

## Componentes relacionados con la salud en semillas de frijol de plantas crecidas bajo riego y estrés hídrico terminal\*

### Health-related components in plant bean seeds grown under irrigation and terminal drought stress

María Guadalupe Herrera Hernández<sup>1</sup>, Jorge Alberto Acosta Gallegos<sup>2</sup>, Rafael A. Salinas Pérez<sup>3</sup>, Ana María Bernardo Casas<sup>1</sup> y Salvador Horacio Guzmán Maldonado<sup>1§</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Bajío- INIFAP. Carretera Celaya-San Miguel Allende Celaya, km 6.5, Guanajuato. C. P. 38110. México. Tel. 01 461 611 5323. Ext 183. <sup>2</sup>Programa de frijol, Campo Experimental Bajío, INIFAP. Carretera Celaya-San Miguel Allende km 6.5, Celaya, Guanajuato. C. P. 38110. México. <sup>3</sup>Campo Experimental Valle del Fuerte. Carretera Internacional México-Nogales, km 1609. Los Mochis, Sinaloa, México. Tel. (01 687) 8-96-03-20 y 8-96-03-21. §Autor por correspondencia: guzman.horacio@inifap.gob.mx.

#### Resumen

Es reducido el conocimiento sobre los efectos del estrés hídrico sobre los constituyentes del grano de frijol. Se estableció un experimento con ocho genotipos de frijol de diferente origen genético en dos regiones contrastantes (Celaya, Guanajuato y Ahome, Sinaloa) durante 2007-2008. Las plantas fueron crecidas bajo irrigación y estrés hídrico terminal. Se cuantificaron los fenoles totales, taninos condensados y oligosacáridos en semilla cruda y cocida. Independiente de los factores en estudio, la cocción disminuyó los compuestos determinados ( $p < 0.01$ ). La semilla cosechada en Sinaloa sembrada bajo estrés hídrico, mostró mayor contenido de fenoles totales; mientras que la cosechada bajo riego en Guanajuato, mostró mayor contenido de taninos condensados y oligosacáridos. Para fenoles totales y taninos condensados, la semilla de los cultivares de la raza Jalisco, de color rosa, fueron superiores a la de frijol Pinto de raza Durango y Amarilla de raza Nueva Granada. En oligosacáridos, la semilla de los cultivares pintos y Amarillos mostró mayor contenido que la semilla de color rosa. Entre los pintos, Zapata fue superior a Saltillo en el contenido de fenoles totales y taninos condensados. No se observó tendencia definida en el contenido de oligosacáridos entre los genotipos de frijol en respuesta al estrés hídrico terminal. El estrés hídrico

#### Abstract

It reduced the knowledge about the effects of water stress on bean grain constituents. An experiment with eight bean genotypes differing genetic backgrounds of two contrasting regions (Celaya, Guanajuato and Ahome, Sinaloa) during 2007-2008. The plants were grown under irrigation and terminal drought stress. Total phenols were quantified, condensed tannins and seed oligosaccharides in raw and cooked. Independent of the factors under study, cooking certain compounds decreased ( $p < .01$ ). Sinaloa harvested seed sown under water stress showed higher total phenolic content, while the irrigated harvested in Guanajuato, showed higher content of condensed tannins and oligosaccharides. For total phenolics and condensed tannins, the seed of the cultivars of race Jalisco, pink, were higher than Pinto Durango race bean and Yellow, Nueva Granada race. In oligosaccharides seed Yellow pinto cultivars showed higher seed content pink. Among the pintos, Zapata was superior to Saltillo in the total phenolic content and condensed tannins. No clear trend was observed in the oligosaccharide content between bean genotypes in response to water stress terminal. The terminal water stress showed a specific effect on total phenols, while I was watering for condensed tannins

\* Recibido: junio de 2013  
Aceptado: diciembre de 2013

terminal mostró un efecto específico sobre los fenoles totales; mientras que el riego lo tuvo para los taninos condensados y los oligosacáridos. La semilla cosechada en Sinaloa mostró mayor contenido en los componentes estudiados, que la semilla cosechada en Guanajuato. La sequía terminal tuvo un efecto específico de localidad y genotipo en el contenido de componentes en semilla cruda.

**Palabras claves:** *Phaseolus vulgaris* L., ambiente, genotipo, riego, salud.

## Introducción

Varios estudios han demostrado los efectos benéficos de las dietas ricas en frutas y vegetales sobre el control de enfermedades crónicas (Key *et al.*, 1999). Esos efectos se han atribuido a compuestos que presentan actividad biológica (Lampe, 1999). Las leguminosas, como el frijol común juegan un importante papel en la dieta tradicional de muchos países de África y América Latina, particularmente en aquellos en vías de desarrollo (Bermudez y Trucker, 2003). La segunda leguminosa con mayor producción y consumo a nivel mundial es el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Para la población de México es la segunda fuente de proteína, carbohidratos, vitaminas (ácido fólico, niacina y tiamina) y minerales (Fe y Zn) (Guzmán-Maldonado y Paredes-López, 1998).

El frijol común también es una excelente fuente de compuestos con actividad biológica (AB) (Díaz-Batalla *et al.*, 2006). Esta característica ha llamado la atención del consumidor a raíz de los efectos benéficos que el frijol tiene sobre la prevención de enfermedades crónicas degenerativas (Lanza *et al.*, 2006). Por ejemplo, Reynoso-Camacho *et al.* (2007) demostró que las variedades de frijol 'Negro 8025' y 'Pinto Durango' cocidos en la olla reducían significativamente la formación de tumores en ratas inducidas químicamente al cáncer de colon. La AB del frijol fue atribuida a los oligosacáridos y compuestos antioxidantes como los taninos y los ácidos fenólicos, entre otros (Lanza *et al.*, 2006; Reynoso-Camacho *et al.*, 2007; Campos-Vergara *et al.*, 2009).

La mayoría de las investigaciones sobre el frijol común se han enfocado en aspectos de selección varietal. El criterio para dicha selección ha estado dirigido hacia la resistencia

and oligosaccharides. The seed harvested in Sinaloa showed higher content of the components studied, the seed harvested in Guanajuato. The terminal drought had a specific effect of location and genotype on the contents of raw seed components.

**Key words:** *Phaseolus vulgaris* L., environment, genotype, irrigation, health.

## Introduction

Several studies have shown the beneficial effects of diets rich in fruits and vegetables on the control of chronic diseases (Key *et al.*, 1999). These effects have been attributed to compounds having biological activity (Lampe, 1999). Legumes such as common bean play an important role in the traditional diet of many countries in Africa and Latin America, particularly those in developing countries (Bermúdez and Trucker, 2003). The second legume with increased production and consumption worldwide is common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). For the population of Mexico is the second source of protein, carbohydrates, vitamins (folic acid, niacin and thiamine) and minerals (Fe and Zn) (Guzmán-Maldonado and Paredes-López, 1998).

The common bean is also an excellent source of biologically active compounds (AB) (Díaz-Batalla *et al.*, 2006). This feature has caught the attention of the consumer due to the beneficial effects that the bean is on the prevention of chronic degenerative diseases (Lanza *et al.*, 2006). For example, Reynoso-Camacho *et al.* (2007) showed that the bean varieties 'Black 8025' and 'Pinto Durango' cooked in the pot significantly reduced tumor formation in chemically induced rat colon cancer. The bean AB was attributed to oligosaccharides and antioxidant compounds such as tannins and phenolic acids, among others (Lanza *et al.*, 2006; Reynoso-Camacho *et al.*, 2007; Campos-Vergara *et al.*, 2009).

