

Almacenamiento de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con Diferentes Grados de Dureza Inicial¹

E.M. Martínez*, J.R. González*, C.B. Ocampo*

ABSTRACT

Two hard and two soft bean varieties were kept under different storage conditions to study their performance with different cooking times. The hard varieties Amarillo and Bayo 400 reacted differently. 'Amarillo' did not harden under two of the test conditions while 'Bayo 400' hardened under three of them. With regards the two varieties considered to be "soft" at the beginning of storage, 'Michigan 800' behaved similarly to 'Amarillo', and 'Negro Huasteco' behaved similarly to 'Bayo 400'. It can thus be concluded that it is not possible to predict hardening behavior of a given bean based on initial cooking times.

COMPENDIO

Se observó el comportamiento de cuatro variedades de frijol con diferentes tiempos de cocción al inicio de su almacenamiento, dos consideradas duras y dos como suaves en diversas condiciones de humedad y temperatura. Las dos variedades que inicialmente fueron consideradas duras, 'Amarillo' y 'Bayo 400', se comportaron de forma diferente; la variedad Amarillo no se endureció bajo dos de las condiciones probadas y la variedad Bayo 400 se endureció en las tres condiciones de almacenamiento. En cuanto a las consideradas como suaves al inicio del almacenamiento, una de ellas, 'Michigan 800', tuvo un comportamiento similar a la variedad Amarillo, y la 'Negro Huasteco' tuvo uno semejante a la variedad Bayo 400. Los resultados obtenidos permiten concluir que los tiempos iniciales de cocción no permiten predecir el comportamiento del grano de frijol de estas variedades en cuanto a su endurecimiento durante el almacenamiento.

INTRODUCCION

Las leguminosas constituyen la más importante fuente de proteínas para los habitantes de las regiones del mundo en vías de desarrollo; entre ellas el frijol, *Phaseolus vulgaris* L., para varios países de Latinoamérica. Uno de los principales problemas de las leguminosas, y en particular del frijol, es el incremento en el tiempo de cocción de los granos después de haber sido almacenados. Este fenómeno ha sido estudiado desde hace tiempo (7); y aún no se ha logrado una solución única ni práctica, que permita evitar este fenómeno que afecta tanto a las compañías almacenadoras como a los consumidores.

El fenómeno del endurecimiento del grano de frijol está siendo estudiado desde diferentes puntos de vista, entre ellos: las condiciones ambientales de campo y de almacén que favorecen su desarrollo, y los cambios bioquímicos y ultraestructurales que ocurren durante su almacenamiento y que afectan su calidad nutricia y culinaria (1, 2, 3, 6, 8, 9, 11).

Los principales factores físicos que determinan el endurecimiento del grano son: humedad y temperaturas altas y períodos prolongados de almacenamiento. Sin embargo, no constituye una regla, ya que el frijol almacenado con bajos contenidos de humedad (7% - 10%) y a temperatura de 15°C, se endurece en períodos relativamente cortos, observándose diferencias entre variedades (5).

Dentro de los trabajos que, en este laboratorio, se están realizando sobre el almacenamiento de las variedades mexicanas de frijol, se consideró conveniente

¹ Recibido para publicación el 10 de febrero de 1989.
Trabajo realizado con el apoyo económico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.

* Laboratorio de Granos y Semillas, Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México (UNAM), México, D.F. 04510, México.

llevar a cabo un estudio comparativo entre variedades con diferentes tiempos de cocción, inmediatamente después de su cosecha, con el fin de determinar si el almacenamiento, en un tiempo determinado, de aquellas variedades consideradas "suaves" y "duras" en un principio, mantiene esa misma tendencia durante y al final del mismo.

MATERIALES Y METODOS

Semilla. En estos experimentos se utilizaron cuatro variedades de frijol (*P. vulgaris* L.), especialmente cultivadas y cosechadas en Iguala, Gro. en un mismo lote y ciclo agrícola, por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (Cuadro 1).

