

## Fenómeno de endurecimiento y ablandamiento del frijol: alternativas tecnológicas

Palma-Tirado, M. L.<sup>1</sup>, Reyes-Moreno, C.<sup>2</sup>, Cárabez-Trejo, A.<sup>3</sup>, Montes-Rivera, R.<sup>4</sup> y Paredes-López, O.<sup>5</sup>

**RESUMEN.** Se estudió el efecto del endurecimiento acelerado y del remojo en soluciones salinas sobre la calidad de cocción y microestructura del frijol común (*Phaseolus vulgaris*). Se analizaron dos variedades (Canario y Mayocoba) sembradas en la misma localidad. Se utilizaron tres procedimientos de endurecimiento: 1) End A. Remojo 5 hs en soln reguladora de acetatos (pH = 4.0, 37° C); 2) End B. Almacenamiento 28 días (37° C, Hr = 100%); y 3) End C. Almacenamiento 120 días (30 - 33° C, Hr = 76 %). Para la suavización de los materiales se utilizaron dos soluciones de remojo: Soln 1 (1% NaCl + 0.75% NaHCO<sub>3</sub>) y Soln 2 (0.75% NaHCO<sub>3</sub>). El tiempo de cocción se determinó en cocedor Mattson. En ambas variedades los tres procedimientos de endurecimiento provocaron una disminución (38-50%) en la capacidad de absorción de agua de los cotiledones y un incremento (2-4 veces) significativo en los tiempos de cocción. Durante el remojo de soluciones salinas la máxima capacidad de absorción de agua, en frijol endurecido, se alcanzó a las 4 hs. El remojo en soluciones salinas, antes de la cocción, disminuyó drásticamente (2.6-10.6 veces) los tiempos de cocción de frijol endurecido. Los estudios de microscopia de luz mostraron diferencias estructurales entre el frijol fresco, endurecido y suavizado. Los resultados obtenidos en esta investigación podrían ser utilizados para desarrollar un procedimiento tecnológico, susceptible de emplearse en gran escala, que permita el aprovechamiento del material de comercialización.

### INTRODUCCION

En América Latina el frijol común es, después de los cereales, una de las más importantes fuentes de proteínas, calorías y otros nutrientes (1). En México el frijol común junto con el maíz son los componentes más estratégicos en la dieta diaria; el frijol y el maíz nixtamalizado tienen cualidades complementarias (2,3). Es bien conocido que las pérdidas post-cosecha de esta leguminosa ocurren en particular debido al desarrollo del fenómeno de endurecimiento, fenómeno que se induce en el frijol por condiciones de temperaturas y humedad altas ( $\geq 25^{\circ}\text{C}$ , HR  $\geq 65\%$ )

1,2,5 Centro de Investigación y de Estudios del Instituto Politécnico Nacional, (CINVESTAV-IPN), Unidad Irapuato. Apdo. Postal 629, 36500 Irapuato, Gto. México.

3 Departamento de Bioenergética del Instituto de Fisiología Celular de la Universidad Nacional Autónoma de México.

4 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Ameda, Jalisco.

**SUMMARY.** Hardening and softening in common bean: technological alternatives. The effect of accelerated hardening and soaking solutions on cooking time and microstructure of common bean (*Phaseolus vulgaris*) was studied. Two varieties (Canario and Mayocoba) were grown in the same location. Three hardening procedures were used: 1) End A. Soaking in acetate buffer, pH = 4.0 at 37° C for 5 hs, 2) End B. Storage at 37° C, 100 % RH for 28 days and, 3) End C storage at 13-33° C, 76 % RH for 120 days. The salt solutions used for soaking were: Soln 1 (1% NaCl + 0.75% NaHCO<sub>3</sub>) and Soln 2 (0.75% NaHCO<sub>3</sub>). Cooking times were determined using a Mattson bean cooker. In both varieties, the three hardening procedures decreased (38-50%) cotyledons water holding capacity and increased significantly (2-4 times) cooking times. During soaking in salt solutions hardened beans reached maximum water absorption in four hours. Soaking in salt solutions decreased drastically (2.6-10.6 times) cooking times. Fresh, hardened and softned seeds were examined by light microscopy, observing ultrastructural differences among them. The methods used in this research might well represent the central components of an industrial technological procedure for the utilization of hardened beans.

durante el almacenamiento del grano, conduciendo a gastos más grandes de energía para alcanzar niveles aceptables de textura, así como el deterioro de sus características nutricionales y sensoriales (5, 6, 7, 8). Los mecanismos involucrados en el desarrollo del fenómeno de endurecimiento no han sido dilucidados satisfactoriamente. La mayoría de los investigadores han ubicado el desarrollo del endurecimiento a nivel de cotiledones y para explicarlo han propuesto varias hipótesis: (a) Oxidación y/o polimerización de lípidos (9, 10, 11, 12); (b) Formación de pectatos insolubles (4, 13, 14, 15, 16); (c) Lignificación de la lamela media (17, 18, 19) y (d) Interacción de mecanismos múltiples (20, 21). Recientemente, algunos investigadores han señalado que el desarrollo del endurecimiento se da tanto en cotiledones como en testa (22, 23, 24). El endurecimiento del frijol común ha sido reportado como un problema de importancia ecoómica y tenológica, ya que disminuye el valor nutricional, culinario y comercial del grano. Cuando el frijol es preparado para su consumo es usualmente remojado antes de la cocción. El remojo en agua puede reducir el tiempo de cocción y disminuir el contenido de factores antinutricio-

