

EFFECTO DE LAS HELADAS SOBRE FACTORES NUTRIMENTALES Y DE CALIDAD DE FRIJOL

FROST EFFECT ON NUTRIMENTAL AND QUALITY FACTORS IN BEANS

Carmen Jacinto Hernández¹ y Pablo Fernández Hernández²

RESUMEN

La presencia de heladas tempranas es un fenómeno que llega a afectar grandes extensiones del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el área temporalera del país. No obstante, el daño que sufre el grano, generalmente se comercializa para consumo humano. Por lo anterior, se desarrolló el presente trabajo, con el objetivo específico de estudiar el efecto que sobre las características nutricionales físicas y fisicoquímicas del grano, tiene la presencia de heladas tempranas en el cultivo. Durante el ciclo Primavera-Verano 1989 se sembraron las variedades: Pinto Nacional Morelos, Ojo de Cabra-73 y Ojo de Cabra Regional, en Bustillos, Mpio. de Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, para evaluar la composición química y las características físicas y fisicoquímicas de su grano en dos muestras, una que concluyó su desarrollo normal y otra afectada por heladas tempranas. Se observó que las heladas motivan cambios en la composición del grano tales como: incremento en el contenido de proteína, triptófano, fracción de glutelina y fibra cruda. La fracción albúmina + globulina fue el principal constituyente de las proteínas del frijol. Respecto a las características tecnológicas, en los materiales afectados ocurrieron cambios negativos para el consumidor como el decremento del peso del grano entre 20 y 35% y el tamaño del mismo; el incremento en cerca de cuatro veces más del volumen de agua que absorben los granos por unidad de tiempo durante el remojo; y el aumento del porcentaje de testa en 1% en promedio y el de tiempo de cocción se aumentó desde un 25% para la variedad Pinto Nacional Morelos, hasta un 92% para la Ojo de Cabra-73.

¹ Investigador del Lab. Calidad de Frijol, CEVAMEX-INIFAP-SARH. Apdo. Postal No. 10, CP 56230, Chapingo, Méx.

² Investigador del Programa de Leguminosas Comestibles. CESICH. INIFAP-SARH. Apdo. Postal No. 554, CP 31500, Cd. Cuauhtémoc, Chih.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Phaseolus vulgaris L. proteína, aminoácidos, imbibición, tiempo de cocción.

SUMMARY

Early frost is a phenomenon that affects a large area of bean crop (*Phaseolus vulgaris* L.) in the rainfed area of the country. In spite of the damage that the grain suffers it is generally used for human consumption. Because of that, the present study was carried out at the Protein Quality Laboratory of CIFAP-MEXICO in order to examine the effects of early frost on the nutritional, physical and physicochemical traits of beans. The varieties: Pinto Nacional Morelos, Ojo de Cabra-73, and Ojo de Cabra Regional were grown at Bustillos, Cd. Cuauhtémoc, Chih. during the spring-summer season, 1989. To study the chemical composition and technological characteristics of its kernel two samples of each variety, one normal development and the other affected by early frost were evaluated. It was observed that frost stimulates changes in the grain composition such as increases in protein content, tryptophan, glutelin fraction and crude fiber. The major constituent of bean protein was the albumin + globulin fraction. On the other hand, negative changes from the consumer's stand point occurred in the physical and physicochemical characteristics of affected materials. For example grain weight decreased between 20 and 35% while grain size also decreased. Water volume absorbed by grains per unit of time during soaking was increased approximately four times. Coat percentage also increased from 25% for Pinto Nacional Morelos to 92% for Ojo de Cabra-73.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Phaseolus vulgaris L., protein, amino acids, water absorption, cooking time.

INTRODUCCION

El frijol es uno de los cultivos básicos para la alimentación de la población mexicana y una de las principales fuentes de proteína de origen vegetal. En 1984 se cosecharon 1'725,057 ha, con un rendimiento unitario de 564 kg/ha. De la superficie total el 90.5% (1'561,412 ha) se cultivó bajo condiciones de temporal y el restante 9.5% (163,645 ha) bajo el sistema de riego (SARH, 1987).