Most research on common beans has focused on aspects of varietal selection. The criteria for such selection have been directed toward disease resistance, high yield and drought tolerance, but never to the content of compounds with AB. On the other hand, almost 65% of bean production in Latin America is concentrated in arid and semiarid regions

a enfermedades, alta producción y tolerancia a la sequía, pero nunca hacia el contenido de compuestos con AB. Por otro lado, casi 65% de la producción de frijol en América Latina se concentra en las regiones áridas y semiáridas donde las plantas están expuestas a estrés ambiental como la sequía (Laing *et al.*, 1985). Éste tipo de estrés puede provocar una gran variedad de respuestas en la planta, como cambios en la expresión genética del metabolismo y del crecimiento (Hernández-Lucero *et al.*, 2008).

Jiménez-Hernández *et al.* (2012) reportaron que el genotipo, la localidad y su interacción afectaron positivamente el contenido de hierro en la semilla de frijol. Sin embargo, no hay estudios que evalúen estos efectos y el tipo de riego sobre compuestos con AB. Esta información podría ayudar en la toma de decisiones en los programas de mejoramiento. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto del genotipo, del riego completo y del estrés hídrico terminal sobre el contenido de fenoles solubles totales, taninos condensados y oligosacáridos en semilla cruda y cocida en cultivares de frijol crecidos en dos localidades de México.

## Materiales y métodos

### Cultivares de frijol común

Se utilizaron cultivares de las razas Durango (Singh *et al.*, 1991), Jalisco y Nueva Granada (Cuadro 1).

### Ambiente de producción

Las semillas fueron producidas bajo riego completo (RC) y estrés hídrico terminal (EHT) en el Campo Experimental Valle del Fuerte, Ahome, Sinaloa (15 msnm, 25° 05' latitud norte, 108° 38' longitud oeste) y el Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato (1 765 msnm, 20° 34' latitud norte, 100° 50' latitud oeste). En Sinaloa, el frijol se sembró el 20 de noviembre en el ciclo otoño-invierno 2007- 2008, mientras que en Guanajuato el frijol se sembró el 16 de marzo en el ciclo primavera-verano de 2007 (temperatura promedio de 21 °C). Tanto en Sinaloa como en Guanajuato, no se sembró ningún cultivo en el periodo agrícola anterior a la siembra del frijol. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar.

La temperatura promedio en Ahome fue de 19.0 °C; un suelo tipo Vertisol; bajo un tratamiento de RC incluido un riego doce días antes de la siembra y tres riegos más durante el

where plants are exposed to environmental stresses such as drought (Laing *et al.*, 1985). This type of stress could cause a variety of plant responses, such as changes in gene expression of metabolism and growth (Hernández-Lucero *et al.*, 2008).

Jiménez-Hernández *et al.* (2012) reported that genotype, locality and their interaction positively affected the iron content in bean seed. However, no studies to evaluate these effects and the type of irrigation on AB compound. This information may help in decision -making in breeding programs. The aim of this study was to determine the effect of genotype, full irrigation and terminal drought stress on the content of total soluble phenols, condensed tannins and seed oligosaccharides in raw and cooked bean cultivars grown at two locations in Mexico.

## Materials and methods

### Common bean cultivars

Cultivars used were from Durango races (Singh *et al.*, 1991), Jalisco and New Granada (Table 1).

### Cuadro 1. Origen, raza y color de la semilla de las variedades de frijol.

**Table 1. Origin, race and color of the seeds of the bean varieties.**

Cultivar	Origen	Raza	Color
Pinto Zapata	Durango	Durango	Crema claro con manchas café
Pinto Saltillo	Edo. México	Durango	Crema claro con manchas beige
Flor de Mayo Anita	Guanajuato	Jalisco	Rosa con manchas crema
Flor de Mayo Noura	Edo. México	Jalisco	Rosa con manchas crema
Flor de Junio Marcela	Guanajuato	Jalisco	Rosa oscuro con manchas crema
Flor de Junio Bajío	Guanajuato	Jalisco	Rosa con manchas crema
Azufrado 26	Guanajuato	Nueva Granada	Amarillo claro
Azufrado Noroeste	Sinaloa	Nueva Granada	Amarillo

ciclo de cultivo (19 octubre, 12 noviembre y 7 diciembre). En el tratamiento de EHT se dieron los mismos riegos excepto que se omitió el último. En Celaya, la temperatura promedio fue de 22.8 °C con un suelo tipo Vertisol. El tratamiento de riegos para RC y EHT fue similar a lo descrito para Ahome (15 abril, 5 mayo y 25 mayo). Después de la cosecha, las semillas fueron almacenadas a -20 °C hasta su utilización.

### **Análisis realizados a la semilla**

Las semillas fueron enviadas al Laboratorio de Alimentos localizado en el CEBAJ. Una parte de la semilla de cada muestra fue cocida en olla de barro a presión atmosférica (semilla/agua, 1:5, peso:volumen), liofilizada y almacenada a -20 °C hasta su análisis.

### **Fenoles solubles totales**

La muestra (200 mg) fue extraída con 10 mL de metanol:agua (30:70, v/v), sonicada (10 min), agitada (10 min) y centrifugada (5000 g, 15 min). Los fenoles solubles totales (FST) fueron determinados utilizando 125 mL del sobrenadante con 500 µL de agua destilada y 125 µL del reactivo Folin-Ciocalteu (2N). A los 6 min se le añadieron 1 250 µL de carbonato de sodio (7%) y 1 mL de agua destilada y se dejó reposar por 1.5 h. La absorbancia se leyó en un espectrofotómetro UV-vis (Jenway 6405, Staffordshire, UK) a 760 nm (Singleton *et al.*, 1999). Los FST fueron expresados como mg equivalentes de ácido galico/kg de muestra, peso seco (mg EAG/kg, PS).

### **Taninos condensados**

A 200 mg de muestra se le añadieron 10 mL de metanol, se agitó por 20 min y se centrifugó (5 000 × g por 15 min). A 1 mL del sobrenadante se le añadieron 5 mL del reactivo A (1:1, v/v, vanillina al 1% en metanol y HCl al 8% en metanol). Por otro lado, a 1 mL del sobrenadante (blanco) se le añadieron 5 mL de HCl (4% en metanol) sin el reactivo A; ambas muestras fueron incubadas (20 min, 30 °C). Posteriormente las muestras fueron leídas a 500 nm en un espectrofotómetro y la absorbancia del blanco se restó a la de la muestra con vanillina (Desphande y Cheryan, 1985). Los taninos condensados fue reportado como mg equivalentes de (+) catequina/kg, peso seco (E+C/kg, PS).

### **Production environment**

The seeds were grown under full irrigation (RC) and terminal drought stress (EHT) in Fort Valley Experimental Field, Ahome, Sinaloa (15 m, May 15' north latitude, 108° 38' W) and the Experimental Bajío Celaya, Guanajuato (1 765 m, 20° 34' N, 100° 50' west longitude). In Sinaloa, the bean was planted on November 20 in the autumn-winter 2007-2008, while in Guanajuato beans were planted on 16 March in the spring-summer 2007 (average temperature 21 °C). Both in Sinaloa and Guanajuato not planted any crops in the agricultural period before planting the beans. The experimental design was a randomized complete block.

Ahome average temperature was 19 °C, a Vertisol soil type; under RC treatment included irrigation twelve days before planting and three irrigations more during the growing season (October 19, 12 November and 7 December). EHT in the treatment were the same risks except omitting the last. In Celaya, the average temperature was 22.8 °C with a Vertisol soil type. The treatment of risks for RC and EHT was similar to that described for Ahome (April 15, 05 May and 25 May). After harvest, the seeds were stored at -20 °C until use.

### **Analyses the seed**

The seeds were sent to the Food Lab located in the CEBAJ. A portion of the seed of each sample was cooked in a clay pot at atmospheric pressure (seed/water, 1:5, w: v), lyophilized and stored at -20 °C until analysis.