Cuadro 1. Datos iniciales de contenido de humedad y tiempo de cocción de cuatro variedades de frijol.

Variedad ¹	Contenido de humedad (%) ²	Tiempo de cocción (h) ³
Amarillo	8.8	3:00
Bayo 400	9.2	2:30
Michigan 800	9.1	1:30
Negro Huasteco	8.5	1:30

1 Los granos de las cuatro variedades no presentaban invasión por hongos de almacén

2 Contenido de humedad promedio de ocho repeticiones

3 Tiempo de cocción promedio de cuatro repeticiones de 450 granos cada una

La variedad Amarillo tiene un hábito de crecimiento indeterminado, el tipo de planta es arbustivo con guías cortas y el color del grano es amarillo pálido y opaco. La variedad Bayo 400 tiene un hábito de crecimiento indeterminado, el tipo de planta es postrado con guías largas y el color del grano es bayo y opaco. La variedad Michigan 800, de crecimiento indeterminado, guías cortas y tipo arbustivo y color del grano blanco y opaco. La variedad Negro Huasteco, de crecimiento indeterminado, tipo arbustivo, con guías cortas y grano negro y opaco.

Contenido de humedad. Para determinar el contenido de humedad de las semillas fue utilizado el método de secado en estufa del Departamento de

Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA) (10), que consiste en pesar muestras por duplicado de 5 g a 10 g de semilla cada una y en colocarlas en una estufa de circulación forzada de aire a 103°C por 72 horas. El contenido de humedad del lote original de cada variedad fue determinado con ocho repeticiones.

Tiempo de cocción. Para determinar el tiempo de cocción fue utilizado el método Jones y Boulter (4) modificado: Se colocaron 450 semillas en una olla de peltre con dos litros de agua hirviendo. Este volumen se mantiene constante al agregar agua hirviendo durante el tiempo que dura la prueba. Cada media hora a partir de la primera hora y media inicial se sacan 50 semillas y se presionan entre los dedos índice y pulgar, considerándose que están cocidos si el frijol cede a la presión de los mismos y no presenta grumos. La muestra estará cocida si 45 de los granos (90%) están cocidos.

Micoflora. Para determinar el número y clase de hongos que invadieron las semillas durante su almacenamiento, se procedió a sembrar en malta-agar (6% cloruro de sodio) 25 granos de frijol de cada repetición, previamente desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio al 2% durante dos minutos. Los granos fueron incubados durante siete días a 26°C y luego se procedió a la cuantificación de granos invadidos y a la identificación de los hongos.

Almacenamiento del grano. Tres experimentos, con diferentes condiciones de humedad y temperatura, se llevaron a cabo con la finalidad de demostrar si el grado de dureza de las variedades en el momento de su cosecha, tiene una relación directa con el grado de endurecimiento a través y al final de un período de almacenamiento dado. Para ello se seleccionaron cuatro variedades, dos de las cuales, 'Amarillo' y 'Bayo 400', presentaron tiempos de cocción inicial más prolongados que las variedades Michigan 800 y Negro Huasteco (Cuadro 1).

Almacenamiento del grano en una humedad relativa de 80% y 26 grados centígrados. Sesenta y cuatro unidades experimentales de 200 g cada una fueron colocadas al azar en cámaras de almacenamiento a 26°C y con una humedad relativa del 80%, la cual se mantuvo con una solución saturada de sulfato de amonio (12); el grano fue almacenado durante 120 días. El grano fue muestreado a los 30 d, 60 d, 90 d y 120 d,

determinándose en cada muestreo el contenido de humedad, el tiempo de cocción y la micoflora.

Almacenamiento del grano con bajo contenido de humedad y a 26 grados centígrados. El contenido de humedad del grano fue de 8.5% en la variedad Amarillo; 9.2%, en la variedad Bayo 400; 9.1%, en la variedad Michigan 800, y de 8.5%, en la variedad Negro Huasteco. Ochenta unidades experimentales de 200 g cada una fueron colocadas al azar en cámaras de almacenamiento con una temperatura de 26 grados centígrados. El período de almacenamiento fue de 300 días. Los muestreos se hicieron a los 60 d, 120 d, 180 d, 240 d y 300 d, determinándose la humedad del grano, el tiempo de cocción y la microflora.

