

VARIACIÓN EN TAMAÑO DE GRANO Y RENDIMIENTO DE ALMIDÓN EN CULTIVARES DE *Vicia faba* L.

VARIATION IN GRAIN SIZE AND STARCH YIELD IN CULTIVARS OF *Vicia faba* L.

Salamanca-Bautista, G.¹; Delgado-Alvarado, A.^{1*}; Herrera-Cabrera, B.E.¹; Mendoza-Castillo, M.C.²; Conde-Martínez, V.²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205. Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla, México. ²Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

*Autora de correspondencia: adah@colpos.mx

ABSTRACT

The faba bean (*Vicia faba* L.) stands out for its content and characteristics of starch which has advantages compared to commercial starches. The study aimed to analyze the characteristics of grain yield starch and total starch content of different cultivars of broad bean in the region of the Llanos de Serdán, Puebla, Mexico. The analysis was carried out in 14 accessions of five cultivars harvested in two localities, according to the collection number, and the locality. Grain thickness showed highly significant differences between Tlachichuca 2007 (7.5 mm) and San Cayetano 2011 (7.1 mm) locations. Total starch in flour had a dry weight (dw) percentage range of 50% to 60%, where highlighted most of the broad bean accessions planted in San Cayetano 2011, whose average (55.8% dw) was significantly higher than that of Tlachichuca 2007 (52% dw). In the extraction of pure starch an average yield of 36% was obtained where the cultivar Tarragona amarilla (Ta), collection 281 of San Cayetano 2011 had the highest percentage (43.7% dw). The yield of the starch did not have a significant correlation with the grain dimensions of the analyzed cultivars. These results provide knowledge about characteristics of broad bean cultivar selection to obtain the best yields of starch.

Keywords: *Vicia faba* L., starch, environments, cultivars, grains.

RESUMEN

El haba (*Vicia faba* L.) destaca por su contenido y característica de almidón, el cual presenta ventajas en comparación con almidones comerciales. El objetivo del trabajo fue analizar las características del grano, el rendimiento del almidón, y el contenido de almidón total de diferentes cultivares de haba de la región de los Llanos de Serdán, Puebla, México. Se realizó el análisis en 14 colectas de cinco cultivares cosechados en dos localidades, en función del número de colecta, y de la localidad. El grosor de grano presentó diferencias altamente significativas entre las localidades Tlachichuca 2007 (7.5 mm) y San Cayetano 2011 (7.1 mm). El almidón total en harina tuvo un rango de porcentaje en materia seca (ms) de 50% a 60%, en donde destacaron la mayoría de las colectas de haba sembradas en San Cayetano 2011 cuyo promedio (55.8% ms) fue significativamente superior al de Tlachichuca 2007 (52% ms). En la extracción del almidón puro se obtuvo un rendimiento promedio de 36% donde el cultivar Tarragona amarilla (Ta), colecta 281 de San Cayetano 2011 tuvo el porcentaje mayor (43.7% ms). El rendimiento del almidón no tuvo una correlación significativa con las dimensiones del grano de los cultivares analizados. Estos resultados aportan conocimiento sobre características de selección de cultivares de haba para obtener los mejores rendimientos de almidón.

Palabras clave: *Vicia faba* L., almidón, ambientes, cultivares, granos.

INTRODUCCIÓN

El almidón es la materia prima e ingrediente funcional más utilizado para conferir textura y consistencia en la industria alimenticia (Zhao y Whistler, 1994). El haba (*Vicia faba* L.) por su composición nutricional, es una leguminosa importante a nivel mundial (Tharanathan y Mahadevamma, 2003; Zhang *et al.*, 2007), por ser rica fuente de carbohidratos y de proteína. Sin embargo, existe la necesidad de mejorar la calidad de los alimentos, lo que amerita la búsqueda de nuevas fuentes de extracción de almidón.