nales, además de ocasionar cambios estructurales (25, 26, 27). El remojo en soluciones salinas del frijol común mejora la calidad de cocción y el valor nutricional (28, 29). El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del remojo en soluciones salinas sobre la calidad de cocción y la microestructura del frijol común fresco y endurecido. Esto podría contribuir a un mejor conocimiento del mecanismo (s) de endurecimiento del frijol y además ser una alternativa tecnológica para la utilización del grano endurecido.

## MATERIALES Y METODOS

### *Materiales*

Las variedades Canario y Mayocoba fueron sembradas y cosechadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de Ameca Jalisco. Los materiales se limpiaron manualmente y se secaron hasta obtener el mismo contenido de humedad (9 %). Posteriormente se guardaron en bolsas de plástico y éstas en recipientes herméticos y se almacenaron a 4° C. Se les denomina frijol fresco.

### *Métodos*

**Características físicas:** Se determinaron las dimensiones (longitud, anchura y grosor) de 25 semillas de frijol seleccionadas al azar, utilizando un vernier. El peso de 100 semillas se determinó por triplicado. El peso hectolítrico se obtuvo de 10 repeticiones en una balanza para peso hectolítrico Ohaus.

### *Procedimientos de endurecimiento:*

Se utilizaron tres procedimientos para endurecer el frijol (23, 24, 25, 30). a) End A. 60 gramos de frijol fresco se remojaron en 120 ml de solución reguladora de acetatos 0.1M (pH=4.0, 37° C) por 5 hs, se enjuagaron y secaron a temperatura ambiente. La solución reguladora se preparó mezclando partes iguales de ácido acético 0.1M y acetato de sodio anhidro 0.1M. b) End B. El frijol fresco se almacenó a temperatura y humedad altas (37° C, 100 %hr) por un corto tiempo (28 días), y c) End C. Se almacenó el frijol fresco a temperatura y humedad altas (30-33° C, 76 % hr) por un período de tiempo largo (120 días).

### *Capacidad de absorción de agua:*

La capacidad de absorción de agua se determinó por triplicado, utilizando 25 semillas. Esta prueba se efectuó en grano entero y en mitades de granos. El grano fue separado en dos mitades a lo largo de su eje longitudinal

utilizando una navaja. Las semillas se sometieron a remojo en cuatro volúmenes de agua destilada y se colocaron en un baño de agua a 25° C durante un tiempo de 24 hr. Durante las primeras 4 hr las semillas se drenaron y pesaron cada hora, en las 20 hr siguientes esta operación se repitió cada dos horas. Se determinó el porcentaje de agua absorbida.

### *Procedimiento de suavización:*

Con el propósito de estudiar el efecto del remojo sobre los tiempos de cocción, semillas enteras de materiales frescos y endurecidos se remojaron por 12 hr a temperatura ambiente en cuatro volúmenes de medio de remojo. Las soluciones empleadas fueron: solución 1 (1% NaCl + 0.75% NaHCO<sub>3</sub> en agua destilada) y solución 2 (0.75% NaHCO<sub>3</sub> en agua destilada). Se empleo agua destilada como control.

### *Calidad de cocción:*

El tiempo de cocción se determinó a frijol fresco y endurecido, sin remojo, remojado en agua y remojado en soluciones salinas 1 y 2. Se utilizó un cocedor de frijol tipo Mattson (30). El cocedor consta de 25 agujas de un peso aproximado de 65 g cada una; 25 granos de frijol se colocaron en el cocedor, introduciendo el equipo en un vaso de acero inoxidable con tres litros de agua destilada en ebullición. El tiempo de cocción fue previamente definido por pruebas sensoriales como el tiempo necesario para que 15 agujas penetraran otros tantos granos de frijol (60 %). Las determinaciones se hicieron por duplicado.

### *Microscopia fotónica:*

Los estudios de microscopia fotónica se efectuaron en frijol fresco y endurecido. Todas las semillas se remojaron 12 hr y se cocieron 60 min. Para este estudio se utilizaron fragmentos longitudinales de la parte central del cotiledón. Estos fragmentos se fijaron en glutaraldehído al 3 % en solución amortiguadora de fosfato 0.1M, pH=7.2 durante 6 hr a 4° C. Este material se lavó durante toda la noche en una solución de sacarosa 0.25M en amortiguador de fosfatos (0.1M, pH=7.2). La post-fijación se realizó con tetraóxido de osmio al 2% en solución amortiguadora de fosfato (0.1M, pH=7.2) por 4 hr a 4° C, después las muestras se lavaron con la solución anteriormente mencionada. La deshidratación se realizó con etanol en serie ascendente de concentración de 10 % hasta absoluto en pasos de 10 % cada uno. Se llevó a cabo la infiltración del material en resina epóxica. Los bloques polimerizados fueron cortados y se obtuvieron cortes finos de 1µm de grueso en ultramicrotomo

(NOVA, LKB Suecia). Los cortes fueron teñidos con azul de toluidina 2 % en solución amortiguadora de borato de sodio al 2 %. Las secciones teñidas se observaron en microscopio fotónico Zeiss.