En cuanto a la superficie sembrada con frijol de temporal en Chihuahua, se tiene que durante el periodo 1980-1990 se ha observado una variación que va 132,467 hectáreas en 1985 a 273,480, en 1990, con un promedio de 209,110 hectáreas y un rendimiento medio regional de 421 kg/ha. El patrón de variedades indica que bajo este sistema de producción el 88% de la superficie se siembra con la variedad Ojo de Cabra, el 10.8% con frijol pinto y el restante 1.2% con materiales de introducción, tales como Canarios, Bayos y Flor de Mayo, entre otros.

En esta región, la duración de la estación de crecimiento para el cultivo de frijol está en función del inicio de las lluvias de verano y la presencia de las primeras heladas en el otoño. El análisis histórico de los registros meteorológicos indica que el inicio de las lluvias es altamente aleatorio, lo cual trae consigo variación considerable de la superficie sembrada con esta leguminosa, el establecimiento del cultivo fuera de los límites de siembra y mayor riesgo de afectación por heladas tempranas (Fernández¹).

El daño por heladas se da en función de la intensidad de éstas y de la etapa de

desarrollo en que se encuentre el cultivo cuando es afectado. Por lo general, su presencia coincide con la fase de llenado de vainas a madurez fisiológica, provocando una limitación en el desarrollo del cultivo, deficiente llenado de grano y reducción del rendimiento. No obstante lo anterior, el grano se comercializa para consumo humano, situación que motivó el presente trabajo, cuyo objetivo es determinar el efecto de las heladas sobre los factores nutrimentales, físicos y fisicoquímicos del frijol.

REVISION DE LITERATURA

La mayoría de los materiales de frijol mencionados en la literatura tienen valores de proteína cruda en base seca que oscilan entre 16 y 30% (Bressani *et al.*, 1960). Este valor es afectado notablemente por condiciones ambientales, los mismos genotipos dan valores estadísticamente diferentes en condiciones agroclimáticas distintas (Hall *et al.*, 1977).

Ma. y Elías (1978) indican que las proteínas de la semilla de frijol común tienen cinco fracciones principales: globulina I y II (36-46% y 51-12%, respectivamente), albúmina (12-16%), prolamina (2-4%) y una fracción soluble en álcali (20-30%).

Bressani *et al.* (1961) realizaron un estudio sobre la composición química de diferentes especies de *Phaseolus* y encontraron que ésta es similar entre los materiales estudiados, con los valores siguientes: humedad, 14.5%; proteína, 22.3%; fibra cruda, 6.0%, y carbohidratos, 52.4%. Al comparar el contenido de aminoácidos con el patrón de referencia de la FAO se observó que en los azufrados la cistina y metionina son los primeros limitantes y enseguida el triptófano.

White (1985) señala que la planta de frijol común crece convenientemente en temperaturas promedio de 15 a 27°C. En términos

¹ Información personal Pablo Fernández Hernández, Investigador del Programa de Leguminosas Comestibles. CESICH-INIFAP-SARH.

generales esta especie es capaz de soportar temperaturas extremas (5 a 4°C) por períodos cortos, pero si se mantiene por tiempo prolongado, ocurren daños irreversibles debido a la sensibilidad de las reacciones bioquímicas, principalmente disociación de proteínas enzimáticas y membranas celulares. Singh y Laroche (1988) mencionan que la función de la membrana plasmática y la actividad fotosintética son las primeras actividades celulares que se afectan como resultado del daño por frío intenso, indican también que durante el endurecimiento por frío se dan numerosos cambios que capacitan a las membranas de las células de las plantas para resistir la deshidratación.

Uno de los parámetros de calidad más importantes en el frijol para consumo humano directo es el tiempo de cocción. Tapia *et al.* (1985) encontraron que factores como tamaño del grano, brillo y porcentaje de testa son determinantes en el tiempo de cocción y señalan que remojar los granos en agua por 16 horas antes de la cocción los suaviza y disminuye el tiempo de cocción, al respecto, Linares (1981) también menciona que es importante la absorción de agua para la determinación de éste.

Por otra parte, Maeda y Roche (1985) encontraron que la variación en tiempos de cocción se debió en gran medida a diferencias en la capacidad de imbibición de las variedades, y que el porcentaje de testa y el tamaño del grano no se correlacionaron significativamente con el tiempo de cocción.

Taylor (1988) evaluó la capacidad de imbibición de semillas semiduras de frijol, y menciona que éstas se embebieron fácilmente cuando su contenido de humedad inicial fue mayor o igual al 10%, mientras que las testas de las semillas se tornaron impermeables a bajos niveles de humedad.

