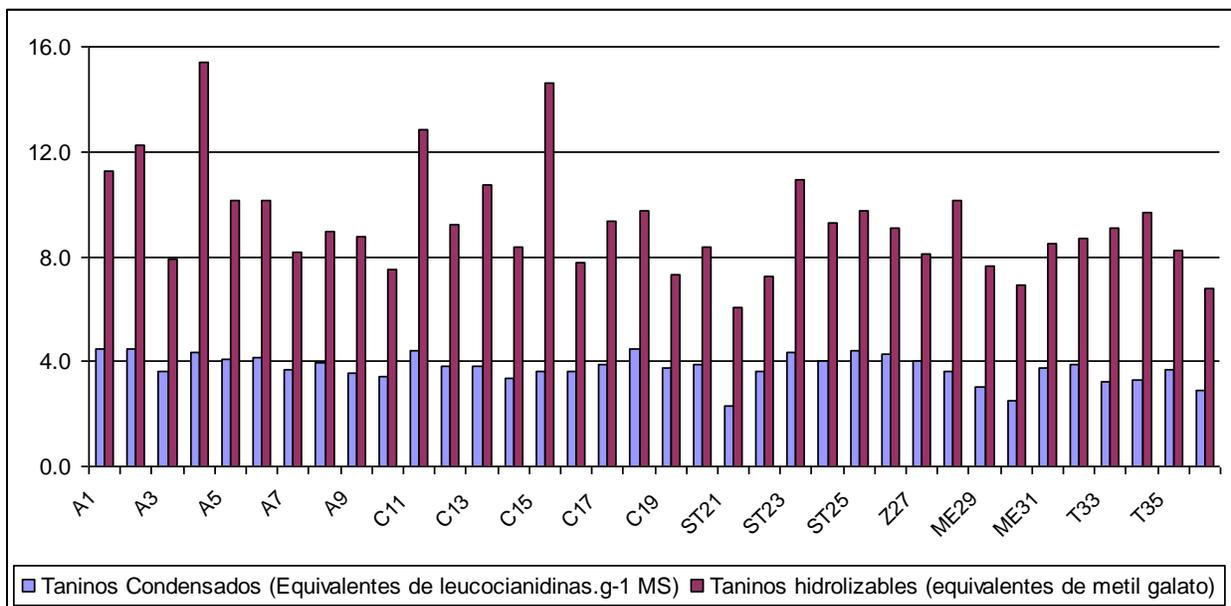


Figura 1. Valores medios para contenido de taninos condensados e hidrolizables de 36 cultivares locales tradicionales de haba

Los resultados indican la variabilidad entre los cultivares y el rango diverso en las concentraciones de taninos. Duc et al. (2015) mencionan que, en ausencia de taninos en los granos, se mejoraría la digestibilidad de las proteínas en ganado monogástrico; sin embargo, Nasar et al. (2009) reportan que en granos almacenadas hubo pérdida de fenoles, taninos y proantocianidinas lo que ocasionó el oscurecimiento en el color de la testa y cotiledones; esto refuerza la idea de que es preferible seleccionar los cultivares con menores contenidos de taninos. Tsialtas et al. (2019) mencionan que un bajo contenido de taninos y

fenoles son características preferibles en el momento de la cosecha para que los consumidores finales obtengan un producto con calidad sensorial y nutricional.

Se estima que la ingesta aproximada de polifenoles en el ser humano es de 800 mg al día en la dieta occidental; sin embargo, las estimaciones están en base a compuestos fenólicos totales. De este valor, sólo un porcentaje es considerado específicamente de taninos, por lo que es difícil determinar la cantidad exacta de taninos que ingieren las personas en la dieta (Hervert et al., 2011). Basados en la característica de los taninos por unirse a las proteínas, en los

forrajes se han comprobado efectos positivos y negativos de los taninos condensados según la concentración a la que se encuentren. De acuerdo a lo anterior y a los resultados del presente estudio, se identificaron cultivares con alto contenido de proteína y bajo contenido de taninos condensados como C17, M32, A8 y A3; estos cultivares son los más representativos considerando valores de proteína por encima de 25 %.