### **Total soluble phenols**

The sample (200 mg) was extracted with 10 mL of methanol: water (30:70, v/v), sonicated (10 min), stirred (10 min) and centrifuged (5 000 g, 15 min). Total soluble phenols (FST) were determined using 125 mL of the supernatant with 500 L of distilled water and 125 uL of Folin-Ciocalteu reactive (2N). At 6 min were added 1 250 L of sodium carbonate (7%) and 1 mL of distilled water and allowed to stand for 1.5 h. The absorbance was read in a UV-vis spectrophotometer (Jenway 6405, Staffordshire, UK) at 760 nm (Singleton *et al.*, 1999). The FST were expressed as mg gallic acid equivalents/kg of sample dry weight (mg EAG/kg, PS).

## Oligosacáridos

La rafinosa, estaquiosa y bervascosa se determinaron con el método de Smiricky *et al.* (2002). Brevemente, a 1 g de muestra se le añadieron 100 mL of agua desionizada y se colocó en un baño maría (80 °C, 60 min). La muestra fue trasferida a un frasco volumétrico de 250 mL y llevado a volumen con agua desionizada. Después de filtrada la muestra se inyectó en un equipo de HPLC HP-1100 (Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, USA.) integrado con una pre columna Zorbax NH<sub>2</sub> (4.6 × 12.6 mm, 5 μm), una columna Zorbax (4.6 × 250 mm, 5 μm) y un detector de índice de refracción (RID, 61362A). La identificación y cuantificación de los oligosacáridos se realizó comparando los resultados con estándares comerciales de rafinosa, estaquiosa y verbascosa.

## Análisis estadístico

Todos los resultados fueron reportados como la media ± desviación estándar (n= 4). El análisis estadístico fue realizado con un software JMP.5.0.1 (a business of SAS, 1989-2003, SAS Institute Inc., NC, USA). Los valores de las medias fueron comparados estadísticamente utilizando la prueba de comparación múltiple de Tukey. El análisis de varianza (ANOVA) fue generado utilizando un análisis combinado entre localidades y tratamientos de riego (SAS Institute, Inc.).

## Resultados y discusión

Se observó un efecto altamente significativo ( $p < 0.01$ ) de la localidad y el genotipo, y de las interacciones localidad × genotipo y régimen de humedad × genotipo, así como de la cocción y todas las interacciones dobles y triples en donde intervino la cocción (Cuadro 2). El efecto del régimen de humedad solo fue significativo ( $p < 0.05$ ). Los mayores niveles de FST entre los genotipos y el tratamiento de humedad, se observaron en Ahome. La cocción disminuyó en forma diferencial el contenido de FST entre las localidades, tratamiento de humedad y genotipos (Cuadro 3), lo cual explica la significancia observada en sus interacciones dobles y triples (Cuadro 2).

## Condensed tannins

A 200 mg sample was added 10 mL of methanol was stirred for 20 min and centrifuged (5 000 × g for 15 min). A 1 mL of the supernatant was added 5 mL of reagent A (1:1, v/v, vanillin in methanol 1% and 8% HCl in methanol). In addition, 1 mL of the supernatant (white) was added 5 mL of HCl (4% in methanol) without the reagent A, both samples were incubated (20 min, 30 °C). Subsequently the samples were read at 500 nm in a spectrophotometer and the absorbance of the blank was subtracted from the sample with vanillin (Desphande and Cheryan, 1985). Condensed tannins were reported as mg equivalent of (+) catechin/kg dry weight (E+C/kg, PS).

## Oligosaccharides

Raffinose, stachyose and bervascosa were determined with the method Smiricky *et al.* (2002). Briefly, 1 g of sample was added 100 mL of deionized water and placed in a water bath (80 °C, 60 min). The sample was transferred to a 250 mL volumetric flask and brought to volume with deionized water. After filtering the sample was injected into a HPLC HP-1100 (Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, USA.) Pre- integrated with a Zorbax NH<sub>2</sub> column (4.6 × 12.6 mm, 5 μm), a Zorbax (4.6 × 250 mm, 5 microns) and a refractive index detector (RID, 61362A). The identification and quantification of the oligosaccharides was performed by comparing the results with commercial standards of raffinose, stachyose and verbascose.

## Statistical analysis

All results were reported as mean ± standard deviation (n=4). Statistical analysis was performed with software JMP.5.0.1 (a business of SAS, 1989-2003 SAS Institute Inc., NC, and USA). The mean values were compared statistically using the multiple comparison test of Tukey. The analysis of variance (ANOVA) was generated using a combined analysis between locations and irrigation treatments (SAS Institute, Inc.).

## Results and discussion

There was a highly significant effect ( $p < 0.01$ ) of the location and genotype, and genotype × location interactions and moisture regime × genotype, as well as cooking

**Cuadro 2. Efectos de la localidad (L), régimen de humedad (RH), genotipo (G) y cocción (C) así como efectos dobles y triples sobre la concentración de fenoles solubles totales (FST), taninos condensados (TC) y oligosacáridos (OGS) en frijol común crudo y cocido.**

**Table 2. Effects of locality (L), moisture regime (RH), genotype (G) and cooking (C) and double and triple effect on the concentration of total soluble phenols (FST), condensed tannins (CT) and oligosaccharides (OGS) in raw and cooked common bean.**

Parámetro de covarianza	FST			TC			OGS		
	GL	Valor <i>F</i>	Pr > <i>F</i>	GL	Valor <i>F</i>	Pr > <i>F</i>	GL	Valor <i>F</i>	Pr > <i>F</i>
L	1	272.7	0.0001**	1	0.0685	0.7939	1	28.3879	0.0001**
RH	1	6.218	0.0141	1	0.0126	0.9109	1	36.5838	0.0001**
L x RH	1	0.456	0.5007	1	20.219	0.0001**	1	926.86	0.0001**
G	7	416.8	0.0001**	7	339.71	0.0001**	7	79.609	0.0001**
L x G	7	13.78	0.0001**	7	32.654	0.0001**	7	60.4651	0.0001**
RH x G	7	25.44	0.0001**	7	1.704	0.1116	7	11.2622	0.0001**
L x RH x G	7	1.588	0.1440	7	3.7639	0.0009*	7	7.0970	0.0001**
(C)	1	7628.9	0.0001**	1	1787.6	0.0001**	1	3.2781	0.0724
L x C	1	674.11	0.0001**	1	9.0084	0.0032*	1	64.9326	0.0001**
RH x PC	1	27.623	0.0001**	1	3.5027	0.0634	1	6.7036	0.0107*
L x RH x C	1	8.7740	0.0037*	1	4.3365	0.0392*	1	8.6242	0.0039*
L x PC x G	7	13.0758	0.0001**	7	32.4496	0.0001**	7	12.1632	0.0001**
RH x PC x G	7	26.0497	0.0001**	7	1.2146	0.2990	7	10.8019	0.0001**

GL= numerador grados de libertad. \*  $p > 0.05$ ; \*\*  $p > 0.001$ .