Rodríguez-Sosa *et al.* (1984) midieron los tiempos de hidratación de 22 selecciones de

frijol, encontraron que los rojos arriñonados duplicaron más rápidamente su peso, a las 7 horas; seguidos de los rayados con 10 horas, y que las selecciones restantes requirieron de 12-18 horas.

Desphande (1985) estudió el papel de la microestructura en el procesamiento y describe que la velocidad inicial de absorción de agua durante el remojo es característica de cada variedad, y que la testa juega un papel importante hasta que se supera su resistencia inicial a la absorción de agua.

MATERIALES Y METODOS

Se estudiaron las variedades de frijol: Pinto Nacional Morelos, Ojo de Cabra-73 y Ojo de Cabra Regional. Estos materiales se sembraron en una parcela de validación de Bustillos, Municipio de Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, en el ciclo Primavera-Verano 1989; al momento de la siembra se fertilizó con la dosis 30-50-0 y se realizaron dos cultivos y una aplicación de herbicida. Durante el periodo de siembra a cosecha se precipitaron 274 mm de lluvia, y las heladas tempranas se registraron del 24 al 29 de septiembre, con temperaturas mínimas de -2°C, coincidiendo con la etapa de llenado de vainas del cultivo.

Mediante la comparación de los días que cada variedad requiere para completar su ciclo de cultivo, y los días de desarrollo de las plantas al momento de la helada, se estimó que los materiales tipo Ojo de Cabra requieren alrededor de 10 días para alcanzar su madurez fisiológica, mientras que la variedad Pinto Nacional Morelos aproximadamente 15 para completar su ciclo.

En el laboratorio de Calidad de Proteínas del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias CIFAP-MEXICO se analizaron dos muestras de grano de cada variedad, una de semilla proveniente de las vainas formadas en los primeros nudos de la planta,

con desarrollo normal y una segunda de semilla de las vainas formadas en los nudos superiores con síntomas visibles de daño por heladas. Se realizaron las determinaciones siguientes por triplicado: (1) Contenido de proteína, por el método automatizado Technicon (1974), empleando el equipo Technicon autoanalyzer II; (2) almidón por el método de Clegg (1956), (3) fibra cruda y aceite por los métodos descritos en el manual de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1975); (4) los aminoácidos: lisina, según el método de Tsai modificado por Villegas y Mertz (1970) y triptófano, con el método de Opienska-Blauth modificado por Hernández y Bates (1969).

Considerando que en México la cantidad promedio de frijol que una persona consume por día es de 50 gramos (2 raciones/día) se obtuvo el porcentaje en el cual cada variedad/tratamiento cubre el requerimiento de aminoácidos del organismo humano, de acuerdo con el patrón de la FAO.

Se determinó la composición de la proteína según el método de Osborne, citado por Bushuk (1983), mediante el cual las fracciones se separaron de acuerdo con su solubilidad en distintos disolventes; y posteriormente, se cuantificaron por su contenido de nitrógeno empleando el equipo Kjeltec Auto 1030.

Asimismo, se evaluaron las características físicas y fisicoquímicas del grano: peso de 100 granos, tamaño, porcentaje de testa, cinética de absorción de agua durante el remojo y determinación del tiempo de cocción del grano después de 18 horas de remojo en agua. Los métodos empleados para estas determinaciones fueron los descritos en el manual de metodologías del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (Elías *et al.*, 1986).

Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente mediante el análisis de varianza correspondiente a un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 3 x 2 (3 variedades y 2 tipos de material: uno con desarrollo fisiológico normal y otro afectado por heladas) con tres repeticiones. La comparación de medias se realizó de acuerdo con la Prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSION

El contenido de humedad de las muestras varió de 9.2 a 9.7%, esto es, no más de 0.3% de diferencia entre los materiales normales y los afectados por helada.

De acuerdo con el análisis de varianza (Cuadro 1), existen diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.01$) entre variedades, en cuanto a las variables: proteína, almidón, aceite, fibra cruda, lisina, triptófano, y significativa ($P < 0.05$) para albúmina + globulina. Entre tratamientos se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) en proteína, aceite, fibra cruda, triptófano y glutelina, y la interacción variedad*tratamiento fue altamente significativa para proteína, almidón, aceite, fibra cruda, lisina y triptófano.