Almacenamiento del grano de frijol en una humedad relativa de 85% y a 75 grados centígrados. Se utilizaron 32 unidades experimentales de 200 g cada una, las que fueron colocadas al azar en cámaras con una humedad relativa del 85 por ciento. Esta humedad relativa se mantuvo con una solución saturada de cloruro de potasio (12). La temperatura de almacenamiento fue de 35 grados centígrados. Bajo estas condiciones, el grano se almacenó por 14 d; realizándose un muestreo intermedio a los siete días y determinándose en cada muestreo el contenido de humedad, el tiempo de cocción y la micoflora.

RESULTADOS Y DISCUSION

Almacenamiento del grano de frijol con bajo contenido de humedad. Los resultados se muestran en el Cuadro 2. El contenido de humedad del grano a los 300 d de almacenamiento estuvo entre 9.0% y 9.9 por ciento. La variedad Amarillo no presentó incrementos en el tiempo de cocción durante los 300 d que duró el almacenamiento. La variedad Bayo 400 a los 60 d de almacenamiento tuvo un incremento de una hora en su tiempo de cocción, el cual se mantuvo hasta los 300 días. La variedad Michigan 800 incrementó en media hora su tiempo de cocción a los 60 d, manteniéndose así durante los 300 d de almacenamiento. La variedad Negro Huasteco incrementó su tiempo de cocción en media hora a los 60 d y 120 d, con un incremento de media hora tanto a los 180 d como a los 240 d y manteniendo un tiempo de cocción de tres horas a los 300 d de almacenamiento. En la variedad Amarillo no hubo incremento en el tiempo de cocción durante los 300 d de almacenamiento. La variedad Bayo 400, cuyo

tiempo de cocción se incrementó en una hora, fue al final la que requirió mayor tiempo de cocción. En la variedad Michigan 800 solamente se incrementó en media hora su tiempo de cocción y la 'Negro Huasteco' tuvo un incremento en hora y media. En esta prueba de almacenamiento, aun con bajos contenidos de humedad del frijol y con una temperatura intermedia (26°C), se presenta el fenómeno de endurecimiento, y el comportamiento de las cuatro variedades en cuanto a su tendencia a endurecerse, es similar al de las otras dos pruebas de almacenamiento que a continuación se describen.

Cuadro 2. Tiempo de cocción* (h) de cuatro variedades de frijol almacenadas con bajo contenido de humedad durante 300 días a una temperatura de 26°C.

Variedad	Periodo de almacenamiento (d)					
	0	60	120	180	240	300
Amarillo	3:00	3:00	3:00	3:00	3:00	3:00
Bayo 400	2:30	3:30	3:30	3:30	3:30	3:30
Michigan 800	1:30	2:00	2:00	2:00	2:00	2:00
Negro Huasteco	1:30	2:00	2:00	2:30	3:00	3:00

* Tiempo de cocción Promedio de cuatro repeticiones de 450 granos de cada una
El contenido de humedad a los 300 días de almacenamiento fue de 9.0 a 9.9 por ciento

Almacenamiento del grano de frijol en una humedad relativa de 80 por ciento. Los resultados se muestran en el Cuadro 3. El contenido de humedad del grano al final de los 120 d de almacenamiento fluctuó entre 19.2% y 19.5 por ciento. A los 30 d se observó un incremento en el tiempo de cocción de dos horas en la variedad Negro Huasteco, de hora y media en 'Bayo 400' y de media hora en 'Michigan 800'; la variedad Amarillo no cambió su tiempo de cocción en relación con el tiempo inicial. A los 60 d, la variedad Amarillo no incrementó el tiempo de cocción, mientras que las variedades Negro Huasteco, Bayo 400 y Michigan 800 aumentaron sus tiempos de cocción en tres horas, dos horas y hora y media, respectivamente. A los 90 d, las cuatro variedades tuvieron los mismos tiempos de cocción que a los 60 días. A los 120 d las variedades Bayo 400 y Negro Huasteco no cocieron y las variedades Amarillo y Michigan 800 incrementaron su tiempo de cocción en dos y dos horas y media, respectivamente. Las variedades Negro Huasteco y Bayo 400 fueron las que