**Cuadro 3. Fenoles solubles totales (g EAG/kg, BS) de frijol crudo y cocido producido bajo riego y estrés hídrico terminal.<sup>a</sup>**

**Table 3. Total soluble phenols (EAG g/kg, BS) of raw and cooked beans produced under irrigation and water stress terminal.**

Cultivar	Ahome				Celaya			
	Riego		Estrés hídrico terminal		Riego		Estrés hídrico terminal	
	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido
P <sup>b</sup> Zapata	2.25±0.10 dA	0.97±0.06 abD	2.41 ± 0.09 Ba	0.89 ± 0.03 bD	1.99 ± 0.09 cB	0.87 ± 0.07 bD	1.91 ± 0.07 bB	1.13 ± 0.03 aC
P Saltillo	1.30±0.13 eB	0.45 ± 0.03 eF	1.65 ± 0.06 dA	0.58 ± 0.03 deE	1.23 ± 0.03 dC	0.56 ± 0.02 eE	1.25 ± 0.06 cdC	0.75 ± 0.06 cD
FM <sup>c</sup> Noura	2.67±0.06 cA	0.84 ± 0.03 cE	2.25 ± 0.05 cB	0.82 ± 0.03 cE	1.96 ± 0.09 cC	1.06 ± 0.04 aD	1.80 ± 0.14 bC	1.00 ± 0.09 bD
FM Anita	3.32±0.21 aA	0.99 ± 0.02 aE	2.47 ± 0.12 bB	1.01 ± 0.02 aE	2.38 ± 0.08 aB	0.99 ± 0.07 aE	1.43 ± 0.16 cC	1.14 ± 0.04 aD
FJ <sup>d</sup> Marcela	3.02±0.02 bA	0.91 ± 0.05 bD	3.04 ± 0.17 aA	0.85 ± 0.03 bcE	2.27± 0.17 abB	1.05 ± 0.01 aC	2.14 ± 0.09 aB	1.00 ± 0.05 bC
FJ Bajío	2.5±0.07 cA	0.92±0.01 bDE	2.54 ± 0.15 bA	0.89±0.03 bE	2.01±0.08 bcB	1.02 ± 0.06 aCD	2.06 ± 0.058 aB	1.08 ± 0.01 bC
A <sup>e</sup> 26	1.46± 0.12 eA	0.60 ± 0.04 Dd	1.57±0.10 deA	0.61 ± 0.02 dD	1.15 ± 0.10 dB	0.72 ± 0.03 cC	1.19 ± 0.06 dB	0.74 ± 0.02 cC
AN <sup>f</sup>	1.37± 0.03 Ea	0.62 ± 0.06 dD	1.45 ± 0.08 eA	0.56 ± 0.013 Ee	0.89 ± 0.02 eC	0.63 ± 0.04 dD	1.11 ± 0.02 eB	0.67 ± 0.06 cD

<sup>a</sup> Promedios en la misma columna con letra minúscula (misma columna) o con letra mayúscula (misma fila) similar no son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ , Tukey).

<sup>b</sup> Pinto; <sup>c</sup> Flor de Mayo; <sup>d</sup> Flor de Junio; <sup>e</sup> Azufrado; <sup>f</sup> Azufrado Noroeste.

## Fenoles solubles totales

Se observó un efecto significativo de la localidad y el genotipo, y de la localidad  $\times$  genotipo y del tratamiento de humedad  $\times$  genotipo, así como de la cocción y todas sus interacciones para los FST (Cuadro 2). Los mayores niveles de FST entre los genotipos y el tratamiento de humedad, se observaron en Ahome. La cocción disminuyó en forma diferencial el contenido de FST entre las localidades, tratamiento de humedad y genotipo (Cuadro 3), lo cual explica la significancia observada en sus interacciones dobles y triples (Cuadro 2). La semilla cruda de los genotipos de raza Jalisco producida bajo riego en Ahome, mostró mayor contenido de FST comparado con el contenido de la semilla de los cultivares de las razas Durango y Nueva Granada (Cuadro 3).

La semilla del cultivar Flor de Mayo Anita mostró 32.2%, 60.8, 56.0% y 58.7% mayor concentración de FST comparada con el cultivar Pinto Zapata y Pinto Saltillo de la raza Durango, Azufrado 26 y Azufrado Noreste de la raza Nueva Granada, respectivamente. Más aún, el cultivar Flor de Junio Bajío que mostró el menor contenido de FST entre los cultivares de la raza Jalisco, pero mostró 11.4%, 48.8%, 42.5%, y 46.1% mayor contenido de FST comparado con Pinto Zapata, Pinto Saltillo, Azufrado 26 y Azufrado Noreste, respectivamente. La misma tendencia se observó en las muestras sembradas bajo EHT (Cuadro 3). Todos los cultivares de la raza Jalisco presentan un color de semilla rosa-crema, los cultivares pintos un color crema con manchas café y los azufrados un color amarillo. No es posible establecer una relación del color con los FST. En este punto sólo se puede relacionar el color con la descripción de la raza y por lo tanto, los cultivares de la raza Jalisco presentan mayor contenido de FST que los de las razas Durango y Nueva Granada.

El tratamiento de EHT modificó el metabolismo de la planta incrementando el contenido de los FST en la semilla de los cultivares de las razas Durango y Nueva Granada (Cuadro 3). Por ejemplo, el frijol crudo de Pinto Zapata y Pinto Saltillo mostró 6.6 y 21.2%, respectivamente, más FST bajo EHT comparado con los tratamientos de RC. El mismo efecto se observó en los cultivares de la raza Nueva Granada; sin embargo, este efecto no se observó en los cultivares de la raza Jalisco (Cuadro 3). El frijol crudo de todos los cultivares producidos en Celaya, tanto bajo RC y EHT mostraron menor concentración de FST comparado con el contenido de la semilla de los cultivares producidos en Ahome. Más aún, con la excepción del cultivar Pinto Zapata (raza Durango), las semillas de los cultivares de la raza Jalisco producidos bajo RC o EHT mostraron mayor contenido de FST comparados

and all the double and triple interactions which intervened firing (Table 2). The effect of moisture regime was only significant ( $p < .05$ ). FST higher levels between genotypes and treatment of moisture were observed in Ahome. Cooking differentially decreased the content of FST between localities, moisture treatment and genotypes (Table 3), which explains the significance observed in double and triple interactions (Table 2).

## Total soluble phenols

There was a significant effect of location and genotype  $\times$  location and genotype and genotype  $\times$  treatment moisture and cooking and all interactions for FST (Table 2). FST higher levels between genotypes and treatment of moisture were observed in Ahome. Cooking differentially decreased the content of FST between localities, moisture treatment and genotype (Table 3), which explains the significance observed in double and triple interactions (Table 2). The raw seed Jalisco race genotypes produced under irrigation in Ahome, showed higher content of FST compared with the contents of the seed of the cultivars of races Durango and New Granada (Table 3).

The seed of the cultivar Flor de Mayo Anita showed 32.2%, 60.8, 56% and 58.7% higher FST concentration compared with the cultivar Pinto Zapata and Pinto Saltillo, Durango race, and Azufrado 26 and Azufrado Northeastern, New Granada, respectively. Moreover, Flor de Junio Bajío cultivar showed the lowest content of FST between cultivars Jalisco race but showed 11.4%, 48.8%, 42.5% and 46.1% higher compared FST content Pinto Zapata, Pinto Saltillo, Azufrado 26 and Azufrado and Northeast, respectively. The same trend was observed in low EHT spiked samples (Table 3). All race Jalisco cultivars are color- pink - cream seed, the pinto cultivars cream colored with brown spots and sulfur yellow. It is not possible to establish a relationship between color and the FST. At this point only the color can be associated with the description of the race and therefore race cultivars have higher content Jalisco FST that the races Durango and New Granada.

The modified EHT treatment plant metabolism by increasing the content of the FST in the seed of the cultivars of races Durango and New Granada (Table 3). For example, the raw beans and Pinto Zapata and Pinto Saltillo were 6.6 and 21.2%, respectively, over low EHT FST treatments compared to RC. The same effect was observed in white new cultivars Granada; however, this effect was not observed

con los de las razas Durango y Nueva Granada (Cuadro 3). Valores similares de FST reportados para frijol común (Ranilla *et al.*, 2007; Xu and Chang, 2008).