En el cuadro 2 se presentan las características bioquímicas de los materiales estudiados, los valores son promedio de los dos tratamientos en cada variedad y de las tres variedades en cada tratamiento.

Se observa que la variedad Pinto Nacional Morelos tiene el mayor porcentaje de proteína, componente cuya concentración tiende a disminuir al incrementarse el contenido de almidón, esto se confirma por el coeficiente de correlación negativo y significativo ($P < 0.05$) ($r = 0.55^*$). Respecto a las fracciones que componen la proteína, la

Cuadro 1. Cuadrados medios de los análisis de varianza para características bioquímicas en tres variedades de frijol con madurez fisiológica normal (tratamiento 1) y afectadas por heladas (tratamiento 2).

Fuente de variación	Proteína	Almidón	Aceite	Fibra cruda	Lisina	Triptófano	album. + globulina	prolamina	glutelina
Modelo	2.9**	36.1**	0.08**	0.37**	0.37**	0.07**	20.2*	5.1NS	22.8*
Variedad	3.9**	45.0**	0.04**	0.48**	0.37**	0.05**	23.0*	9.1NS	4.6N'
tratamiento	5.3**	2.3NS	0.24**	0.59**	0.00	0.20**	5.9NS	5.9NS	103.8*
Var. x Trat.	0.6**	44.2**	0.03**	0.15**	0.56**	0.03**	24.4*	0.6NS	0.5NS
Error	0.01	0.6	0.00	0.01	0.00	0.00	4.4	7.9	2.7
Tot. corr.	14.34	183.8	0.39	1.91	1.89	0.38	127.0	72.9	130.4
Coefi. de Var. (%)	0.5	1.2	1.66	2.23	1.13	2.88	3.2	65.3	5.9

** Diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.01$).

* Diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$).

NS No significativo.

Cuadro 2. Características bioquímicas de tres variedades de frijol con madurez fisiológica normal y afectadas por heladas.

Variedad	%				g/100 g de proteína		
	Proteína	Almidón	Aceite	Fibra cruda	Albumina-Globulina	Prolamina	Glutelina
Pinto Nal. Morelos	21.6 a	64.1 b	1.5 b	5.5a	65.5 a	6.1 a	26.8 a
Ojo de Cabra-73	21.4 b	59.5 c	1.5 c	4.8b	63.9 b	3.6 a	29.0 a
Ojo de Cabra Reg.	19.8 c	66.0 a	1.7 a	4.9b	68.6 a	3.3 a	28.1 a
Tratamiento:							
Madurez fisiológica normal	20.2 b	63.7 a	1.7 b	4.8b	66.7 a	5.0 a	25.0 b
Afectado por heladas	21.6 a	62.8 a	1.4 b	5.3a	65.3 a	3.6 a	30.9 a

¹ Promedios seguidos de la misma letra para cada variable no son estadísticamente diferentes entre sí (Duncan $P=0.05$).

mayor fue albúmina + globulina que constituye un 64-69% y presenta una correlación altamente significativa ($P < 0.01$) con los aminoácidos lisina ($r = 0.71^{**}$) y triptófano, ($r = -0.66^{**}$), la glutelina con una concentración de 25 a 31% y finalmente las prolaminas presentes en 3 a 6%.

En el mismo Cuadro 2 se advierte que los materiales afectados por heladas presentan mayor contenido de proteína ($P < 0.05$), componente de gran importancia nutrimental. Esto se relaciona con un estancamiento del desarrollo de la semilla por efecto de helada, lo cual detuvo el proceso de almace-

namiento del almidón en el grano, y por consiguiente la proteína representó un mayor porcentaje del peso de la semilla. Asimismo se incrementó el porcentaje de la fibra cruda, ya que en las semillas más pequeñas en proporción la superficie exterior fue mayor. La composición de la proteína también fue afectada por las heladas, la fracción de glutelina aumentó; y presentó una correlación positiva y altamente significativa con el contenido de triptófano ($r = 0.82^{**}$) que indica que la glutelina es rica en este aminoácido, por lo que al aumentar su concentración se incrementa la cantidad de triptófano en la semilla.

Respecto a los aminoácidos (Cuadro 3), el promedio de triptófano en frijol el Instituto Nacional de Nutrición (Hernández *et al.*, 1977) establece que es de 1.3 g/100 g de proteína, y en los materiales con madurez fisiológica normal los valores fueron de 1.6 a 2.0 g/100 g de proteína y en los afectados por helada de 2.0 a 2.1 g/100 g.