más rápidamente se endurecieron. La variedad Negro Huasteco que inicialmente tenía el menor tiempo de cocción se endureció rápidamente y ya no coció a los 120 días. Por otra parte, la variedad Amarillo, que inicialmente tuvo el tiempo de cocción más largo, incrementó su endurecimiento hasta después de los 90 días de almacenamiento.

Cuadro 3. Tiempo de cocción* (h) de cuatro variedades de frijol almacenadas durante 120 días en una humedad relativa del 80% y 26°C.

Variedad	Período de almacenamiento (d)				
	0	30	60	90	120
Amarillo	3:00	3:00	3:00	3:00	3:00
Bayo 400	2:30	4:00	4:30	4:30	NC**
Michigan 800	1:30	2:00	3:00	3:00	4:00
Negro Huasteco	1:30	3:30	4:30	4:30	NC

* Tiempo de cocción. Promedio de cuatro repeticiones de 450 granos cada una.

** NC = sin cocción

El contenido de humedad a los 120 días de almacenamiento fluctuó entre 19.2 y 19.5 por ciento

Almacenamiento del grano de frijol en una humedad relativa de 85 por ciento. Los resultados se muestran en el Cuadro 4. En esta prueba de endurecimiento acelerado se almacenó el grano por sólo 14 d, ya que después de ese tiempo el grano es severamente invadido por hongos del almacén. El contenido de humedad a los 14 d de almacenamiento fue de 14.4% y 14.7% para las variedades Amarillo y Bayo 400, respectivamente, y de 16.0% para las variedades Michigan 800 y Negro Huasteco. Las variedades Amarillo y Michigan 800 mantuvieron su mismo tiempo de cocción inicial; no así las variedades Bayo 400 y Negro Huasteco que tuvieron incrementos de una hora y media y dos horas, respectivamente. Al igual que en las otras dos pruebas de almacenamiento, las variedades tuvieron comportamientos similares en relación con su tendencia a endurecerse.

Por los resultados obtenidos en esta prueba de almacenamiento, se puede decir que las variedades Amarillo y Michigan 800 —la primera considerada como "dura" y la segunda como "suave"— tuvieron el mismo comportamiento en el almacenamiento, con

una menor tendencia a endurecerse. Por otra parte, las variedades Bayo 400 y Negro Huasteco tendieron a endurecerse más rápidamente, no obstante que la última era considerada como suave al inicio de la prueba. Por los resultados obtenidos en este trabajo, se puede decir que no es posible aseverar que una variedad que al principio del almacenamiento se considera como dura, va a endurecerse más rápidamente que una que se considera suave; y que una suave va a endurecerse más lentamente que una dura.

Cuadro 4. Tiempo de cocción* (h) de cuatro variedades de frijol almacenadas durante 14 días en una humedad relativa de 85% y 35°C.

Variedad	Período de almacenamiento (d)		
	0	7	14
Amarillo	3:00	3:00	3:00
Bayo 400	2:30	3:00	4:00
Michigan 800	1:30	1:30	1:30
Negro Huasteco	1:30	2:30	3:30

* Tiempo de cocción. Promedio de cuatro repeticiones de 450 granos cada una.