### **Como resultado del proceso de cocción, los FST disminuyeron substancialmente en la semilla de todos**

los cultivares en ambas localidades (Cuadro 3). La reducción observada de los FST fue de 20.3% en el cultivar Flor de Mayo Anita producido en Celaya bajo EHT a 72% en Flor de Junio Marcela producido en Ahome bajo el mismo tratamiento de humedad. Cabe señalar que la reducción en los FST como resultado de la cocción fue mayor en los materiales sembrados bajo riego en Celaya (41.45-70.4%) en comparación con los sembrados bajo riego en Ahome (29.8-45.2%).

En últimos 10 años, los investigadores(as) se han interesado en los FST. La razón principal es la capacidad antioxidante demostrada por los FST y su papel en la prevención de varias enfermedades relacionadas con el estrés oxidativos (Manach *et al.*, 2004; Ranilla *et al.*, 2007). También han mostrado un efecto anti proliferativo en líneas de células de cáncer (Dong *et al.*, 2007; Aparicio-Fernández *et al.*, 2008). Por esta razón se desea que el contenido de los FST en la semilla de frijol común sea el mayor posible; dado que permitirá aumentar la biodisponibilidad de estos compuestos; se sabe que el metabolismo digestivo aumenta hasta en 20% la biodisponibilidad de los FST y por lo tanto, incrementa la probabilidad de prevenir el cáncer (Manach *et al.*, 2005). En general, los datos sugieren que los cultivares de la raza Jalisco producidos bajo riego y estrés hídrico acumulan mayores niveles de FST que los de las razas Durango y Nueva Granada.

### **Taninos condensados**

La localidad y el tratamiento de humedad no mostraron ninguna diferencia significativa en el contenido de taninos condensados (TC); sin embargo, si se observaron interacciones con el genotipo y las interacciones triples (Cuadro 2). El efecto de la cocción mostró diferencias significativas en las interacciones, pero no con la interacción de la cocción con el tratamiento de humedad. Los cultivares de la raza Jalisco producidos bajo RC y EHT en Ahome y Celaya, mostraron un contenido de TC mayor que los cultivares de las razas Durango y Nueva Granada (Cuadro 4). En este sentido, se observa una reducción en el contenido de TC por el efecto del EHT en contraste con el incremento que presentan los materiales sembrados bajo RC en Celaya. Se sabe que los TC aumentan ante diferentes tipos de estrés como una estrategia

in cultivars Jalisco race (Table 3). Raw beans from all cultivars Celaya produced under both RC and EHT FST showed lower concentration compared with the content of the seed of the cultivar produced Ahome. Moreover, with the exception of the cultivar Pinto Zapata (race Durango), the seeds of race Jalisco cultivars produced under RC or EHT showed higher content of FST compared with those of races Durango and New Granada (Table 3). FST similar values reported for common bean (Tadpole *et al.*, 2007; Xu and Chang, 2008).

As a result of the cooking process, the FST decreased substantially in the seed of all cultivars at both locations (Table 3). The observed reduction of the FST was 20.3% in the cultivar Flor de Mayo Anita occurred in Celaya in EHT to 72% in Flor de Junio Marcela produced in Ahome under the same moisture treatment. It should be noted that the reduction in FST as a result of cooking was higher in irrigated crops materials Celaya (41.45-70.4%) compared with the crops under irrigation in Ahome (29.8-45.2%).

In the last 10 years, researchers have been interested in the FST. The main reason is the antioxidant capacity shown by the FST and its role in the prevention of various diseases related to oxidative stress (Manach *et al.* 2004; Tadpole *et al.*, 2007). We have also shown anti-proliferative effect on cancer cell lines (Dong *et al.*, 2007; Aparicio-Fernández *et al.*, 2008). For this reason we want the content of the FST in common bean seed as large as possible, since it will increase the bioavailability of these compounds, it is known that digestive metabolism by up to 20% increases the bioavailability of the FST and therefore increases the likelihood of preventing cancer (Manach *et al.*, 2005). Overall, the data suggest that race Jalisco cultivars grown under irrigation and water stress FST accumulate higher levels than those of races Durango and New Granada.

### **Condensed tannins**

The town and moisture treatment showed no significant difference in the content of condensed tannins (CT); however, if there were interactions with genotype and three-way interactions (Table 2). The effect of cooking showed significant differences in the interactions, but not the interaction of cooking with humidity treatment. The race Jalisco cultivars produced under RC and EHT in Ahome and Celaya, CT showed content greater than the cultivars of races



de defensa ante condiciones adversas o ataque de insectos (De Mejía *et al.*, 2003) y que existe un efecto importante del genotipo (Guzmán-Maldonado *et al.*, 2003).

Durango and New Granada (Table 4). In this sense, there is a reduction in the content of TC by the effect of EHT increase in contrast materials having low crops Celaya

**Cuadro 4. Taninos condensados (g E(+)/kg, BS) de frijol crudo y cocido producido bajo irrigacion y estrés hídrico terminal.<sup>a</sup>**  
**Table 4. Condensed tannins (gE(+)/kg, BS) of raw and cooked beans produced under irrigation and water stress terminal.**

Cultivar	Ahome				Celaya			
	Riego		Estrés hídrico terminal		Riego		Estrés hídrico terminal	
	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido
P <sup>b</sup> Zapata	2.96 ± 0.18 dC	0.43 ± 0.02 cE	3.00 ± 0.25 dC	0.71 ± 0.06 aC	7.00 ± 0.28 cB	0.44 ± 0.03 bDE	8.65 ± 0.15 eA	0.54 ± 0.06 cD
P Saltillo	0.44 ± 0.051 eB	0.12 ± 0.03 dE	0.42 ± 0.06 eB	0.13 ± 0.05 eE	0.28 ± 0.08 dC	0.17 ± 0.02 cD	1.02 ± 0.05 fA	0.09 ± 0.036 Ff
FM <sup>c</sup> Noura	14.58 ± 0.64 bA	0.58 ± 0.06 bE	9.91 ± 0.11 bC	0.45 ± 0.04 bF	11.33 ± 0.15 bB	0.81 ± 0.19 aD	14.06 ± 0.88 bA	1.43 ± 0.39 aD
FM Anita	33.57 ± 0.83 aA	0.75 ± 0.06 aE	32.90 ± 0.03 aA	0.23 ± 0.03 dF	19.02 ± 0.21 aB	1.07 ± 0.23 aD	18.88 ± 0.10 aB	1.82 ± 0.18 aC
FJ <sup>d</sup> Marcela	15.41 ± 0.46 bA	0.37 ± 0.09 cE	10.44 ± 0.04 bC	0.31 ± 0.04 cE	11.87 ± 0.51 bB	0.47 ± 0.14 bE	12.32 ± 0.15 cB	1.15 ± 0.13 bD
FJ Bajío	5.76 ± 0.66 cC	0.57 ± 0.01 bF	3.91 ± 0.054 cD	0.23 ± 0.071 dG	7.71 ± 0.69 cB	0.48 ± 0.09 bF	10.48 ± 0.19 dA	1.17 ± 0.23 bE
A <sup>c</sup> 26	0.058 ± 0.00 gE	0.00 ± 0.01eF	0.21 ± 0.00 fB	0.11 ± 0.09 eBC	0.31 ± 0.02 dA	0.07 ± 0.00 dD	0.19 ± 0.02 gB	0.14 ± 0.02 eC
AN <sup>f</sup>	0.08 ± 0.00 fD	0.10 ± 0.02 dC	0.20 ± 0.00 fA	0.14 ± 0.03 eB	0.12 ± 0.02 eBC	0.07 ± 0.00 dD	0.11 ± 0.03 hBC	0.08 ± 0.02 dD

<sup>a</sup>Promedios en la misma columna con letra minúscula (misma columna) o con letra mayúscula (misma fila) similar no son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ , Tukey).

<sup>b</sup>Pinto; <sup>c</sup>Flor de Mayo; <sup>d</sup>Flor de Junio; <sup>e</sup>Azufrado; <sup>f</sup>Azufrado Noreste.