Se sabe que el almidón que proviene de leguminosas como el haba, posee características que mejoran la digestión, en relación a los almidones comúnmente utilizados en la industria alimenticia (Sandhu, 2008). Uno de los puntos que sobresalen durante la digestión del almidón de leguminosas, es que posee un índice glucémico bajo debido a que se transforma en un flujo de glucosa a un ritmo más lento en relación con otros almidones, y con mayor duración, lo cual desencadena mejoras en la salud, disponibilidad de energía por más tiempo, y menor almacenamiento de grasa en el cuerpo (Tovar, 1996; Seewi *et al.*, 1999). Otro punto distintivo, es que termina de digerirse fermentándose en el colon, lo que produce gases, que las células de la flora de esta parte del intestino aprovechan para mantenerse, esto ayuda a evitar cáncer en el colon (Guillon y Champ, 2002). Adicionalmente, la extracción de estos almidones conlleva la obtención de subproductos útiles como fibra, y proteína, productos también apreciados en la industria de los alimentos (Kozłowska *et al.*, 1998).

La producción de haba en México está fuertemente arraigada a las tradiciones de las localidades en donde se produce. Por lo que en Mesoamérica, muy lejos del lugar de origen de los cultivos, los agricultores han formado nuevos tipos, variedades o razas a través de la selección dirigida a favorecer diversas características de interés, como adaptación a sus parcelas, mayor tamaño de grano, mejor sabor y mayores propiedades nutricionales entre otras (Díaz-Bautista *et al.*, 2008). De ahí que, los cultivares de haba de las principales zonas de producción del país, como los Valles de Serdán, Puebla presenten variación por características agronómicas (Herrera-Cabrera *et al.*, 2006), y como fuente de compuestos nutritivos y funcionales (García, 2011; Delgado-Alvarado *et al.*, 2013).

Con base en lo anterior, el objetivo del trabajo fue analizar las características del grano, determinar la concentración del almidón total en grano, el rendimiento de almidón y su variación en función de las características morfológicas del grano de *Vicia faba* L de distintos cultivares de los Valles de Serdán, Puebla, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se utilizaron cinco cultivares de haba, representados en 14 colectas que se establecieron durante 2007 en Tlachichuca y en 2011 en San Cayetano (Chalchicomula de Sesma), en el estado de Puebla. Las localidades en donde se cultivó el material tuvieron la siguiente ubicación geográfica: Tlachichuca (Latitud: 19.14, Longitud: -97.41, altura: 2,780.0 msnm), y Chalchicomula de Sesma (Longitud: 18.98, Latitud: -97.45, altitud de 2,565 msnm), en los Llanos de Serdán, Puebla (Figura 1).

Caracterización morfológica de granos

Para tamaño de semilla, en cada colecta de haba se tomaron muestras al azar de 40 semillas, y se registró por cuadruplicado en mm el largo, ancho y grosor, con un vernier digital (marca Mitutoyo, modelo CD-06). Para peso y volumen de 100 semillas, por cada colecta de haba se colectaron al azar 100 semillas, y se pesaron por cuadruplicado en una balanza digital (marca AND, modelo HF 3000G), y se registró el volumen (mL) de 100 semillas por desplazamiento de agua en una probeta de vidrio.

Extracción de almidón y rendimiento

Los granos de cada colecta fueron desprovistos de la testa, pasados por el molino y tamizados en malla de 0.8 mm de tamaño de partícula para obtener la harina. Posteriormente, con base en el protocolo de Lee *et al.* (2007), se extrajo el almidón con solución alcalina de NaOH a pH 9.5, y la temperatura de la extracción se controló entre 35 y 38 °C. Por cada extracción se calculó el porcentaje de rendimiento de almidón obtenido en base seca a partir del peso de la muestra de harina y se expresó como porcentaje de materia seca (% ms), para cada extracción se realizaron tres repeticiones por colecta (Figura 2).

