

00381

10

227

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"EFECTO DE LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO SOBRE
EL ENDURECIMIENTO DEL GRANO DE FRIJOL
(PHASEOLUS VULGARIS L.)

T E S I S

Que para obtener el grado de

DOCTOR EN CIENCIAS
(BIOLOGIA)

Presenta

JORGE RAMIREZ GONZALEZ

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1990



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	i
RESUMEN	ii
INTRODUCCION	1
OBJETIVO	7
MATERIALES Y METODOS	8
RESULTADOS Y DISCUSION	15
Area 1	15
Area 2	29
Area 3	35
Area 4	39
DISCUSION GENERAL	53
CONCLUSIONES	55
LITERATURA CITADA	59

RESUMEN

Durante su almacenamiento el grano de frijol puede sufrir deterioro en su calidad que se manifiesta, entre otras cosas, como un aumento en su tiempo de cocción, este deterioro se ve favorecido por las condiciones de humedad y temperatura que prevalecen en el almacén durante el tiempo que el grano permanece almacenado. Con la finalidad de obtener información sobre el efecto que las condiciones de almacenamiento, humedad, temperatura y tiempo, tienen en el endurecimiento de variedades mexicanas de frijol, se llevaron a cabo una serie de experimentos, utilizando en ellos un total de 12 variedades de frijol.

Los experimentos se separaron en cuatro áreas de investigación:

- Area 1: Efecto de la humedad, la temperatura y el tiempo de almacenamiento en el endurecimiento del grano.
- Area 2: Estudios en variedades de frijol "duras" y "Elandas" cuando están recién cosechadas.
- Area 3: Pruebas de endurecimiento acelerado.
- Area 4: Estudios sobre la reversibilidad del fenómeno de endurecimiento en frijol.

Los resultados obtenidos en la primera de las áreas de investigación mostraron que la temperatura fue el factor más importante en el endurecimiento del grano de frijol y que las variedades de frijol utilizadas en los experimentos de esa área, tuvieron comportamientos diferentes entre ellas, con respecto a su grado de endurecimiento, cuando se almacenaron en diferentes condiciones de humedad, temperatura y tiempo.

Los resultados en la segunda área de investigación, mostraron que el grado de dureza que una variedad de frijol tiene cuando está recién cosechada, no indica cual vaya a ser el grado de dureza que la variedad alcance después de un determinado tiempo de almacenamiento.

Los experimentos realizados en el área tres de investigación, mostraron que las pruebas de endurecimiento acelerado son una buena alternativa para diferenciar, en un corto tiempo de almacenamiento, variedades "resistentes" de variedades "susceptibles" al endurecimiento.

Finalmente en el área cuatro de investigación los resultados mostraron que el fenómeno de endurecimiento en frijol puede ser un proceso reversible, si el grano se almacena en una humedad relativa alta (85%) y una baja temperatura (15 C).

EFFECTO DE LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO SOBRE
EL ENDURECIMIENTO DEL GRANO DE FRIJOL
(PHASEOLUS VULGARIS L.)

INTRODUCCION.

Actualmente uno de los principales problemas del mundo en desarrollo, es el asegurar una alimentación adecuada y suficiente para la creciente población mundial. Para asegurar esta alimentación se ha tenido la necesidad de aumentar la producción agrícola de los diferentes granos básicos, producción que es imposible consumir y utilizar en forma inmediata, por lo que gran parte de ella debe ser almacenada en forma segura para que se utilice y se consuma de acuerdo a las necesidades de la población. La función principal de un almacén es la de proporcionar protección contra todos los factores adversos del medio ambiente y de esta manera mantener la calidad del grano almacenado, para así obtener un mejor precio en el mercado. (Madrid, 1967; Ramirez, 1974).

Para tener una conservación eficiente del grano almacenado, es necesario contar con instalaciones adecuadas que permitan el control de plagas y además que cumplan con los requisitos mínimos que exige toda buena conservación, como es el empleo de bodegas secas, limpias y libres de plagas donde se puedan almacenar granos enteros, secos, sanos y sin impurezas. (Jamieson y Jobber, 1974).

Las pérdidas en granos se producen durante el proceso llamado poscosecha, el cual comprende desde la cosecha, pasando por el transporte, el almacenamiento y la distribución, hasta llegar al consumidor, siendo durante el almacenamiento donde se producen las mayores pérdidas.

En México existen muy pocos trabajos que tratan sobre la importancia del almacenamiento desde el punto de vista económico (CONASUFO, 1974; Madrid, 1967), y desafortunadamente tampoco mencionan las cifras exactas de las pérdidas anuales en el país, aunque para el año de 1983, se estimó que las pérdidas del total de la cosecha anual de todos los granos fueron de un 10% (PRONAL, 1983).