En el caso de lisina el promedio que se indica es de 6.1 g/100 g de proteína, y el obtenido en los materiales con madurez fisiológica normal fue de 6.0 a 6.5 g/100 g de proteína y en los afectados por helada de de 5.5 a 6.3 g/100 g.

Se encontró que 50 g de grano de los materiales afectados por heladas satisfacen en mayor proporción los requerimientos diarios de los aminoácidos analizados (Figura 1), ubicándose en primer término la variedad Ojo de Cabra-73, que cubre el 85 y 81% de triptófano y lisina, respectivamente, enseguida Pinto Nacional Morelos y finalmente Ojo de Cabra Regional.

En cuanto a las características físicas y fisicoquímicas se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre variedades (Cuadro 4) para volumen de 100 semillas, porcentaje de testa y tiempo de cocción, y significativas ($P < 0.05$) para peso de 100 semillas y absorción de agua a las 18 h de tiempo de remojo; mientras que entre tratamientos se observaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para peso y volumen de 100 semillas, absorción de agua a las 6 h de remojo, porcentaje de testa y tiempo de cocción. La interacción variedades*tratamientos fue altamente significativa ($P < 0.01$) para peso y volumen de 100 semillas y significativa ($P < 0.05$) para porcentaje de testa y tiempo de cocción.

Cuadro 3. Contenido de lisina y triptófano en tres variedades, de frijol con madurez fisiológica normal (N) y afectadas por heladas (H).

Aminoácidos	Pinto Nal. Morelos		Ojo de Cabra-73		Ojo de Cabra Regional	
	mg/100g frijol	g/100g proteína	g/100g frijol	g/100g proteína	g/100g frijol	g/100g proteína
Lisina	(N) 1260	6.5	1220	6.6	1060	6.0
	(H) 1270	6.2	1300	6.3	1010	5.5
Triptófano	(N) 312	1.6	368	2.0	281	1.6
	(H) 397	2.0	424	2.1	378	2.1

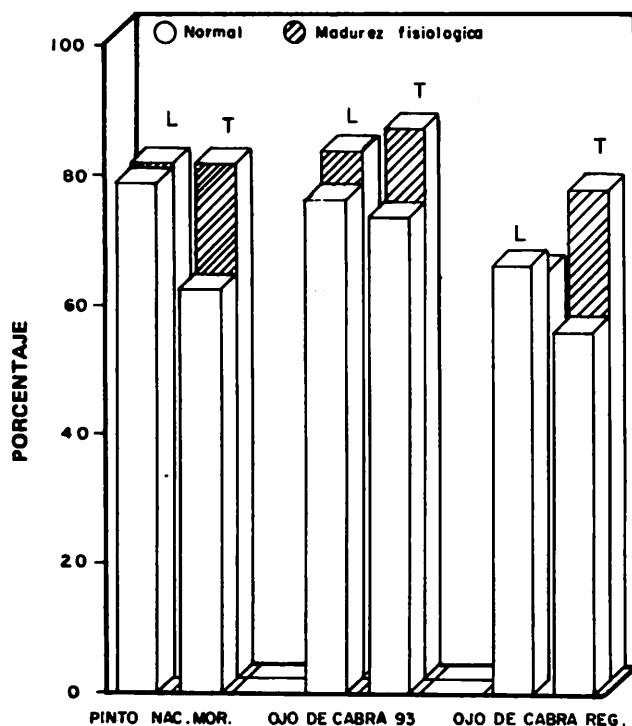


Figura 1. Porcentaje en que satisfacen los requerimientos diarios del organismo humano de lisina (L) y triptofano (T), 59 g. de frijol de tres variedades.

Cuadro 4. Cuadrado medio de los análisis de varianza para características tecnológicas de tres variedades de frijol con madurez fisiológica normal (tratamiento 1) y afectadas por heladas (tratamiento 2).