#### *Analisis estadístico:*

Los análisis de varianza se hicieron utilizando el diseño de bloques al azar y el de análisis factorial AxB y AxBxC en bloques al azar. La separación por medidas se hizo por la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) de Student usando el nivel de significancia del 95 %.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### *Características físicas del frijol:*

Las características físicas de las semillas son importantes indicadores de la calidad comercial, del manejo y del almacenamiento del frijol común. En la Tabla 1 se presentan las características físicas de las dos variedades de frijol común. En las dimensiones físicas no se encontró diferencia significativa entre las variedades. El peso de 100 semillas para las dos variedades corresponde a una clasificación de granos medianos. El peso hectolítrico fue mayor para el frijol Mayocoba y se encontró que existe diferencia significativa entre las variedades.

TABLA 1  
CARACTERISTICAS FISICAS DE DOS VARIEDADES DE FRIJOL COMUN <sup>a/</sup>

Variedad	Dimensiones (cm)			Peso de 100	Peso
	Long	Anchura	Grosor	semillas (g)	Hectolitrico (Kg/Hl)
Canario	1.28	0.58	0.39	35.21	75.53
Mayocoba	1.09	0.56	0.42	36.62	83.21
DMS (0.05)	0.23	0.10	0.10	1.50	0.24

<sup>a/</sup> Antes de las determinaciones el grano se secó hasta obtener humedad constante (9%).

cotiledones. Esta disminución fue más pronunciada en las muestras endurecidas por el procedimiento A. En la Figura 1 también se puede observar que los materiales endurecidos logran su máxima capacidad de absorción de agua a las 4 hs de remojo.

### *Calidad de cocción del frijol endurecido y del suavizado:*

En la Tabla 2 se muestran los tiempos de cocción de los materiales bajo estudio, tanto en estado fresco como endurecido por los tres procedimientos. Además, se muestra el efecto del medio de remojo sobre el tiempo de

### *Absorción de agua:*

En la Figura 1 se muestra la capacidad de absorción de agua de frijol Canario y Mayocoba fresco y endurecido por los tres procedimientos. La capacidad de absorción de agua, en ambos materiales, disminuyó significativamente por efecto de los efectos de endurecimiento, siendo más pronunciadas para las muestras endurecidas por el procedimiento A. Para frijol fresco, durante las primeras horas de remojo el grano separado en mitades tuvo mayor capacidad de absorción de agua que el grano entero. Esto se observó en ambas variedades. Sin embargo, después de las primeras 8 h de remojo todos los materiales absorbieron cantidades similares de agua. En frijol fresco la capacidad máxima de absorción de agua alcanzó aproximadamente a las 12 hs de remojo. Respecto a los materiales endurecidos, la Figura 1 muestra que para las dos variedades el grano entero tuvo mayor capacidad de absorción de agua que las mitades. Sin embargo, en grano entero se observó la presencia de agua atrapada entre la testa y los cotiledones. Este mismo fenómeno fue reportado por otros investigadores en frijol endurecido por almacenamiento (31). Sin embargo, ellos no estudiaron el endurecimiento provocado por el remojo en soluciones reguladoras ácidas. Estos resultados permiten concluir que los tres procedimientos de endurecimiento provocan una disminución en la capacidad de absorción de agua de los

cocción de esos materiales. En la columna de materiales "sin remojo" se puede apreciar que los tres procedimientos de endurecimiento tuvieron un efecto similar desde el punto de vista textural: provocaron un incremento significativo en los tiempos de cocción. Los procedimientos A y C provocaron los endurecimientos más drásticos, registrando tiempos de cocción mayores a 540 min. Sin embargo, los mecanismos que contribuyen al endurecimiento por almacenamiento a temperaturas y humedades altas y por remojo en soluciones reguladoras ácidas son diferentes (25, 30, 32). Se desconoce el me-