Existen dos tipos de pérdida durante el almacenamiento de los granos que se pueden diferenciar claramente, la pérdida cuantitativa a la que por lo general se le da la mayor importancia, ya que directamente da una pérdida del peso del grano almacenado y por consecuencia una pérdida económica directa; y la

pérdida cualitativa, a la cual no se le da mayor importancia ya que no se manifiesta como pérdida de peso ni daño del grano, sino como pérdida de calidad. Como ejemplo de ésta última podemos mencionar el fenómeno de endurecimiento en frijol, (cambios fisicoquímicos), que se manifiesta como un aumento en el tiempo necesario para la suavización del grano durante el proceso de cocción.

Los dos tipos de pérdida mencionados anteriormente son causados tanto por factores físicos como bióticos. Entre los factores físicos se encuentran la humedad, la temperatura y el tiempo de almacenaje; los factores bióticos incluyen principalmente a insectos, hongos, aves y roedores. La interacción entre estos factores no solo reduce la cantidad de grano, sino también su calidad, ya que tanto los insectos como las aves y los roedores contaminan los granos con sus desechos orgánicos y los hongos, además de impartir olores y colores desagradables al grano, son capaces de contaminarlo con micotoxinas que representan un grave problema para la salud de los animales y el hombre.

En forma general hemos mencionado que las causas principales de las pérdidas que ocurren durante el almacenaje de los granos son los insectos, hongos, roedores y aves, que son directamente afectados por los factores físicos, como son la humedad, temperatura y tiempo, siendo el efecto que estos últimos factores tienen en el fenómeno de endurecimiento del frijol el tema de investigación de este trabajo.

Durante su almacenamiento el grano de frijol puede sufrir deterioro en su calidad que se manifiesta como un aumento en su tiempo de cocción, este deterioro se ve favorecido por las condiciones de humedad y temperatura que prevalecen en el almacén durante el tiempo que el grano permanece almacenado.

El aumento en el tiempo de cocción del grano, se conoce como fenómeno de endurecimiento e involucra varios mecanismos tanto físicos, como químicos y estructurales.

Con respecto a las características de cocción del frijol, se pueden diferenciar dos aspectos de este fenómeno. En frijoles recién cosechados las diferencias en tiempos de cocción entre diversas variedades se debe probablemente a factores inherentes a la semilla y estos factores están influenciados directamente por aspectos genéticos y agronómicos, refiriéndose estos últimos al efecto que tienen el suelo y el ambiente de la localidad donde se siembra el frijol. Por otro lado el desarrollo del endurecimiento en el grano de frijol está asociado a condiciones deficientes de almacenamiento, tales como, contenido de humedad del grano, temperatura y tiempo de almacenamiento; que interaccionan con el genotipo de grano para producir el endurecimiento.

El endurecimiento del frijol como grano, tiene importantes implicaciones prácticas. A nivel del consumidor, el tiempo que una

determinada variedad de frijol tarda en cocerse es una de las características principales para su aceptación en el mercado, pues representa pérdida de energéticos (gas, leña y electricidad) y de tiempo; por otro lado, sus características organolépticas y culinarias se ven afectadas ya que no se llega a obtener la textura normal y el sabor cambia por la oxidación de los aceites del grano; como consecuencia, baja la aceptabilidad del grano por el consumidor. Desde el punto de vista industrial, los procesos utilizados en la elaboración de los alimentos necesitan uniformidad en las características de la materia prima que en ellos se utiliza; por lo que diferencias en el tiempo de cocción contribuyen a la pérdida de calidad en el producto elaborado.

Con relación a la pérdida de calidad del frijol, se han mencionado dos fenómenos relacionados con el endurecimiento del frijol: "semillas duras" (hard shell), y "granos difíciles de cocer" (hard to cook). términos que frecuentemente son usados como sinónimos pero que se refieren a dos fenómenos completamente distintos.

El término semillas duras ha sido definido por Bourne (1967), y se aplica a semillas maduras que no pueden imbibir agua en un tiempo razonable cuando están bajo condiciones de humedad alta, esto es un problema para los productores de semillas ya que estas no germinan. Han sido reportados dos tipos de semillas duras, uno relacionado con la impermeabilidad de la cubierta de la semilla y el otro con la impermeabilidad del cotiledón (Morris et al., 1950). Lebedeff (1943) sugirió que el fenómeno de semillas duras puede estar controlado por factores hereditarios.