Fuentes de variación	Peso de 100 semillas (g)	Volumen (ml)	Absorción de agua		% testa	Tiempo de cocción (min)
			6 h	18 h		
Modelo	50.3**	59.7**	280.1*	269.9*	2.7**	2509.4**
Variedad	5.6*	27.6**	44.8NS	519.0*	3.1**	1778.3**
Tratamiento	221.0**	200.1*	1250.5**	115.9NS	4.9**	7350.8**
Var. x trat.	9.5**	21.6*	30.1NS	97.8NS	1.1*	819.8*
Error	0.8	0.7	42.0	58.6	0.2	120.6
Total corregido	256.2	302.9	1652.2	1701.0	14.3	13270.3
Coefficiente de variación (%)	3.5	3.03	37.4	9.0	3.9	10.8

** Diferencias estadísticas altamente significativas (P<0.01)

* Diferencias estadísticas significativas (P<0.05)

NS No significativo

Al comparar el efecto del tratamiento en las características físicas y fisicoquímicas (Cuadro 5) se determinó una disminución considerable del peso y volumen de la semilla a causa de las heladas, es decir, menor tamaño de semilla mayor contenido de proteína ($r = -0.72$).

Debido a que las semillas pequeñas existe mayor superficie de contacto con el agua durante el remojo, el porcentaje de absorción de agua a las 6 horas fue de aproximadamente cuatro veces mayor para los materiales afectados por heladas en comparación con los que alcanzaron su madurez fisiológica en condiciones normales. Esto se comprueba por la correlación altamente significativa ($P < 0.01$) y negativa entre volumen de 100 semillas y porcentaje de absorción de agua a las 6 horas de remojo ($r = -0.65$).

En cambio a las 18 horas de remojo no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, respecto al porcentaje de agua absorbida, es decir, la curva de tiempo vs absorción de agua (Figura 2) tiende a alcanzar su máximo y estabilizarse. Sin embargo, se encontraron

diferencias entre variedades ($P < 0.05$) (Cuadro 5); Pinto Nacional Morelos mostró la mayor capacidad de imbibición, ya que fue la única que alcanzó a duplicar su peso después de 18 horas de remojo, y presentó menores contenidos de testa y tiempo de cocción, esto coincide con lo mencionado por Linares (1981) y Tapia *et al.* (1985) acerca de que la capacidad de imbibición y el porcentaje de testa de la semilla influyen en el tiempo de cocción.

El porcentaje de testa permitió clasificar los materiales con madurez fisiológica normal como de "contenido de testa intermedio" y a los afectados por heladas como "contenido de testa alto", de acuerdo con los valores establecidos por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) (Elías *et al.*, 1986). Cabe mencionar que la separación de la testa para su cuantificación fue laboriosa en los materiales afectados por heladas, aún después del remojo.

El tiempo de cocción se incrementó en promedio 64% en los materiales afectados por helada. La correlación entre el porcentaje de testa y el tiempo de cocción

Cuadro 5. Características físicas y físicoquímicas de tres variedades de frijol con madurez fisiológica normal y afectadas por helada¹.

Variedad	Peso de 100 semillas (g)	Volumen (ml)	% Absorción de agua		% testa	Tiempo de cocción (min)
			a 6 h	a 18 h		
Pinto Nal. Morelos	25.0 b	26.0 a	14.2 a	98.7 a	9.0 b	77.5 b
Ojo de Cabra-73	25.2 b	28.5 b	20.9 a	78.5 b	10.2 a	112.0 a
Ojo de Cabra Regional	27.1 a	31.3 c	16.9 a	79.5 b	10.7 a	115.8 a
Tratamiento						
Madurez fisiológica normal	30.1 a	32.7 a	7.1 b	82.5 a	9.3 b	77.0 b
Afectado por heladas	21.5 b	24.5 b	27.5 a	88.7 a	10.0 a	126.5 a

¹ Promedios seguidos de la misma letra para cada variable no son estadísticamente diferentes entre sí (Duncan $P = 0.05$).