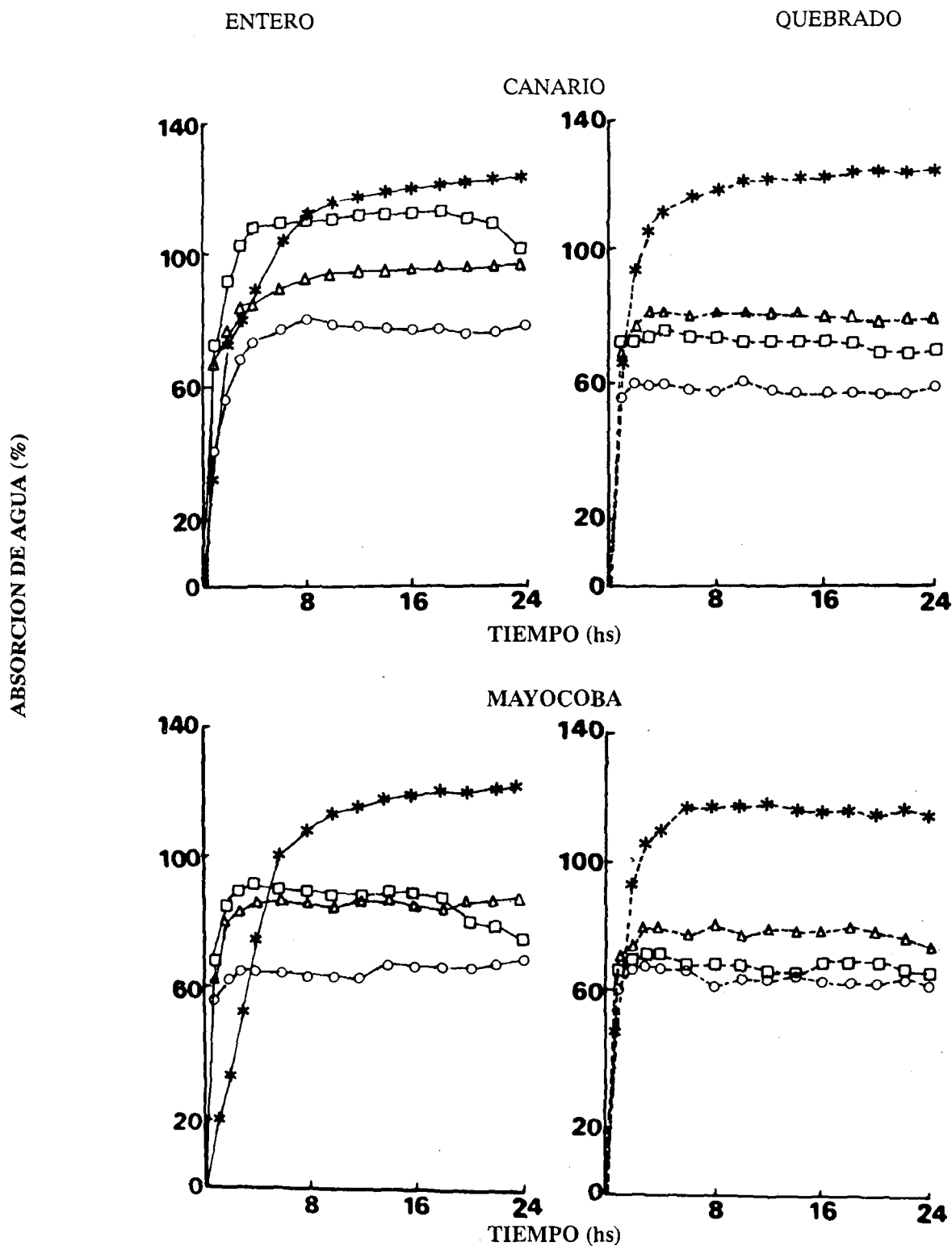


FIGURA. 1

Capacidad de absorción de agua de dos variedades de frijol común, frijol entero (—), frijol en mitadas (---), fresco (\*), End A (o) remojo 5 hs en solución de acetatos pH=4.0, 37 °C, End B (Δ) almacenamiento 28 días, 37 °C, HR=100%, End C (□) almacenamiento 120 días, 31-33 °C y HR=76%

## FENOMENO DE ENDURECIMIENTO Y ABLANDAMIENTO DEL FRIJOL: ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS

TABLA 2  
INFLUENCIA DEL REMOJO SOBRE EL TIEMPO DE COCCION DE DOS VARIEDADES DE FRIJOL COMUN FRESCO Y ENDURECIDO

Variedad	Tiempo de Cocción <sup>a/</sup> (min)			
	Sin Remojo	R E M O J O <sup>b/</sup>		
		Agua destilada	Soln 1	Soln 2
<b>CANARIO<sup>c/</sup></b>				
Fresco	149	85	73	57
End A	>540	>540	70	67
End B	286	193	74	71
End C	>540	>540	63	136
<b>MAYOCOBA</b>				
Fresco	132	109	59	60
End A	>540	>540	67	51
End B	278	260	87	65
End C	>540	>540	61	146
DMS (0.05)			8	

a/ Tiempo (min) necesario para la cocción del 60% de los granos en el cocedor Mattson.

b/ La relación medio de remojo: grano fue de 3:1 en volumen. El tiempo de remojo de 12hs. Soln 1= 1% NaCl + 0.75% NaHCO<sub>3</sub> en agua destilada. Soln 2=0.75% de NaHCO<sub>3</sub> en agua destilada.

c/ End= material endurecido, End A=remojo 5 hs en solución de acetatos (pH = 4.0, 37°C), End B= almacenamiento 28 días, 37°C y HR = 100%, End C = almacenamiento 120 días 31-33 °C, HR = 76%.