El contenido de TC mostrados por los cultivares Flor de Mayo Noura, Flor de Mayo Anita, Flor de Junio Marcela y Flor de Junio Bajío fueron similares a los reportados por De Mejía *et al.* (2003) y dos veces mayor a los reportados por Reynoso-Camacho *et al.* (2007) para Flor de Junio Marcela. Por otro lado, el contenido de TC en Pinto Zapata reportado por Reynoso-Camacho *et al.* (2007) fueron similares a los TC encontrados en el cultivar Pinto Zapata producido bajo RC y EHT en Ahome y de 3.5 a 4.3 veces menor que el contenido en Pinto Zapata producido en Celaya bajo los dos tratamientos de humedad probados en este trabajo, respectivamente. Como resultado del proceso de cocción, el contenido de TC se redujo desde 0.00 (tipos Azufrado sembrados en Ahome en RC, hasta 73.7% (Azufrado 26 sembrado en Celaya bajo EHT) (Cuadro 4). La reducción de los TC por efecto del proceso de cocción fue proporcional al contenido inicial en el frijol crudo.

La reducción observada en los TC sugiere que se hidrolizaron produciendo en compuestos de galoil que presentan menor peso molecular (Khanbabaee y van Ree, 2001). Los taninos a menudo son considerados compuestos indeseables desde

RC. TC are known to increase with different types of stress as a defense strategy against adverse conditions or insect attack (De Mejía *et al.*, 2003) and that there is a significant effect of genotype (Guzmán-Maldonado *et al.*, 2003).

The TC content displayed by Flor de Mayo cultivars Noura, Flor de Mayo Anita, Flor de Junio Marcela and Flor de Junio Bajío were similar to those reported by Mejía *et al.* (2003) and two times higher than those reported by Reynoso-Camacho *et al.* (2007) for Flor de Junio Marcela. Furthermore, the content of TC in Pinto Zapata reported by Reynoso-Camacho *et al.* (2007) TC were similar to those found in Pinto Zapata cultivar produced under RC and EHT Ahome and 3.5 to 4.3 times smaller than the content Pinto Zapata produced in Celaya under both moisture treatments tested in this work, respectively. As a result of the cooking process, the TC content decreased from 0.00, Azufrado types planted in Ahome in RC, to 73.7% (Azufrado 26 sown in Celaya low EHT) (Table 4). Reducing the effect of the process TC cooking was proportional to the initial content in the raw beans.

el punto de vista nutricional dado que forman complejos estables con las proteínas, carbohidratos y enzimas digestivas que reducen el valor nutricional de los alimentos (Bakkalbasi *et al.*, 2009). Sin embargo, a pesar de lo anterior, todos concuerdan que la actividad biológica de los TC sobre la salud es más importante y por lo tanto se espera que la población los consuma de las fuentes naturales (Chung *et al.*, 1998). En varios materiales la reducción de los TC es mayor al 50% y por lo tanto el efecto biológico se verá reducido significativamente.

En el resto de los materiales cocidos, a pesar de su bajo contenido en comparación con otras fuentes de TC, el nivel de consumo del frijol en México (~12 kg *per capita*) permite sugerir que la cantidad consumida de TC puede llegar a tener un efecto significativo sobre la salud. El contenido de TC en el frijol cocido fue mucho más bajo que los valores discutidos (Cuadro 4). Sin embargo, la baja concentración de TC en la semilla cocida pudo ser el resultado del acomplejamiento con proteínas o carbohidratos ya discutido, lo cual necesita evaluarse. Por otro lado, los alimentos y extractos de plantas que contienen TC son utilizados por la medicina tradicional de Asia (Japón y China) y África (Bakkalbasi *et al.*, 2009). Los reportes de Chung *et al.* (1998) y Spencer (2003) dan una excelente visión al respecto.

### Oligosacáridos

Contrario a los FST y TC, la semilla cruda de frijol de los cultivares de la raza Jalisco producidos bajo riego y estrés hídrico terminal, mostró menor concentración de oligosacáridos (OSC) comparado con la semilla de los cultivares de las razas Durango y Nueva Granada (Cuadro 5). Por ejemplo, en Ahome, la semilla cruda de los cultivares Pinto Zapata, Pinto Saltillo, Azufrado 26 y Azufrado Noroeste mostraron aproximadamente dos veces mayor concentración de OSC comparado con los cultivares Flor de Mayo y Flor de Junio, ambos producidos bajo riego y estrés hídrico, con excepción de Pinto Saltillo producido bajo estrés hídrico.

El contenido de OSC de todos los cultivares en Ahome se redujo como resultados del tratamiento bajo estrés hídrico terminal de 25.9% (Azufrado Noroeste) a 63.7% (Pinto Saltillo). Por el contrario, los OSC en frijol crudo de los cultivares de las razas Durango y Nueva Granada producidas bajo ambos tratamientos de humedad en Celaya mostraron menores diferencias comparados con el contenido de OSC de los cultivares de la raza Jalisco. La excepción fue el

The observed reduction in the TC suggests producing hydrolyzed in galloyl compounds having lower molecular weight (Khanbabaee and van Ree, 2001). The tannins are often considered undesirable compounds from the nutritional point of view because they form stable complexes with proteins, carbohydrates and digestive enzymes that reduce the nutritional value of food (Bakkalbasi *et al.*, 2009). However, despite this, all agree that the biological activity of TC on health is more important and therefore the population is expected to consume natural sources (Chung *et al.*, 1998). In various materials TC reduction is greater than 50% and thus the biological effect will be reduced significantly.

On the other hand, despite their low compared to other sources of TC, the level of consumption of beans in Mexico (~ 12 kg *per capita*) to suggest that the consumed amount of TC can have one significant effect on health. The TC content in the cooked beans was much lower than the values discussed (Table 4). However, the low concentration of TC in cooked seed could be the result of complexation with protein or carbohydrate already discussed which needs to be evaluated. On the other hand, food and plant extracts containing CT are used in traditional medicine in Asia (Japan and China) and Africa (Bakkalbasi *et al.*, 2009). Chung reports *et al.* (1998) and Spencer (2003) provide an excellent overview on the matter.

### Oligosaccharides

Contrary to the FST and TC, raw seed bean cultivars produced with Jalisco race irrigated and terminal water stress showed lower concentrations of oligosaccharides (OSC) compared to the seed of the cultivars of races Durango and New Granada (Table 5). For example, in Ahome, raw seed cultivars Pinto Zapata, Pinto Saltillo, Azufrado Northwest and Azufrado 26 showed approximately two-fold higher concentration compared CSO cultivars Flor de Mayo and Flor de Junio, both produced under irrigation and water stress except for Pinto Saltillo produced under water stress.

The content of CSOs all cultivars in Ahome declined as treatment outcomes under terminal water stress 25.9% (Azufrado Northwest) to 63.7% (Pinto Saltillo). In contrast, the OSC in the raw bean cultivars Durango races and New Granada produced under both treatments showed lower moisture Celaya differences compared with the content of

contenido de OSC en la semilla cruda de los cultivares de Pinto Zapata y Pinto Saltillo producidos en Celaya bajo estrés hídrico los cuales mostraron mayor contenido que los cultivares de la raza Jalisco (Cuadro 5). Interesantemente, el estrés hídrico afectó el contenido de OSC incrementando su nivel en todos los cultivares producidos en Celaya, en contraste con los resultados observados en Ahome.

OSC cultivars Jalisco race. The exception was the content of CSOs in raw seed cultivars Pinto Pinto Saltillo Zapata and Celaya produced under water stress which showed higher content than race Jalisco cultivars (Table 5). Interestingly, water stress affected the contents of OSC by increasing its level in all cultivars produced Celaya, in contrast to the results seen in Ahome.