Determinación de almidón total en harina

Se realizó con base en el protocolo de Megazyme Internacional (Método de amiloglicosidasa/ α -amilasa, AOAC 996.11, AACC 76.13, con modificaciones), así como en adaptaciones basadas en Herrera-Saldaña y Hubber

A

Cultivar	Colectas Tlachichuca 2007		Colectas San Cayetano 2011	
	Identificación	Foto	Identificación	Foto
Cb	22Cb		22Cb	
	160 Cb		160 Cb	
Cm	146 Cm		146 Cm	
Ca	93 Ca		93 Ca	
Tp	181 Tp		181 Tp	
Ta	281 Ta		281 Ta	
	288 Ta		288 Ta	

Cultivares

Ca: cochinerita amarilla; Cm: cochinerita morada; Cb: cochinerita blanca; Tp: tarragona parraleña; Ta: tarragona amarilla.

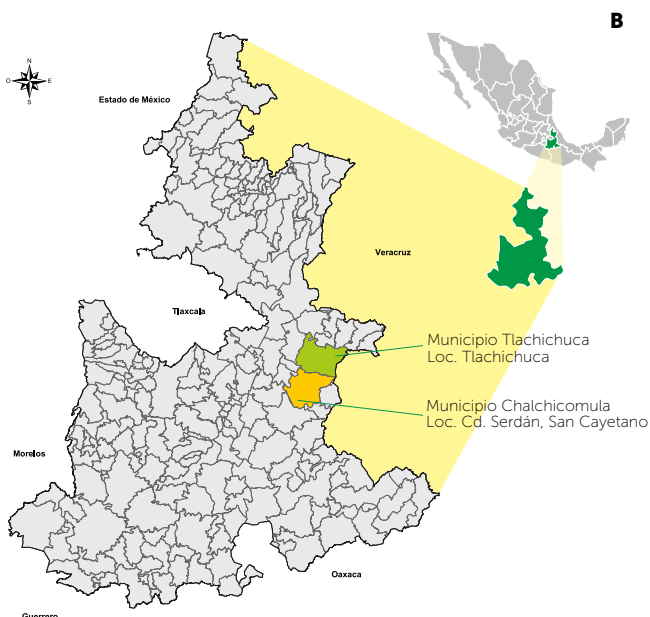


Figura 1. A. Habas de testa color blanco, amarillo, morado y parraleña de 14 colectas. B. Área de cultivo en la región de los Llanos de Serdán, Puebla, México.