canismo (s) por medio del cual se induce el endurecimiento del frijol común cuando este se remoja en soluciones reguladoras ácidas (25, 30, 32). Algunos autores (33, 34) han sugerido que el remojo de leguminosas en soluciones reguladoras ácidas, a temperaturas mayores a 35° C, favorece la hidrólisis de ácido fítico disminuyendo su poder quelante y favoreciendo la formación de pectatos insolubles. El remojo en agua provocó una disminución significativa en los tiempos de cocción de los materiales, excepto para los endurecidos por los procedimientos A y C. El remojo en soluciones salinas dió como resultado una mayor disminución en los tiempos de cocción que el remojo en agua destilada, especialmente para el material endurecido. Hay algunas diferencias significativas en el efecto de la disminución del tiempo de cocción provocado por la soluciones salinas 1 y 2. En general se puede concluir que de las dos soluciones salinas utilizadas la solución 2 provocó una disminución más efectiva en los tiempos de cocción en todos los materiales, excepto en las muestras endurecidas por el procedimiento C, en las cuales el remojo en solución salina 1 provocó una disminución mas drástica de los tiempos

de cocción. El remojo de leguminosas en soluciones salinas, principalmente de sodio, antes de la cocción disminuye los tiempos de cocción de materiales frescos y endurecidos (28, 29, 35, 36, 37); esto podría deberse a mecanismo de intercambio iónico y quelación entre cationes monovalentes, presentes en el medio de remojo, y cationes divalentes de los pectatos de la lamela media (36).

#### Alternativa tecnológica:

El efecto del remojo en soluciones salinas sobre la calidad de cocción del frijol común endurecido representa una alternativa tecnológica para el mejor aprovechamiento de estos materiales. La Figura 2 muestra el diagrama de flujo del procedimiento tecnológico propuesto para la utilización del frijol endurecido. En evaluaciones preliminares se ha observado que el frijol endurecido procesado de esta forma tiene características nutritivas y sensoriales aceptables. Este procedimiento se basa en las características de absorción de agua de los materiales y en el efecto del remojo en soluciones salinas sobre su calidad de cocción; además permitiría el ahorro de considerables gastos de energía.