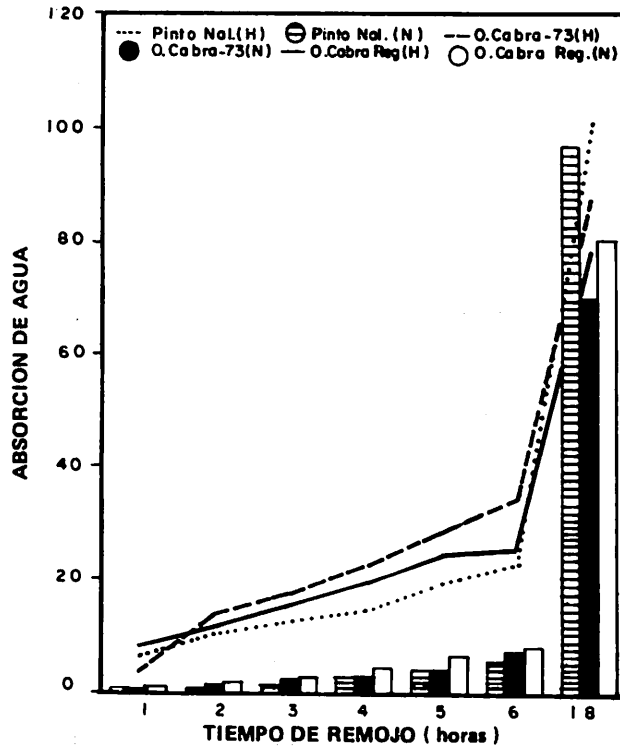


Figura 2. Cinética de absorción de agua en Frijol con madurez fisiológica normal (N) y afectadas por helada (H).

($r = 0.83^{**}$) indica que aquéllos con mayor porcentaje necesitan mayor tiempo de cocción. Además de la barrera que la testa representa para la penetración del calor durante la cocción, el menor contenido de almidón en la semilla impide que se lleve a cabo la gelatinización adecuada, hinchamiento de los gránulos de almidón, resultado de un aumento de temperatura en presencia de agua, lo cual es importante, ya que los gránulos de almidón gelatinizados proporcionan de manera importante la textura suave y granulosa característica del frijol cocido.

De las variedades estudiadas, Ojo de Cabra Regional presentó el mayor peso y volumen de 100 semillas, características deseables para el consumidor, sin embargo, el porcentaje de testa y el tiempo de cocción también fueron los más elevados. Esto último resulta inconveniente para su procesa-

miento, pues incrementa los gastos de combustible para la cocción.

La variedad cuyo tiempo de cocción se afectó en menor grado por helada fue Pinto Nacional Morelos, en la cual las semillas con madurez fisiológica normal requirieron 69 minutos y las afectadas por helada 86, en Ojo de Cabra Regional el incremento fue de 86 a 146 y en la Ojo de Cabra-73 de 77 a 148 minutos (Figura 3).

Estas diferencias demuestran que a pesar de que el contenido inicial de agua en las semillas era semejante al inicio del proceso de cocción (después de las 18 horas de remojo previo que establece el método del INCAP) el cambio en las características intrínsecas de la semilla, motivado por helada provoca un notable incremento en el tiempo de cocción.

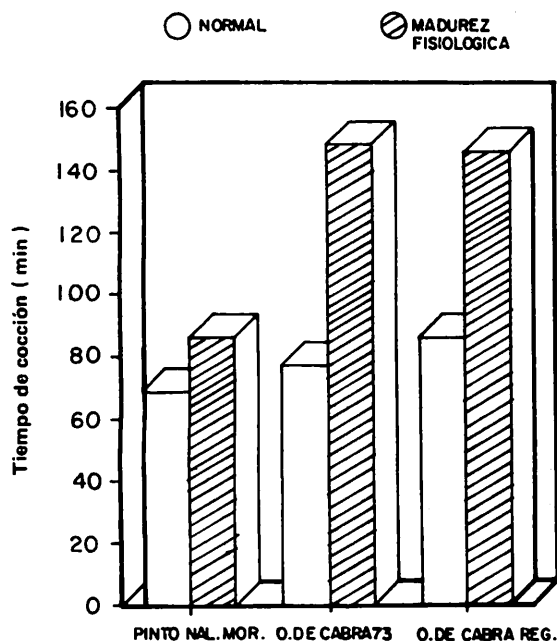


Figura 3. Tiempo de cocción en tres variedades de frijol.

CONCLUSIONES

En los materiales afectados por helada se favoreció un incremento en el porcentaje de componentes como proteína, lisina y triptófano, deseables desde el punto de vista nutricional.

La fracción albúmina + globulina constituyó el mayor porcentaje de la proteína del frijol.

Se observó un incremento en contenido de glutelina en la proteína de los frijoles afectados por helada, el cual se correlacionó positivamente con la concentración de triptófano en la proteína.