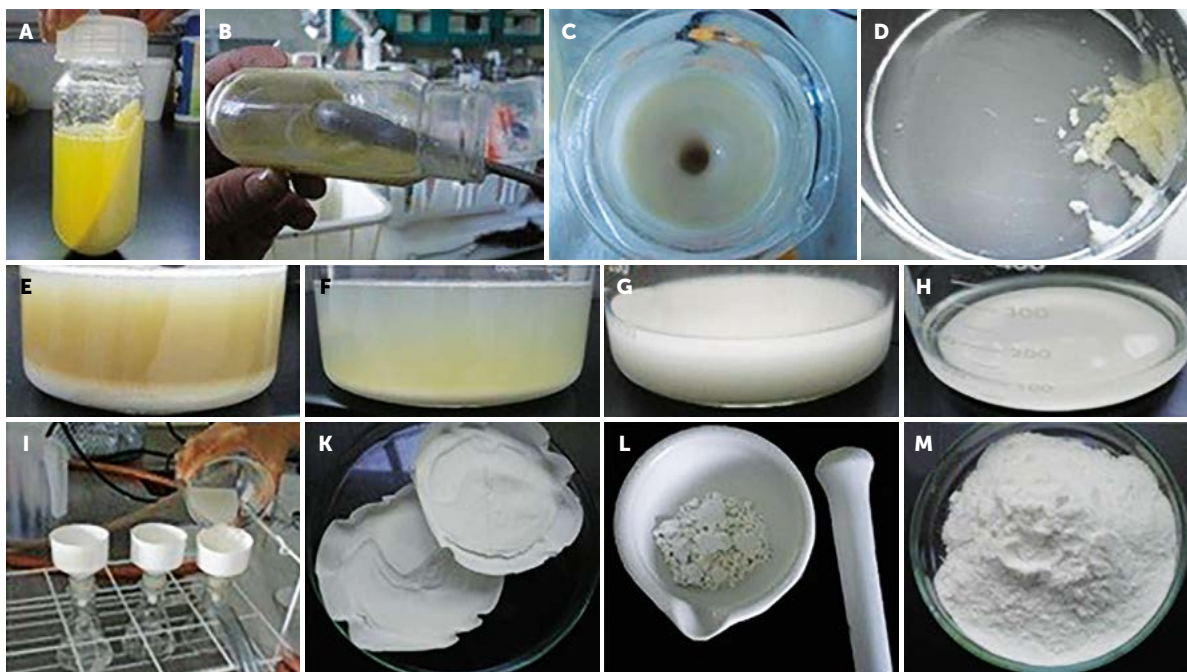


Figura 2. Proceso de extracción del almidón a partir de harina de granos sin testa de *Vicia faba*. A. Lavado de la harina con una solución alcalina de NaOH mediante centrifugación. B. Eliminación principalmente de lípidos. C. Extracción mediante dilución con solución alcalina de NaOH, a temperatura de 35 a 38 °C, con ajuste de pH a 9.5 con solución alcalina. D. Filtración en malla de 44 µm, en la cual pasan los gránulos de almidón junto con el extracto proteico. E. Primera extracción, se observa almidón en el fondo con el extracto proteico. F. Segunda extracción. G. Almidón lavado con agua destilada. H. Reposo de almidón con agua destilada. I. Filtrado con embudo büchner. K. Secado a temperatura ambiente. L. Pulverizado de la costra en mortero. M. Almidón nativo de *Vicia faba* L.

(1989). El contenido de glucosa se realizó por el método de antrona. Los resultados fueron obtenidos en porcentaje de materia seca (% ms). Se utilizaron por duplicado 100 mg de muestra de harina en cada repetición y se realizaron tres repeticiones por colecta de haba.

El análisis de los datos se hizo bajo un diseño experimental de bloques completos al azar. Al conjunto de datos, se les realizó el análisis de varianza y pruebas de medias (Tukey) con significancia $\alpha=0.05$, también se realizaron correlaciones de Pearson entre los caracteres del grano, el contenido de almidón total en harina, y rendimiento de almidón, se utilizó el software SAS versión 9.0 (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracteres del grano

Los resultados se muestran en forma de gráficas radiales que representan los valores relativos de los caracteres evaluados de las diferentes colectas. Las letras indican diferencias estadísticas significativas de la prueba Tukey ($\alpha=0.05$).

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas en largo ($P\leq 0.001$), ancho ($P\leq 0.001$), peso ($P\leq 0.001$) y volumen de 100 semillas ($P\leq 0.001$) entre las colectas, en cada una de las localidades de estudio (Figura 3). Se aprecia que el cultivar "Tarragona" (Ta) fue el de dimensiones mayores con la colecta 288 tanto en Tlachichuca 2007, como en San Cayetano 2011. Los granos de dimensiones menores fueron de los cultivares "Cochinera" con las colectas 22 con color de testa blanca y la 146 de color morada. El grosor tuvo diferente respuesta de acuerdo a la localidad al ser significativamente mayor en Tlachichuca 2007. Dentro de cada localidad, se

aprecian las variaciones relativas entre las colectas, cada una representada por una línea (Figura 3A y 3B), donde el grosor no varía proporcionalmente con el largo, ancho, peso, o volumen del grano, sino que algunas colectas de granos más grandes presentan menor grosor.