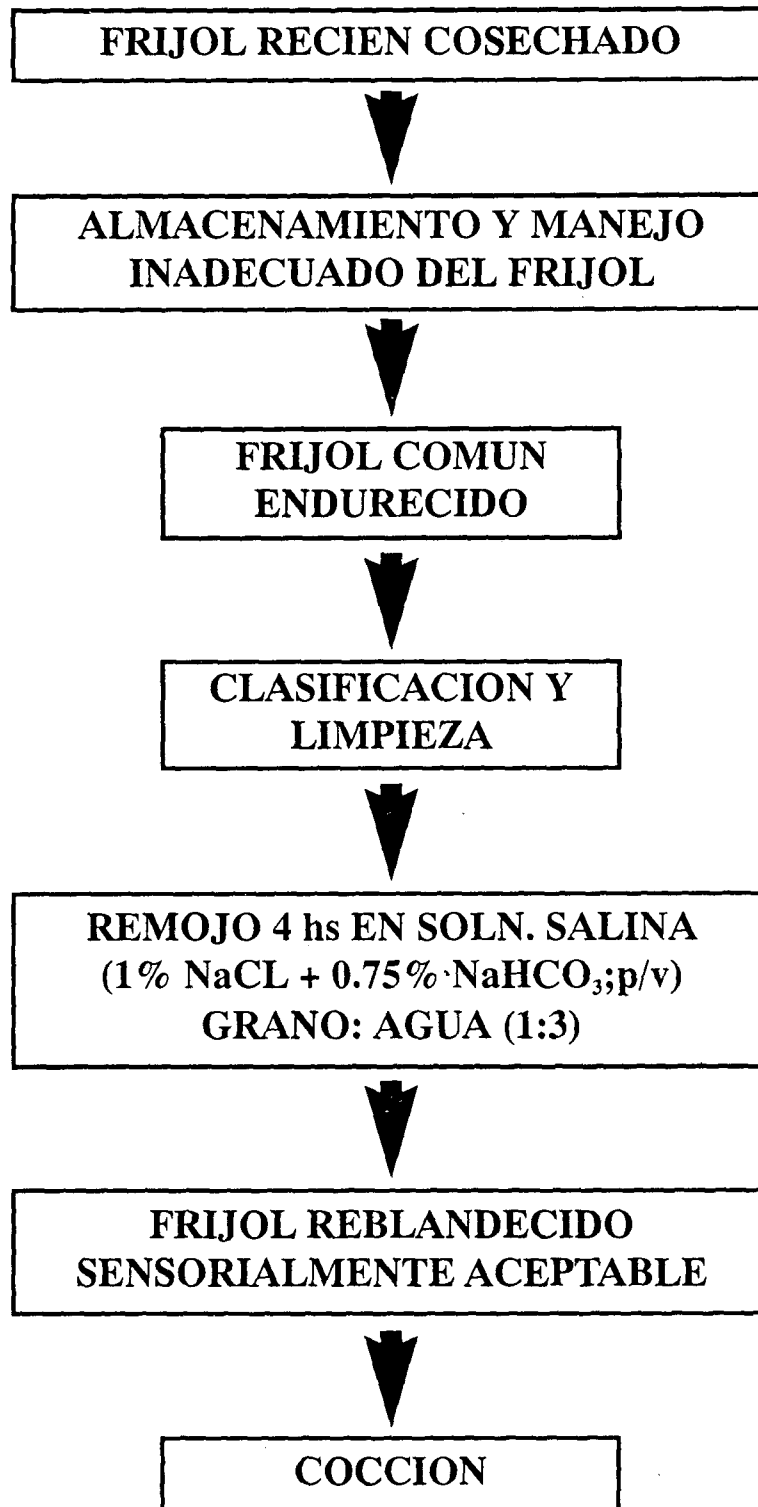


FIGURA. 2  
PROCEDIMIENTO TECNOLOGICO PARA LA UTILIZACION DE FRIJOL ENDURECIDO

## FENOMENO DE ENDURECIMIENTO Y ABLANDAMIENTO DEL FRIJOL: ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS

*Cambios microestructurales:*

Durante el proceso de remojo y cocción se presentan cambios a nivel estructural. Estos cambios ocurrieron principalmente en la pared celular, en los gránulos de almidón y en los cuerpos proteicos. En la Figura 3 (fotos A, C y E) se muestran aspectos estructurales del frijol Mayocoba fresco, endurecido A y endurecido B, respecti-

vamente. Estos materiales fueron remojados y cocidos en agua destilada. Se observa una mayor separación entre celdas, mayor fusión de gránulos y mayor degradación de cuerpos proteicos en frijol fresco que en los materiales endurecidos. Estos resultados coinciden con observaciones hechas por otros investigadores (21, 31, 32). Existe una relación entre el grado de separación de las

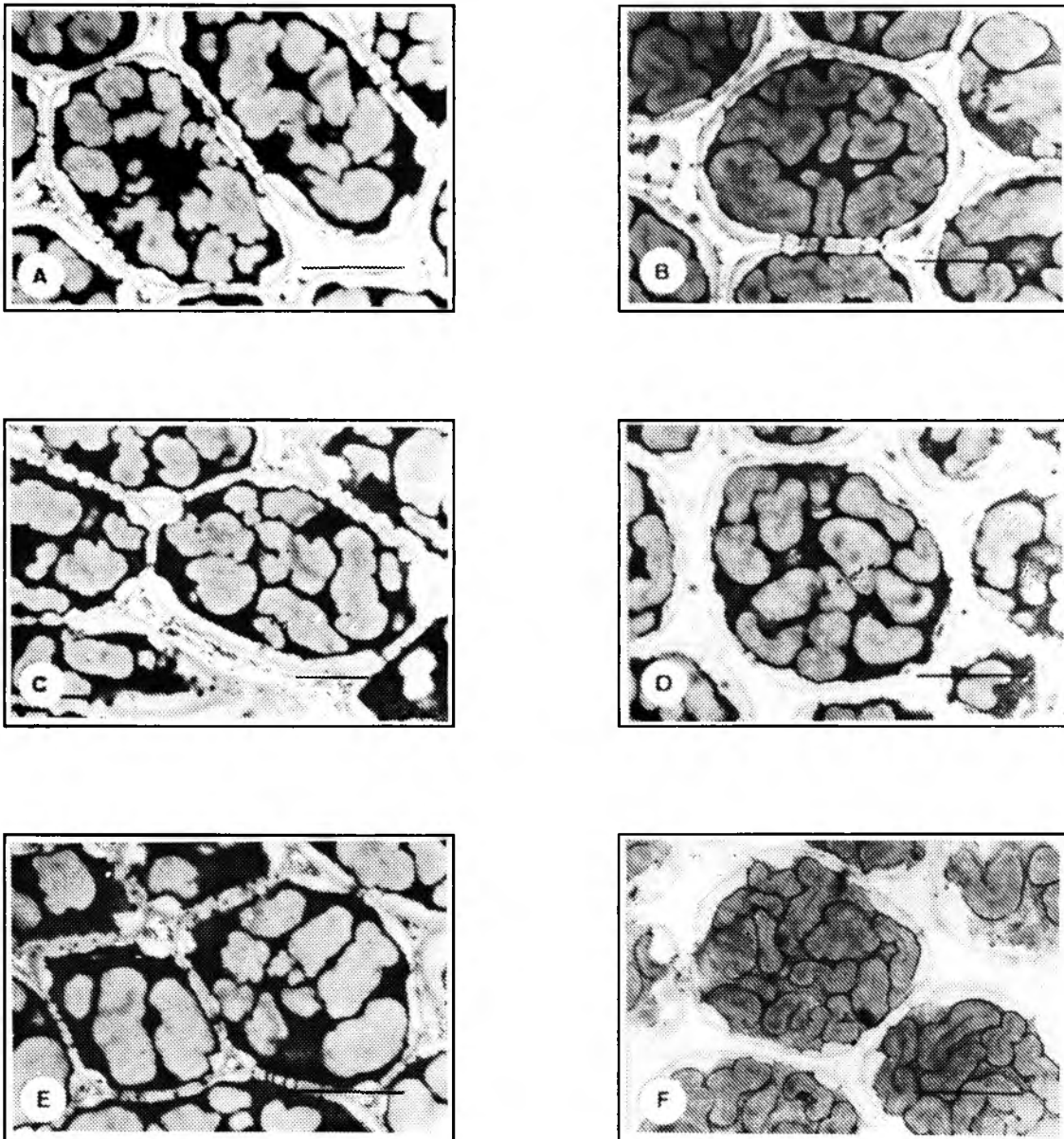


FIGURA. 3

Microfotografías de cortes de cotiledon de frijol mayocoba. (A) y (B) frijol fresco. (C) Y (D) frijol End A, (E) Y (F) frijol End B. (A), (C) Y (E) se remojaron 12 hs en agua destilada. (B), (D) Y (F) se remojaron 12 hs en solución salina 1. todos los materiales se cocieron 60 minutos