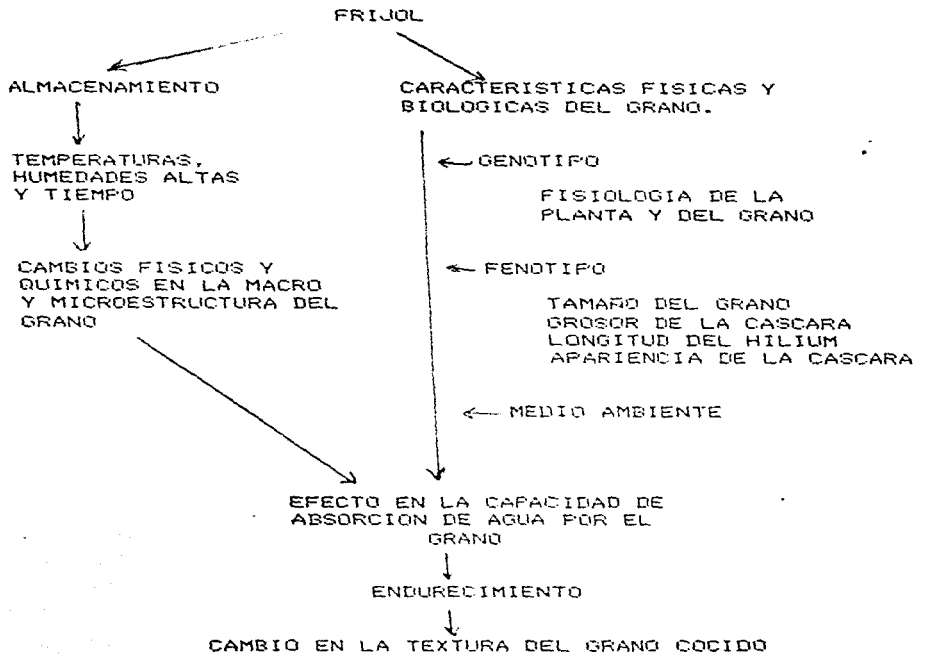
EL fenómeno de granos difíciles de cocer, se refiere a frijol duro que embebe agua igual que un frijol normal pero que requiere de un mayor tiempo para su cocción, por lo que el valor de imbibición no parece estar relacionado con el tiempo de cocción (Burr et al., 1968 y Molina et al., 1976).

Se consideran dos factores como los causantes del aumento en el tiempo de cocción. Uno es inherente al grano, es decir, depende de su composición y estructura genética y de la adquisición de características en la planta por acción del medio ambiente. El otro factor es el manejo y el almacenaje que modifican, con cambios químicos y estructurales, los caracteres del grano.

En la Figura 1 se muestra un esquema sobre el posible proceso general de endurecimiento del frijol.

FIGURA 1

ESQUEMA SOBRE EL PROCESO GENERAL DEL ENDURECIMIENTO EN FRIJOL



Almacenamiento.

Autores como Morris y Wood (1956) señalaron que frijol con un contenido de humedad mayor de 13% se deterioró considerablemente después de seis meses de almacenamiento a 25 C, mientras que el almacenado con un contenido de humedad menor de 10% mantuvo su calidad de cocción por dos años, igual que una muestra testigo almacenada a 12 C. Morris (1963) encontró que frijol almacenado diez meses a 25 C en una humedad relativa de 65% necesita de cinco a seis veces más del tiempo de cocción requerido para su ablandamiento. Por otra parte Burr et al., (1968) reportaron que temperaturas altas combinadas con contenidos de humedad altos y períodos largos de almacenamiento contribuyen a aumentar el tiempo de cocción del frijol; Molina et al., (1974), señalaron que las condiciones de almacenaje afectan el tiempo de cocción y con esto la calidad nutritiva y que estos cambios de calidad son el resultado de cambios estructurales en la propia proteína del frijol; Molina, Trent y Bressani, (1976) y Molina et al., (1979), reportaron que una temperatura y humedad relativa proporcionalmente altas de 30 a 35 C y 70 a 90% respectivamente provocan un mayor biodeterioro del frijol negro; Sada (1980), reportó que contenidos de humedad de frijol en equilibrio con una humedad relativa de 80% y temperaturas de 15 y 30 C son factores importantes en el endurecimiento del frijol; Jackson y Varriano-Marston (1981), encontraron que el frijol almacenado siete y catorce días en 100% de humedad relativa y 41 C requieren de más tiempo para cocerse que el frijol testigo, pero requiere el mismo tiempo de cocción para frijol almacenado un año a temperatura ambiente y con contenido de humedad bajos; Moscoso (1981), encontró que el frijol almacenado en temperaturas y humedades altas aumenta su tiempo de cocción debido a un decremento en el contenido de ácido fítico y alteraciones en el movimiento de cationes mono y divalentes lo cual puede deberse a un daño en el plasmalema o membrana celular durante su almacenamiento; Mora (1982), reportó que el frijol negro con contenidos de humedad de 9.3, 13.0 y 15.4% almacenado durante seis meses a tres temperaturas: 15, 20 y 25 C no presentó ningún aumento en su grado de dureza, pero en períodos de tiempo mayores a los seis meses sufrió cierto grado de endurecimiento que aumentó cuando la temperatura y la humedad fueron altas (25 C y 15.5% de humedad respectivamente); González (1982) estudió el efecto del tiempo de almacenamiento sobre el tiempo de cocción del frijol almacenado con 9, 13 y 17% de contenido de humedad, a tres temperaturas 4, 20 y 36 C, encontrando que a mayor temperatura y humedad del grano durante el almacenamiento aumentó el tiempo de cocción, además incluyó en este trabajo un estudio sobre el efecto de la atmósfera de almacenamiento sobre el tiempo de cocción del