En Tlachichuca no se detectó diferencia significativa del grosor entre cultivares. Sin embargo, en San Cayetano la respuesta del grosor se diferenció en dos grupos, y al comparar ambas localidades la diferencia en grosor fue significativa ($P\leq 0.001$) (Figura 4). Consecuentemente también hubo diferencias en el peso ($P\leq 0.001$) y el volumen ($P\leq 0.01$), pero no se obtuvieron diferencias con significancia en largo y ancho. La expresión de los caracteres de grano de haba, pudieron estar en función del ambiente de cultivo. Al respecto, la precipitación acumulada en los meses del cultivo (marzo-noviembre) fue mayor en San Cayetano 2011 (685 mm) que en Tlachichuca 2007 (529 mm), pero las temperaturas mínimas en la etapa final de llenado de grano cercanas a la cosecha, sobre todo en octubre y noviembre fueron inferiores en San Cayetano (oct 1.6°C y nov -1.5°C) en relación a Tlachichuca (oct 3.8°C, nov 1°C), lo que coincidió con un menor desarrollo del grosor y peso del grano para el caso de las colectas más tardías (160, 146, 93, 181, 281, 288).

Contenido de almidón total en harina de haba y rendimiento de almidón

En las colectas de haba el promedio de almidón total en la harina fue de 54% ms, con un rango entre 50% y 60% ms (Figura 5A), lo cual concuerda con Hoover y Sosulsky (1991), quienes indican que los carbohidratos totales en las leguminosas van desde 24 a 68%, donde

el almidón es el elemento predominante. En Polonia variedades de haba han reportado un almidón total entre 62 y 65% ms (Giczewska y Borowska, 2004). En este estudio los cultivares de haba tuvieron diferencia estadística significativa entre las localidades, y en promedio las colectas sembradas en San Cayetano fueron estadísticamente superiores (Figura 5B). En el cultivo de haba el estrés originado por déficit hídrico, nutrición, o temperatura durante las fases reproductivas, reduce la tasa fotosintética que repercute en el rendimiento final de carbohidratos

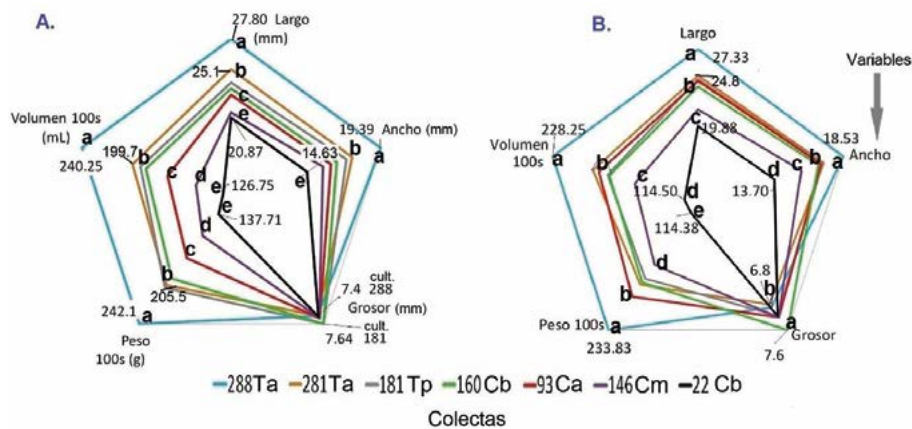


Figura 3. Posición relativa de medias de caracteres de grano en función de siete colectas evaluada: A Tlachichuca 2007, y B San Cayetano 2011, en los llanos de Serdán, Puebla, México. Ta=cultivar Tarragona amarilla, Tp=Tarragona parralleña, Cb=Cochinera blanca, Ca=Cochinera amarilla, Cm=Cochinera morada.

(Pichardo-Riego et al., 2013). Esto concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo ya que el contenido superior de almidón total en los granos de San Cayetano coincide con una mayor precipitación acumulada en la temporada (685 mm en Chalchicomula de Sesma, San Cayetano, de marzo a noviembre 2011; 529 mm en Tlachichuca 2007).

El rendimiento de almidón en promedio fue de 36.2% ms, este porcentaje es superior al documentado (32.9 a 34.6% ms) para diferentes variedades de haba de Canadá (Ambigaipalan et al., 2011). En leguminosas como frijol común, el rendimiento de almidón es de 38% ms (Tovar et al., 2005), en frijol negro 36.3%, y frijol peruano 48.8% (Vargas et al., 2006), y en cultivares de chícharo de 32.7% a 33.7% (Ratnayake et al., 2001). En este trabajo, el rendimiento de almidón presenta diferencias estadísticas entre las colectas ($P \leq 0.05$) (Figura 5).