celdas y la calidad de cocción, a mayor separación de celdas menores tiempos de cocción (25, 31,32). Las partes B, D y F de la Figura 3 muestran las características estructurales del frijol fresco, endurecido A y endurecido B, respectivamente. Estos materiales fueron remojados en solución salina 1 y cocidos en agua destilada. En todos los casos, el remojo en soluciones salinas causó una mayor separación de celdas durante la cocción, que el remojo en agua destilada. Varriano-Marston y De Omana (36), basándose en estudios de microanálisis de rayos X, sugieren que mecanismos de intercambio iónico y quelación los cuales operan en la disolución del "cemento intercelular" favoreciendo la separación celular. Estos autores utilizaron como medio de remojo una mezcla de cuatro sales de sodio. García-Vela y col. (38), aún cuando utilizaron microscopia electrónica de barrido y soluciones salinas diferentes, coinciden con nuestros resultados al reportar separación marcada en paredes celulares por efecto del remojo en soluciones salinas.

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten concluir que la separación de las celdas durante la cocción se favorece por el remojo en soluciones salinas, provocando una disminución en los tiempos de cocción. Estas sales de remojo podrían ser incluidas como parte de un proceso tecnológico industrial que permita el provechamiento del frijol endurecido, obteniendo un producto de calidad nutricional y sensorial aceptables. Hacen falta estudios a nivel piloto y de tipo económico tendientes a determinar el potencial real de la alternativa que aquí se presenta.

#### AGRADECIMIENTOS

Se reconoce el apoyo económico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología para el desarrollo de estas investigaciones. Uno de los autores Reyes-Moreno, C., agradece la licencia otorgada por la Universidad Autónoma de Sinaloa para efectuar estudios de doctorado en la Unidad Irapuato.

#### REFERENCIAS

1. Paredes-López, O., Ordorica-Falomir, C., Guevara-Lara, F. y Cobarrubias-Alvarez, M. Las proteínas vegetales: presente y futuro en la alimentación. En "Prospectivas de la Biotecnología en México". Ed. Quintero-Rmirez, R. 331. Fundación Javier Barros Sierra. CONACYT, México, D. F. 1985.
2. Bressani, R., Elías, L.G., Valiente, A. T. y Tejeda, C. All-vegetable protein mixtures for human feeding. VI. The value of combinations of lime-treated corn and black beans. *J. Food Sci.* 27:3394. 1962.
3. Paredes-López, O., Montes-Rivera, R., González-Castañeda, J. y Arroyo-Figueroa, M.G. Comparison of selected food characteristic of three cultivars of bean *Phaseolus vulgaris*. *J. Food Technol.* 21:487. 1986.
4. Mattson S. The cookability of yellow peas a colloid-chemical and biochemical study. *Acta Agric. Suecana* II.185. 1946
5. Antunes, A. L. y Sgarbieri, V. C. Influence of time and conditions on storage of technological and nutritional properties of a dry bean (*Phaseolus vulgaris L.*) variety rosinha G2. *J. Food Sci.* 44:1703. 1979.
6. Bressani, R. The food and nutritional significances of bean hardening. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 32:325. 1982.
7. Elías, L. G. Conocimientos actuales sobre el endurecimiento del frijol. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 32:233. 1982.
8. Rockland, L B. y Jones, F. T. Scanning electron microscope studies on dry bean. Effects of cooking on the cellular structures of cotyledons in dehydrated large lima beans. *J. Food Sci.* 39:33342. 1974
9. Muneta, P. The cooking time of dry beans after extended storage. *Food Technol.* 18:130. 1964.
10. Takayama, K. K., Muneta, P. y Wiese, A. C. Lipid composition of dry beans and its correlations with cooking time. *J. Agric. Food Chem.* 13:269. 1965
11. Varriano-Marston, E. M. y Jackson, J. M. Hard-to-cook phenomenon in beans: structural changes during storage and imbibition. *J. Food Sci.* 46:1376. 1981
12. Richardson, J. C. y Stanley, D. W. Relationship of loss of membrane functionally and hard-to-cook defect in aged beans. *J. Food Sci.* 56:590. 1991
13. Jones, P. M. B. y Boulter, D. The analysis of development of hard bean during storage of black beans (*Phaseolus vulgaris L.*). *Plant Foods Hum. Nutr.* 33:77. 1983.
14. Moscoso, W., Bourne, M. C. y Hood., L. F. Relationship between the hard-to-cook phenomenon in red kidney beans and water absorption, puncture force, pectin, phytic acid and minerals. *J. Food Sci.* 49:1577. 1984.
15. Srisuma, N. R., Uebersax, M. R. y Hosfield, G. L. Storage induce changes of fenolic acids and the development of hard-to-cook in dry beans (*Phaseolus vulgaris var. Seafarer*). *J. Food Sci.* 54:311. 1989.
16. Hertges, D.L. Weaver, C.M. y Nielsen, S. S. Changes of selected physical and chemical components in the development of the hard-to-cook defect. *J. Food Sci.* 56:436. 1991.
17. Hincks, M. J. y Stanley, D.W. Lignification: evidence for a role in hard-to-cook defect. *J. Food Biochem.* 11:41. 1987
18. Hohlberg, A. I. y Stanley, D. W. Hard-to-cook defect in black beans Protein and starch considerations. *J. Agric. Food Chem.* 35:571. 1987
19. Stanley, D.W. y Plhak, L.C. Fluorescence intensity indicates bean hardening. *Food Sci.* 54:1078. 1989
20. Aguilera, J. M. y Ballivian, A. A kinetic interpretation of textural change in black beans during prolonged storage. *J. Food Sci.* 52:691. 1987