Los cambios en las características físicas y fisicoquímicas por efecto de helada fueron: disminución en el peso y volumen de la semilla y aumento en el porcentaje de testa y tiempo de cocción; factores que

afectan negativamente la calidad para el consumidor.

Los granos afectados por helada absorbieron mayor cantidad de agua durante las primeras horas de remojo, después de 18 horas no existieron diferencias significativas en el volumen de agua absorbida.

De las variedades estudiadas, la que afectó en menor grado sus características físicas y fisicoquímicas por heladas fue Pinto Nacional Morelos.

BIBLIOGRAFIA

- AOAC. 1975. Association of Official Analytical Chemists Horwitz (ed.) Washington D.C. U.S.A.
- Bressani, R., J. Mendez y N.W. Scrimshaw. 1960. Valor nutritivo de los frijoles centroamericanos III. Archivos Venezolanos de Nutrición 10: 71-84.
- L.G. Elfás, and D.A. Navarrete. 1961. Nutritive value of Central American beans. IV. The essential amino acid content of samples of black beans, red beans, rice beans and cowpeas of Guatemala. Journal of Food Science 26(5): 525-528.
- Bushuk, W. 1983. Wheat proteins - Their properties and role in breadmaking quality of flour. In: Grains & Oilseeds. CIGI ed. Canadian Institute Mann. Canada. pp. 534-540.
- Clegg K. M. 1956. Analysis for starch and sugar content of roots. A modified Anthrone-sulfuric acid method. J. Sci. Food Agric. 7:40.
- Deshpande, S.A. 1985. Investigations on dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.); Microstructure, processing and antinutrients. Ph. D. Thesis. Urbana Univ. of Illinois. 277 pp.
- Elfás L., G., García-Soto y R. Bressani. 1986. Metodos para establecer la calidad tecnológica y nutricional del frijol. Inst. de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) Guatemala, C.A. 41 pp.

- Hall; T. C., R.C. Mcleester, and F.A. Bliss. 1977. Equal expression of the maternal and paternal alleles for the polypeptide subunits of the major storage protein of the bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Physiology* 59: 1112-1124.
- Hernández, H. y L. Bates. 1969. A modified method for rapid tryptophan analysis in maize CIMMYT Research Bulletin No. 13, México.
- Hernández, M., A. Chávez y H. Bourges. 1977. Valor nutritivo de los alimentos mexicanos. Tablas de uso práctico. INN. México p. 22.
- Linares B. 1981. Características tecnológicas y nutricionales de 20 cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) I. Características físicas del grano. *Turrialba* 31 (1): 1-10.
- Ma Y. y F. A. Elias. 1978. Seed proteins of common beans. *Crop Science* 18 (3): 431-437.
- Maeda, E.E. and S. Rocke. 1985. Cookability of bean cultivars. In: Minjas, A.N.; Salema, M.P., (eds) Workshop on bean research in Tanzania. 4th Morogoro Tanzania. 1985. Proceedings. Tanzania, Sokoine, Univ. of Agriculture pp. 78-86.
- Rodríguez-Sosa, E.J., I.B. Caloni. J.R. Cruz, and C.J. Badillo. 1984. Hydration and cooking properties of dry beans. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 68 (3): 259-267.
- SARH. 1987. Agenda de información Estadística Agropecuaria y Forestal 1984. Dirección General de Estudios. Información y Estadística Sectorial. SARH México (sin paginación).
- Singh J. and A. Laroche. 1988. Freezing tolerance in plants: A biochemical overview. *Biochemical and Cell biology* 66(6): 650-657.
- Tapia B., H., J. López S. y J. Estrada B. 1985. Evaluación de un método para reducir el tiempo de cocción en frijol común. XXXI Reunión Anual del PCCMCA, San Pedro Sula, Honduras. Del 16 al 19 de abril de 1985.
- Taylor A., G. 1988. Susceptibility of semi-hard snapbean seeds to imbibitional chilling injury. *Hort Science* 23 (3) 813.
- Technicon 1974. Alimentos Div. Technicon Inst. N. York U.S.A.
- Villegas, E. y E.T. Mertz. 1970. Screening Techniques used at CIMMYT for quality maize. CIMMYT Technical Bulletin N° 20 México.
- White W., J. 1985. Conceptos básicos de fisiología del frijol. En: Frijol, Investigación y Producción. M. López, F. Fernández y A.V. Shoonhoven (eds.) Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. p. 43-60.