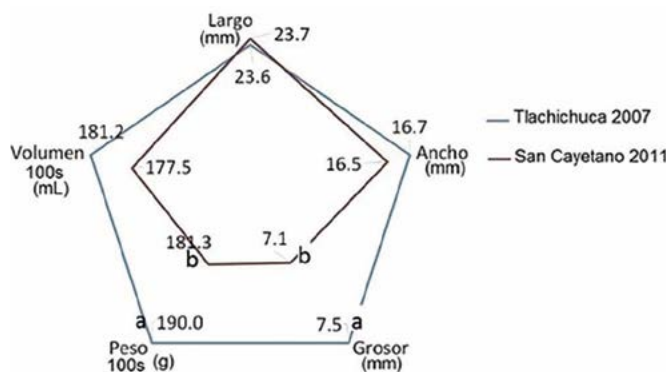


Figura 4. Comparación de medias de caracteres de grano de haba en función de siete colectas cultivadas en Tlachichuca y San Cayetano en los llanos de Serdán Puebla, México.

La colecta 281 del cultivar Tarragona amarilla (Ta) obtuvo el rendimiento mayor (43.7% ms) cuando fue cultivada en San Cayetano 2011 (CY). Pero en Tlachichuca 2007 (TL) obtuvo el rendimiento menor (28.7% ms) (Figura 5A). Estos resultados confirman que algunos cultivares de haba pueden responder con un rendimiento de almidón, en función de la disponibilidad de agua en el suelo, como es el caso del cultivar Ta-281. A pesar de que todas las siembras fueron bajo temporal, las diferencias de precipitación entre Chalchicomula de Sesma 2011 (685 mm), y Tlachichuca 2007 (529 mm), marcaron una respuesta acorde al

mayor rendimiento de almidón en granos de haba (Figura 5). Como lo señalan Ovando-Martínez et al. (2011) para leguminosas, quienes mencionan que la disponibilidad de agua en el suelo puede influir positivamente en el rendimiento de almidón en algunos genotipos de frijol.

Diferencias morfológicas de la planta y los granos

al comparar el almidón total, o rendimiento de almidón de distintas variedades de haba poco se han descrito de manera conjunta. Según Pichardo-Riego et al. (2013), parámetros como el peso del grano, número de granos, y número de vainas por planta, son decisivos en el rendimiento final de carbohidratos. Incluso en leguminosas el grosor de la testa puede originar diferencias en el contenido de carbohidratos entre variedades de la misma especie (Silva et al., 2007). Por su parte Giczewska y Borowska (2004) señalan que, en variedades de haba de tamaño pequeño, la cantidad del almidón total es ligeramente menor, aunque no