## FENOMENO DE ENDURECIMIENTO Y ABLANDAMIENTO DEL FRIJOL: ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS

21. Hinks, M. J. y Stanley, D. W. Multiple mechanics of bean hardening J. Food Technol. 21:731. 1986
22. De León, L., Bressani, R., Elías, L. G. Effect of seed coat on the hard-to-cook phenomenon of common beans (*Phaseolus vulgaris*). Arch. Latinoamer. Nutr. 39:405. 1989
23. Reyes-Moreno, C. Endurecimiento del frijol común-Desarrollado de procedimientos para su prevención y cambios fisicoquímicos durante la reversibilidad de este fenómeno. Proyecto de Tesis Doctoral Unidad Irapuato. CINVESTAV IPN, Irapuato (México). 1989
24. Cábarez-Trejo, A., Reyes-Moreno, C., Paredes-López, O., Palma-Tirado, L. y Montes-Rivera, R. Endurecimiento del frijol común-cambios ultraestructurales durante el desarrollo y diversibilidad del fenómeno. XXII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos 21-24 Sept. 1991. Guadalajara, Jal. (México). 1991
25. Cábarez-Trejo, A., Paredes-López, O. y Reyes-Moreno, C. Microestructure of cotyledon cells from hard-to-cook common beans. Starch/Stärke 41:335. 1989
26. Jackson, G. M. y Varriano-Martón, E. M. 1981. Hard-to-cook phenom in beans: effect of accelerated storage on ater absorbtion and cooking time. Food Sci. 46:799. 1981.
27. Khokhar, S. y Chauban, B. M. Antinutritional factors in moth bean (*Vigna aconitifolia*): varietal differences and effect of methods of domestic processing and cooking. J. Food Sci. 51:591. 1986
28. Elías, L. G., León, L. F. y Bressani, R. Use of salt solutions to decrease cooking time of the hard-to-cook beans. En "Bean network. Proceeding of the 3<sup>o</sup> Workshop llevado a cabo en termas de Panimavida, Chile, 25-28 nov. 1987". Ed. Hohlberg, A. y Edwardson, W. Ottawa, Canada. 1988
29. Sievwright, C.A. y Shipe, W.F. Effect of storage conditions and chemical treatments on firmness, in vitro protein digestibility, condensed tannins, Phytic acid and divalent cations of cooked black beans (*Phaseolus vulgaris*). J. Food Sci. 51: 982. 1986
30. Reyes-Moreno, C., Paredes-López O., Montes-Rivera, R. y Juárez-Góiz, M. Desarrollo de un procedimiento rápido para determinar la tendencia al endurecimiento de variedades del frijol común. Tec. Aliment. (Méx.) 24:5
31. Paredes-López, O., Maza-Calviño, E. C. y Gonzáles-Castañeda, J. Effect of the hardening phenomenon on some physicochemical properties of common bean. Food Chem. 31: 225. 1989
32. Paredes-López, O., Reyes-Moreno, C., Montes-Rivera, R. y Cábarez-Trejo, A. Hard-to-cook in commons beans. Influence of growing location and hardening procedures. Int. J. Food Sci. Technol. 24:535. 1989
33. Vindiola, O. L., Seib, P. A. y Hosenev, R. C. Accelerated development of the hard-to-cook state in beans. Cereal Food World. 31:538. 1986
34. Bhatti, R. S. Cooking quality and losses of phytic acid, calcium, magnesium and potassium of lentils soaked in different solutions. Can. Inst. Food Sci. Technol. J. 22:450. 1989
35. Rockland, L. B. y Metzler, E. A. Quick-cooking lima and other dry beans. Food Technol. 21:344. 1967
36. Varriano-Marston, E. M. y De Omana, E. Effects of sodium salt solutions on the chemical composition and morphology of black beans (*Phaseolus vulgaris*). J. Food Sci. 44:531. 1979
37. De León L. F. Soluciones salinas: una tecnología económica para la utilización de frijol común. Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad de San Carlos en Guatemala, Guatemala. 1987
38. Garcia-Vela, L. A., Del Valle, J. M. y Stanley, D. W. Hard-to-cook defect in black beans: The effect of soaking in various aqueous salt solutions. Can. Inst. Food Sci. Technol. J. 24:60. 1991