El contenido de humedad a los 14 días de almacenamiento fue de 14.4% y 14.7% para las variedades Amarillo y Bayo 400 y de 16.0% para las otras dos

En cuanto al desarrollo de hongos en los granos almacenados con bajo contenido de humedad, no se detectaron; debido a que el contenido de humedad del grano no lo permitió. Igualmente no se observó desarrollo de hongos en granos almacenados durante 14 d en una humedad relativa del 85%; esto tal vez se debió a que la incipiente invasión de los granos por los hongos fue eliminada con el tratamiento de hipoclorito de sodio que se les da a los granos antes de colocarlos en el medio de cultivo. En cambio, sí hubo desarrollo de hongos en los granos de frijol almacenados durante 120 d en la humedad relativa del 80 por ciento. A los 120 d de almacenamiento, a excepción de la variedad Michigan 800 que presentó el 63% de los granos invadidos por miembros del grupo *Aspergillus glaucus*, las otras tres variedades presentaron más del 80% de los granos invadidos por *A. glaucus*. Se desconoce el papel que estos hongos puedan tener en el endurecimiento del grano. Algunos investigadores señalan la conveniencia de eliminar los hongos mediante sustancias químicas (6).

LITERATURA CITADA

1. AGUILERA, J.M.; STANLEY, D.W. 1985. A review of textural defects in cooked reconstituted legumes: The influence of processing and storage. *Journal of Food Processing Preservation (EE UU)* 9:145-149.
2. ELIAS, G.L. 1982. Conocimientos actuales sobre el proceso de endurecimiento del frijol. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición (Ven.)* 32:234-257.
3. JACKSON, M.G.; VARRIANO-MATERSON, E. 1981. Hard-to-cook phenomenon in beans: Effects of accelerated storage on water absorption and cooking time. *Journal of Food Science (EE.UU.)* 46:799-803.
4. JONES, P.M.B.; BOULTER, D. 1983. The cause of reduced cooking rate in *Phaseolus vulgaris* L. following adverse storage conditions. *Journal of Food Science (EE.UU.)* 48:623-626.
5. MORENO, M.E.; RAMIREZ, G.J. 1987. Comportamiento de siete variedades de frijol almacenadas bajo diferentes temperaturas. *Turrialba (C.R.)* 37:155-160.6.
6. MOSCOSO, W.; BOURNE, M.C.; HOOD, L.F. 1984. Relationships between the hard-to-cook phenomenon in red kidney beans and water absorption, puncture force, pectin, phytic acid, and minerals. *Journal of Food Science (EE.UU.)* 49:1577-1579.
7. SNYDER, E.B. 1936. Some factors affecting the cooking quality of the pea and great northern types of dry beans. College of Agriculture, University of Nebraska Agricultural Experiment Station. *Research Bulletin (EE.UU.)* no. 85. 31 p.
8. STANLEY, D.W.; AGUILERA, J.M. 1985. A review of textural defects in cooked reconstituted legumes: The influence of structure and composition. *Journal of Food Biochemistry* 9:277-323.
9. STANLEY, D.W. 1986. Multiple mechanisms of bean hardening. *Journal of Food Technology* 21:731-750.
10. USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE). 1979. Grain equipment manual GR. 916-6. Federal Grain Inspection Service, Standardization Division, Richard Gabauer A.F.B., Kansas City, Mo.
11. VINDIOLA, O.L.; SEIB, P.A.; HOSENEY. 1986. Accelerated development of the hard-to-cook state in beans. *Cereal Foods World* 31:538-552.
12. WINSTON, P.W.; BATES, D.H. 1960. Saturated solutions for the control of humidity in biological research. *Ecology (EE.UU.)* 41:232-237.

LIBRO
RECOMENDADO

US\$18.00

Botánica de los Cultivos Tropicales. J. León. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 445 p. ISBN 92-9039-132-4.

Presenta los conceptos básicos sobre el origen, diversidad, forma y estructura de los cultivos tropicales y su aplicación en las fases de mejoramiento y manejo. Se presenta un ordenamiento sistemático de los cultivos por familia y especies, según el sistema de clasificación fitogenética de J. Hutchinson. Su propósito es servir de material de consulta sobre las regiones tropicales de Latinoamérica.

Ver lista de publicaciones disponibles para la venta y boleta de solicitud en la última sección de la revista Turrialba.