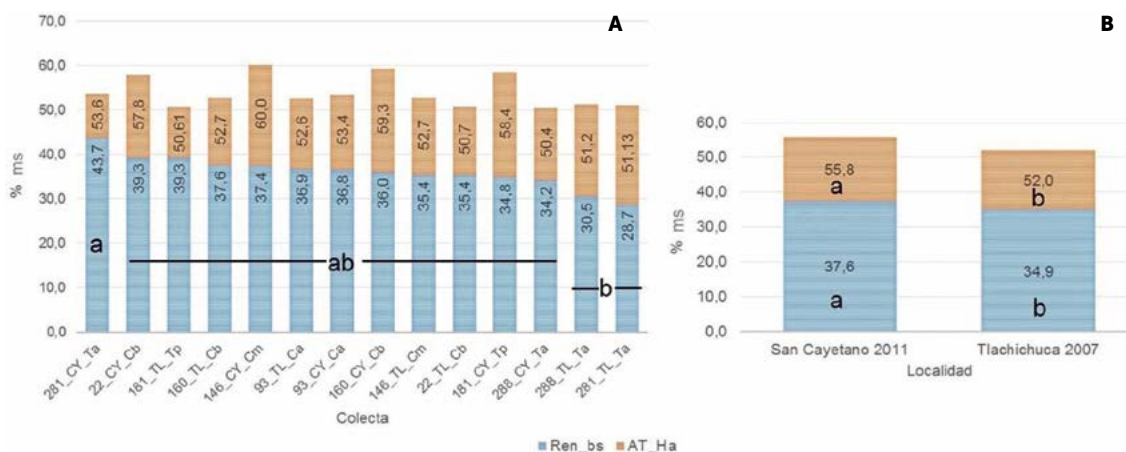


Figura 5. A. Cuantificación de almidón total en harina, y rendimiento de almidón en catorce colectas de cinco cultivares de haba sembrados en Tlachichuca 2007(TL) y San Cayetano 2011 (CY) en los llanos de Serdán Puebla, México. B. Comparación de contenido de almidón total en harina y rendimiento de almidón de granos sembrados en San Cayetano 2011 y Tlachichuca 2007. Letras distintas indican diferencias significativas Tukey ($P \leq 0.05$). Ren_bs=rendimiento de almidón en base seca, AT_ha=almidón total en harina, Ta=Tarragona amarilla, Cb=Cochinera blanca, Tp=Tarragona parraleña, Ca=Cochinera amarilla, Cm=cochinera morada.

varía significativamente entre granos grandes y pequeños. En este trabajo, las dimensiones del grano no tuvieron una correlación significativa con el rendimiento de almidón de los cultivares de haba. Esto sugiere que no necesariamente las variedades de granos más grandes poseen mayor rendimiento de almidón. Por otro lado, el factor de disponibilidad de humedad en suelo si puede marcar una diferencia significativa tanto en el almidón total del endospermo como en el rendimiento de almidón.

CONCLUSIONES

El rendimiento de la extracción de almidón varió entre 28.7 y 43.7% ms, en función de los cultivares y de las colectas analizadas. El rendimiento del almidón no tuvo una correlación significativa con las dimensiones del grano de los cultivares evaluados. Los caracteres de peso, volumen, largo y ancho de los granos de haba presentaron diferencia significativa entre cultivares dentro de una misma localidad, a excepción del grosor, el cual presentó mayor diferencia entre localidades. Los resultados del presente estudio apoyan hacia la elección y el manejo que favorezca un mejor rendimiento de almidón de los cultivares de haba de la región de los Llanos de Serdán, Puebla.