**Cuadro 5. Contenido de oligosacáridos (mg/kg, BS) en frijol común producido bajo riego o estrés hídrico terminal.<sup>a</sup>**  
**Table 5. Oligosaccharide content (mg/kg, BS) in common bean produced under irrigation or water stress terminal.**

Cultivar	Ahome				Celaya			
	Riego		Estrés hídrico terminal		Riego		Estrés hídrico terminal	
	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido
Pinto Zapata	18.94 ± 0.22 cA	19.43 ± 0.69 bA	13.89 ± 0.68 cC	9.91 ± 0.44 cD	9.31 ± 0.43 bcD	10.11 ± 0.56 cdD	16.99 ± 0.39 aB	13.09 ± 0.49 dC
Pinto Saltillo	21.15 ± 0.40 bA	20.72 ± 0.89 bA	7.67 ± 0.62 deD	12.18 ± 0.61 bC	7.87 ± 0.65 fD	5.57 ± 0.17 fE	15.33 ± 0.14 cB	12.83 ± 0.33 dC
FM <sup>b</sup> Noura	10.95 ± 0.41 fC	9.44 ± 0.42 fD	7.43 ± 0.34 deF	6.55 ± 0.72 eF	8.49 ± 0.17 dE	10.39 ± 0.19 cC	16.12 ± 0.22 bA	14.02 ± 0.35 cB
FM Anita	13.22 ± 0.53 dA	10.82 ± 0.19 eB	7.19 ± 0.24 eD	4.61 ± 0.64 fE	9.43 ± 0.14 cC	11.25 ± 0.39 bB	13.53 ± 0.19 dA	13.23 ± 0.17 dA
FJ <sup>c</sup> Marcela	12.72 ± 0.44 deAB	12.36 ± 0.39 dB	7.75 ± 0.27 dF	10.38 ± 0.26 cD	8.05 ± 0.11 eE	9.96 ± 0.18 dD	11.32 ± 0.24 fC	13.15 ± 0.15 eA
FJ Bajío	12.29 ± 0.28 eB	10.44 ± 0.27 eD	7.03 ± 0.13 Eh	8.79 ± 0.10 dF	8.20 ± 0.19 defG	9.52 ± 0.18 eE	11.30 ± 0.21 fC	15.37 ± 0.49 bA
Azufrado 26	22.41 ± 0.26 aA	17.06 ± 0.47 cB	14.58 ± 0.65 bcD	5.78 ± 0.18 Eg	10.03 ± 0.16 aF	12.65 ± 0.12 aE	12.51 ± 0.15 eE	16.07 ± 0.15 aC
Azufrado N <sup>d</sup>	22.27 ± 0.21 aA	22.30 ± 0.27 aA	16.48 ± 0.67 aB	16.39 ± 0.52 aB	9.85 ± 0.13 bD	10.02 ± 0.04 dD	11.32 ± 0.14 fC	16.02 ± 0.43 abB

<sup>a</sup>Promedios en la misma columna con letra minúscula (misma columna) o con letra mayúscula (misma fila) similar no son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ , Tukey).

<sup>b</sup>Flor de Mayo; <sup>c</sup>Flor de Junio; <sup>d</sup>Noreste.

No se observó un patrón claro en el efecto del proceso de cocción sobre el contenido de OSC. Por ejemplo, en Ahome, el contenido de OSC se incrementó 2.5% en el cultivar Pinto Zapata producido bajo riego. Mientras que no se observó variación en los OSC en la semilla de Azufrado Noreste producida bajo riego en Ahome. El resto de los cultivares mostraron una reducción en el contenido de OSC entre 2% (Pinto Saltillo) y 23.9% (Azufrado 26). Los cultivares de Riego de Ahome cuando son cocidos presentan menos concentración de OSC, mientras que los del estrés hídrico de Ahome, la respuesta es variable. Sin embargo, en Celaya los cultivares producidos bajo riego incrementan los OSC en la cocción y el estrés hídrico tampoco presenta una respuesta clara.

El contenido de OSC detectado en este trabajo por todos los cultivares fue aproximadamente tres veces menor comparado con lo reportado por Díaz-Batalla *et al.* (2006).

There was no clear pattern in the effect of cooking process on the content of CSOs. For example, in Ahome, CSOs content increased 2.5% in the cultivar Pinto Zapata produced under irrigation. While there was no change in the OSC in Azufrado Northeast seed produced under irrigation in Ahome. The other cultivars showed reduced OSC content between 2% (Pinto Saltillo) and 23.9% (Azufrado 26). Irrigation cultivars Ahome when cooked CSOs have less concentration, whereas water stress of Ahome, the answer varies. However, in Celaya cultivars grown under irrigation increased the OSC in cooking and water stress does not present a clear answer.

The OSC content detected in this work for all cultivars was approximately three times lower compared with those reported by Díaz-Batalla *et al.* (2006). By contrast,

Por el contrario, el nivel de OSC encontrado en los cultivares de las razas Durango y Nueva Granada están en el rango reportado por Muzquiz *et al.* (1999). Estos resultados son congruentes con el aparente efecto significativo que el ambiente y el genotipo tienen sobre los OSC en la semilla de frijol común (Cuadro 2).

Con base en estos resultados, es necesario estudiar el efecto de otros factores ambientales tales como la baja y alta temperatura, junto con el genotipo y sus interacciones. Por otro lado, los OSC han sido considerados factores anti nutricionales debido a que son fermentados anaeróbicamente por los microorganismos del colon produciendo dióxido de carbono, hidrógeno y metano que resultan en flatulencias (Muzquiz *et al.*, 1999). Sin embargo, se ha reportado que los OSC presentan una actividad prebiótica la cual altera positivamente la flora bacteriana del colon (Gibson and Roberfroid, 1995; Ricroft *et al.*, 2001). También se ha sugerido que el papel que juegan los compuestos fermentables, incluidos los OSC, tiene que ver con la prevención del cáncer de colon (Cruz-Bravo *et al.*, 2001).

## Conclusiones

Sin importar la localidad, el tratamiento de humedad y el genotipo, la cocción disminuyó significativamente, el contenido de los compuestos estudiados. Sin embargo los oligosacáridos en especial en riego en Celaya, presentan una tendencia a incrementar su contenido. Los tratamientos de riego evaluados tuvieron en general un efecto positivo sobre el genotipo incrementando el contenido de fenoles solubles totales, taninos condensados y oligosacáridos en la semilla cruda. El cultivar de la raza Nueva Granada, Azufrado Noroeste mostró el mayor contenido de OGS tanto en grano crudo como cocido lo cual puede explicar el sabor dulzón de los cultivares amarillos. Los cultivares Flor de Mayo Anita y Flor de Junio Marcela, de la raza Jalisco, presentaron el mayor contenido de FST y TC tanto en frijol crudo como cocido. Mientras que el cultivar Pinto Zapata de la raza Durango, fue significativamente superior a Pinto Saltillo de la misma raza. Este último presenta contenidos similares de FST y TC al Azufrado de la raza Andina.

the level of OSC found cultivars Durango races and New Granada are in the range reported by Múzquiz *et al.* (1999). These results are consistent with the apparent significant effect that the environment and genotype have on CSOs in common bean seed (Table 2).

Based on these results, it is necessary to study the effect of other environmental factors such as low and high temperature, along with genotype and their interactions. Furthermore, the CSO has been considered antinutritional factors because they are anaerobically fermented by microorganisms in the colon to produce carbon dioxide, hydrogen and methane which results in flatulence (Múzquiz *et al.*, 1999). However, it has been reported that have a prebiotic activity OSC which positively altered bacterial flora in the colon (Gibson and Roberfroid, 1995; Ricroft *et al.*, 2001). Has also been suggested that the role of fermentable compounds, including OSC has to do with the prevention of colon cancer (Cruz-Bravo *et al.*, 2001).