CONCLUSIONES

Se encontró variabilidad en el contenido de taninos, proteína y propiedades físicas en los diferentes granos de haba. Respecto al color, los cultivares M29, M30 y ST21 son los granos más opacos. Todos los cultivares quedaron clasificados como de grano grande, con excepción de ME30 el cual mostró un grano mediano. En cuanto a la dureza de los granos ST21 con 21,23 N fue la más suave. El cultivar C17 es el de mayor contenido de proteínas. Por contenido de taninos condensados se identificaron cuatro grupos con diferentes concentraciones donde el cultivar ST21 con 2,30 equivalentes de leucocianidinas·g⁻¹ MS fue el de menor valor. Para taninos hidrolizables se encontraron 15 grupos distintos de acuerdo con su concentración de equivalentes de metil galato donde A4 con 15,43 fue la de mayor concentración y ST21 la de menor con 6,07. Tomando únicamente los materiales con alto contenido de proteína y bajo contenido de taninos condensados, los cultivares C17, M32, A8 y A3 son los más representativos. Para sugerir los cultivares que realmente tienen potencial en su uso, se recomienda generar información sobre la digestibilidad de cada uno.

AGRADECIMIENTO

Al proyecto de investigación denominado “Variabilidad y diversidad fenotípica en poblaciones de haba colectadas en el valle de Toluca-Atzacmulco”, por el financiamiento brindado. A los laboratorios de: Horticultura de la Facultad de Ciencias Agrícolas; Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; Cereales de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México por las facilidades para realizar los análisis

LITERATURA CITADA

1. Altuntas, E. y M. Yıldız. 2007. Effect of moisture content on some physical and mechanical properties of faba bean (*Vicia faba* L.) grains. *Journal of Food Engineering* 78: 174-183.
2. AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1999. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 16th ed. Washington, D.C. http://www.aoac.org/aoac_prod_imis/AOAC/Publications/ (consulta de Julio 15, 2016).
3. Crepon, K., P. Marget, C. Peyronnet, B. Carrou, P. Arese y G. Duc. 2010. Nutritional value of faba bean (*Vicia faba* L.) seeds for feed and food. *Field Crop Research*. 115: 329-339.
4. Díaz-Bautista, M., B.E. Herrera-Cabrera, J. Ramírez-Juárez, M. Aliphat-Fernández y A. Delgado-Alvarado. 2008. Conocimiento campesino en la selección de cultivares de haba (*Vicia faba* L.) en la Sierra Norte de Puebla México. *Interciencia* 33: 610-615.
5. Díaz, R.R. 2009. Diversidad morfológica de las habas (*Vicia faba* L.) cultivadas en regiones productoras de México y rendimiento de grano. *In: Tecnologías de Granos y Granos*. Libros Técnicos: Serie Agricultura. 1ª edición, México. pp. 263-278.
6. Duc, G., J.M. Aleksic, P. Marget, A. Mikić, J. Paull, R.J. Redden et al. 2015. *In: A.M. De Ron (ed.). Faba Bean. Grain Legumes, Handbook of Plant Breeding, Volume 10*. Springer Science. Spanish National Research Council (CSIC), Pontevedra, Spain. pp. 141-178.
7. García, B.Y.P., P.L.A. Caballero y O.Y. Maldonado. 2016. Evaluación del color en el tostado de haba (*Vicia faba*). *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 14(2): 54 -67.
8. Henriquez, B., M. Olson, C. Hoy, M. Jackson y T. Wouda. 2018. Frost tolerance of faba bean cultivars (*Vicia faba* L.) in central Alberta. *Can. Journal of Plant Science* 98: 509-514.
9. Hervert, D., O. García, J. Rosado e I. Goñi. 2011. The contributions of fruits and vegetables to dietary intake of polyphenols and antioxidant capacity in a Mexican rural diet: importance of fruit and vegetables variety.

- Food Research International 44: 1182-1189.
10. Makkar, H.P.S. 2003. Quantification of tannins in tree and shrub foliage. A laboratory manual. Kluwer Academic Publishers. Groningen, Netherlands. 102 p.
 11. Nasar-Abbas, S.M., K.H.M. Siddiquec, J.A. Plummera, P.F. Whitee, D. Harrisf, K. Dods y M. D'Antuono. 2009. Faba bean (*Vicia faba* L.) seeds darken rapidly and phenolic content falls when stored at higher temperature, moisture and light intensity. Food Science and Technology 42: 1703-1711.
 12. Salazar-Laureles, M.E., D. de J. Pérez-López, A. González-Huerta, L.M. Vázquez-García y E. Valadez-Moctezuma. 2015. Genetic variability analysis of faba bean (*Vicia faba* L.) accessions using Inter-Simple Sequence Repeat (ISSR) markers. Chilean Journal of Agricultural Research 75(1): 122-130.
 13. Tsialtas, J.T., M. Irakli y A. Lazaridou. 2019. Exit of seed weevil and its parasitoid changed testa color but not phenolic and tannin contents in faba beans. Journal of Stored Products Research 82: 27-30.