LITERATURA CITADA

- Ambigaipalan P., Hoover R., Donner E., Liu Q., Jaiswal S., Chibbar R., Nantanga K. K. M., Seetharaman K. 2011. Structure of faba bean, black bean and pinto bean starches at different levels of granule organization and their physicochemical properties. *Food Research International*. 44: 2962-2974.
- Delgado-Alvarado A., Herrera-Cabrera B.E., García-Sánchez I., Cortes-Aguilar I.R., Solar-Vigueras J. 2013. Caracterización de compuestos nutricionales y funcionales en *Vicia faba* L. p. 195-215. *In: Solórzano V. E. y Mora A. R., Memoria de resúmenes en extenso del 2° Congreso Nacional del Cultivo del Haba. 27-29 de octubre de 2011. Universidad Autónoma Chapingo (CD-Rom). Chapingo, México. ISBN 978-607-12-0300-7*
- Díaz-Bautista M., Herrera-Cabrera B.E., Ramírez-Juárez J., Aliphath-Fernández M., Delgado-Alvarado A. 2008. Conocimiento campesino en la selección de variedades de haba (*Vicia faba* L.) en la Sierra Norte de Puebla México. *Interciencia*. 33(8): 610-615.
- García S.I. 2011. Variación en el contenido de L-Dopa y compuestos fenólicos durante el desarrollo de semilla de *Vicia faba*. Tesis de Maestría. Posgrado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados-Campus Puebla.
- Giczewska A., Borowska J. 2004. Nutritional value of broad bean seeds. Part 3: Changes of dietary fibre and starch in the production of commercial flours. *Nahrung* 48: 116-122
- Guillon F., Champ M.M.J. 2002. Carbohydrate fractions of legumes: uses in human nutrition and potential for health URPOI & UFDNH, National Institute for Agronomic Research (INRA). *British Journal of Nutrition* 88: 293-306.
- Herrera-Cabrera B.E., Díaz R.R., González F., Delgado-Alvarado A. 2006. Diversidad genética y valor agronómico de haba en la región central de México. Informe Técnico, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Colegio de Postgraduados - Campus Puebla. Puebla, México. 96 p.
- Herrera-Saldaña R.E., Huber J.T. 1989. Influence of varying protein and starch degradabilities on performance of lactating cow. *Journal Dairy Science* 72: 1477-1483.
- Hoover R., Sosulski F. 1991. Composition, structure, functionality, and chemical modification of legume starches: a review. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* 69: 79-92.
- Lee H.C., Htoon A. K.B., Paterson J.L. 2007. Alkaline extraction of starch from Australian lentil cultivars Matilda and Digger optimised for starch yield and starch and protein quality. *Food Chemistry* 102: 551-559
- Kozłowska H., Zdunczyk Z., Honke J. 1998. Legume grains for food and non food uses. *In: Proceedings of the 3rd European Conference on Grain Legumes, Valladolid, Spain. pp. 43-47* Megazyme International Ireland Limited. 2011. Total Starch Assay Procedure. Amyloglucosidasa / α -amilase Method. K-Tsta 07-11.
- Ovando-Martínez M., Bello-Pérez L.A., Whitney K., Osorio-Díaz P., Simsek S. 2011. Starch characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in different localities. *Carbohydrate Polymers* 85: 54-64.
- Pichardo-Riego J.C., Escalante-Estrada J.A.S., Díaz-Ruiz R., Quevedo-Nolasco A., Volke-Haller V., Morales-Rosales E.J. 2013. Rendimiento y eficiencia en el uso del agua de cultivares de haba (*Vicia faba* L.) para doble propósito. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19: 71-84.
- Ratnayake W.S., Hoover R., Shahidi F., Perera C., Jane J. 2001. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of starches from four field pea (*Pisum sativum* L.) cultivars. *Food Chemistry* 74: 189-202.
- Sandhu K.S., Lim S. 2008. Digestibility of legume starches as influenced by their physical and structural properties. *Carbohydrate Polymers* 71: 245-252.
- SAS. 2002. SAS/STAT. User guide, version 9.0. SAS Institute Inc, North Carolina.
- Seewi G., Gnauck G., Stute R., Chantelau E. 1999. Effects on parameters of glucose homeostasis in healthy humans from ingestion of leguminous versus maize starches. *European Journal of Nutrition* 38: 183-189.
- Silva C.L., Osorio D.P., Bello P.L.A. 2007. Digestibilidad del almidón en haba (*Vicia faba* L.). *Agrociencia* 41: 845-852.
- Tharanathan R.N., Mahadevamma S. 2003. Grain legumes. A boon to human nutrition. *Trends in Food Science and Technology* 14: 507-518.
- Tovar J. 1996. Bioavailability of carbohydrates in legumes: digestible and indigestible fractions. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 44: 36-40.
- Tovar J., Fernández P.M., Blanco M.A. 2005. Digestibilidad *in vitro* en preparaciones cocidas y molidas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Interciencia* 30: 780-783.
- Vargas T.A., Osorio D.P., Agama A.E., Morales F.L., Bello P.L. 2006. Digestibilidad del almidón en diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Interciencia* 31: 281-284.
- Zhang T., Jiang B., Wang Z. 2007. Gelation properties of chickpea protein isolates. *Food Hydrocolloids* 21: 280-286.
- Zhao J., Wistler R.L. 1994. Spherical aggregates of starch granules as flavor carriers. *Food Technology* 48: 104-105.