## Conclusions

Regardless of the location, the moisture treatment and genotype cooking significantly decreased the content of the compounds studied. However especially oligosaccharides irrigation Celaya, have a tendency to increase its content. The irrigation treatments were generally evaluated a positive effect on the genotype increasing the content of total soluble phenols, condensed tannins and crude seed oligosaccharides. The cultivar of race Nueva Granada, Azufrado Northwest showed the highest content of OGS both raw and cooked beans which may explain the sweet taste of yellow cultivars. The cultivars Flor de Mayo Anita and Flor de Junio Marcela, Jalisco race had the highest FST and TC content in both raw and cooked beans. While the cultivar Pinto Zapata, Durango race was significantly superior than Pinto Saltillo of the same race. The latter has similar content of FST and TC as Azufrado, Andean breed.

*End of the English version*



## Agradecimientos

A la Fundación Produce Guanajuato por el apoyo financiero para realizar la investigación a través del proyecto: Desarrollo de variedades mejoradas de frijol para el estado de Guanajuato. Folio 317/04.

## Literatura citada

- Aparicio-Fernández, X.; Reynoso-Camacho, R.; Castaño-Tostado, E.; García-Gasca, T.; González-Mejía, E.; Guzmán-Maldonado, S. H.; Elizondo, G.; Yousef, G. G.; Lila, M. A. and Loarca-Piña, G. 2008. Antiradical capacity and induction of apoptosis on HeLa cells by a *Phaseolus vulgaris* extract. *Plants Food Hum. Nutr.* 63:35-40.
- Bakkalbasi, E.; Mentesh, Ö. and Artik, N. 2009. Food ellagitannins-occurrence, effects of processing and storage. *CR Food Sci. Nutr.* 49:283-298.
- Bermudez, O. L. and Trucker, K. L. 2003. Trends in dietary patterns of Latin American populations. *Cad. Saude Publica, Rio de Janeiro.* 19:88-99.
- Campos-Vergara, R.; Reynoso-Camacho, R.; Pedraza-Aboytes, G.; Acosta-Gallegos, J. A.; Guzmán-Maldonado, S. H.; Paredes-López, O.; Oomah, B. D. and Loarca-Piña, G. 2009. Chemical composition and *in vitro* polysaccharide fermentation of different beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Food Sci.* 74(7):T59-T65.
- Chung, K. T.; Wong, T. Y.; Wei, C. I.; Huang, Y. W. and Lin, Y. 1998. Tannins and human health: a review. *CR Food Sci. Nutr.* 38(6):421-464.
- Cruz-Bravo, R. K.; Guevara-González, R.; Ramos-Gómez, M.; García-Gasca, T.; Campos-Vega, R.; Oomah, B. D. and Loarca-Piña, G. 2011. Fermented nondigestible fraction from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Negro 8025 modulates HT-29 cell behavior. *J. Food Sci.* 76(2):T41-47.
- De Mejía, E.; Guzmán-Maldonado, S. H.; Acosta-Gallegos, J. A.; Reynoso-Camacho, R.; Ramírez-Rodríguez, E.; González-Chavira, M. M.; Castellanos, J. Z. and Kelly, J. 2003. Effect of cultivar and growing location on the trypsin inhibitors, tannins, and lectins of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in the semiarid highlands of Mexico. *J. Agric. Food Chem.* 51:5962-5966.
- Desphande, S. S. and Cheryan, M. 1985. Evaluation of vanillin assay for tannin analysis of dry beans. *J. Food Sci.* 50:905-916.
- Díaz-Batalla, L.; Widholm, J. M.; Fahey, G. C. Jr.; Castaño-Tostado, E. and Paredes-López, O. 2006. Chemical components with health implications in wild and cultivated Mexican common bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Agric. Food Chem.* 54:2045-2052.
- Dong, M.; He, X. and Liu, R. H. 2007. Phytochemicals of black bean seed coats: isolation, structure, elucidation and their antiproliferative and antioxidative activities. *J. Agric. Food Chem.* 55:6044-6051.
- Gibson, G. R. and Roberfroid, M. B. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotic. *J. Nutr.* 125:1401-1412.
- Guzmán-Maldonado, S. H. and Paredes-López, O. 1998. Functional products of plants indigenous to Latin America: amaranth, quinoa, common beans, and botanicals. *In: functional foods, biochemical and processing aspects.* (Ed.). Mazza, G. Technomic Publishing Co. Inc, Lancaster, USA. 293-328.
- Guzmán-Maldonado, S. H.; Martínez, O.; Acosta-Gallegos, J. and Paredes-López, O. 2003. Putative quantitative trait loci for some physical and chemical components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Crop Sci.* 43:1029-1035.
- Hernández-Lucero, E.; Ruiz, O. A. and Jiménez-Bremont, J. F. 2008. Effect of salt stress on polyamine metabolism in two bean cultivars. *Plant Stress* 2:96-102.
- Jiménez-Hernández, Y.; Acosta-Gallegos, J. A.; Sánchez-García, B. M. and Martínez-Gamiño, M. A. 2012. Agronomic traits and Fe and Zn content in the grain of common Rosa de Castilla type bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(2):311-325.
- Key, T. J.; Fraser, G. E.; Thorogood, M.; Appleby, P. N.; Beral, V.; Reeves, G.; Burr, M. L.; Chan-Claude, J.; Frentzel-Beyme, R.; Kuzma, J. W.; Mann, J. and McPerson, K. 1999. Mortality in vegetarians and non-vegetarians: detailed findings from a collaborative analysis of 5 prospective studies. *Am. J. Clin. Nutr.* 70:516-524.
- Khanbabae, K. and van Ree, T. 2001. Tannins: classification and definition. *Nat. Prod. Rep.* 18:641-649.
- Laing, F. M.; Sendak, P. E. and Aleong, J. 1985. Species trials for biomass production on abandoned farmland. *North. J. Appl. Forest.* 2:43-47.
- Lampe, J. W. 1999. Health effects of vegetable and fruits: assessing mechanisms of action in human experimental studies. *Am. J. Clin. Nutr.* 70:174-490.
- Lanza, E.; Hartman, T. J.; Albert, P. S.; Shields, R.; Slattery, M.; Caan, B.; Paskett, E.; Iber, F.; Kikendall, J. W.; Lance, P.; Daston, C. and Schatzkin, A. 2006. High dry bean intake and reduced risk of advanced colorectal adenoma recurrence among participants in the polyp prevention trial. *J. Nutr.* 36:1896-1903.
- Manach, C.; Scalbert, A.; Morand, C.; Rémèsy, C. O. and Jiménez, L. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am. J. Clin. Nutr.* 79:727-747.
- Manach, C.; Williamson, G.; Morand, C.; Scalbert, A. and Rémèsy, C. 2005. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *Am. J. Clin. Nutr.* 81:230S-242S.
- Muzquiz, M.; Burbano, C.; Ayet, G.; Pedrosa, M. M. and Cuadrado, C. 1999. The investigation of antinutritional factors in *Phaseolus vulgaris*. Environmental and varietal differences. *Biotechnol. Agron. Sco. Environ.* 3(4):210-216.
- Ranilla, L. G.; Genovese, M. I. and Lajolo, F. M. 2007. Polyphenols and antioxidant capacity of seed coat and cotyledon from Brazilian and Peruvian bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Agric. Food Chem.* 55:90-98.
- Reynoso-Camacho, R.; Ríos-Ugalde, C.; Torres-Pacheco, I.; Acosta-Gallegos, J. A.; Palomino-Salinas, A. C.; Ramos-Gómez, M.; González-Jasso, E. and Guzmán-Maldonado, S. H. 2007. El consumo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y su efecto sobre el cáncer de colon en ratas Sprague-Dawley. *Agric. Téc. Méx.* 33:43-52.