frijol almacenado en las condiciones mencionadas, donde encontró que el frijol almacenado seis meses con 13% de humedad en una atmósfera de CO requirió menos tiempo de cocción que el almacenado en aire bajo esas mismas condiciones; Luse (1982) realizó un estudio con 30 líneas de frijol que con un contenido de humedad de 12% después de ocho meses de almacenamiento a 25 C, dieron tiempo de cocción del rango de 30 a 70 minutos siendo de 30 minutos el tiempo de cocción inicial, este mismo autor encontró que una línea de frijol con una humedad de 12% presentó un tiempo de cocción de 115 minutos después de almacenado 49 días a 40 C, y de 100 minutos después de ser almacenado durante ocho meses a 25 C; Bressani (1982) sugiere que el fenómeno de endurecimiento en frijol se debe a las condiciones de temperatura y humedad bajo las cuales se almacena, tomando en cuenta el tiempo de almacenamiento.

El endurecimiento causado por las condiciones de almacenaje, provoca que la calidad nutritiva del frijol baje, ya que diversos estudios señalan que un almacenamiento prolongado o con temperaturas y humedades altas esta inversamente relacionado con el valor proteínico, (Molina, et al., 1975; Sefa-Dedeh et al., 1978; Antunes et al., 1977; Nordstrom y Sistrunk, 1979; Sada, 1980). Por otro lado, un cocimiento excesivo disminuye grandemente el valor nutritivo al destruirse la proteína en el proceso térmico al que se somete para su consumo, (Lantz, 1938; Bressani, 1982).

Desde el punto de vista bioquímico se ha mencionado que el endurecimiento del frijol va acompañado de cambios tanto en composición química como en microestructura del grano (Stanley y Aguilera, 1985). Algunos constituyentes químicos, sobre los que se ha reportado que cambian durante el almacenamiento y que afectan el proceso de cocción incluyen los fitatos (ácido fítico o fitina), pectatos (ácido péctico o pectina), cationes divalentes como calcio y magnesio, ligninas y las enzimas pectina esterasa, fitasa y polifenol oxidasa. Todos estos factores cambian la anatomía normal de la testa y del cotiledón, lo que a su vez afecta la capacidad de hidratación del frijol y por consiguiente su tiempo de cocción, (Lolas y Markakis, 1975; Kumar et al., 1978; Kon, 1977; Moscoso, 1981 y 1982; Jones y Soultter, 1983; Molina et al., 1974 y 1982; González et al., 1978; González, 1982; Martson y Jackson, 1981; Elias, 1982; Roza, 1982).

Se han desarrollado técnicas tendientes a prevenir el endurecimiento y el biodeterioro del frijol, (Esselen y Davis, 1942; Feldberg et al., 1956; Molina et al., 1973 y 1982), a disminuir el tiempo de cocción en un frijol que ya está duro mediante remojo, (Rockland y Metzler, 1967; Rockland y Jones, 1974; Silva, 1980 y 1981; Kon, 1979) y para aprovechar el grano endurecido (Molina et al., 1982).

Se ha mencionado que las proteínas, lípidos y almidones sufren modificaciones físicas o químicas durante el endurecimiento del frijol, (Muneta, 1964; Priestley y Leopold, 1979; Sefa-Dedeh y Stanley, 1979; Stewart y Bewley, 1980; Aguilera y Steinspair, 1985; Stanley y Hohnberg, 1987).

Jones y Boulter (1983) observaron que durante la cocción las células del cotiledón de un frijol duro no se separaban como en un frijol fresco, sino que permanecían unidas por la lámina media; estos resultados fueron interpretados por Aguilera et al., (1986) y por Hinck y Stanley (1986), diciendo que el problema podía estar relacionado directamente con la falla de la separación celular, involucrando en este proceso a moléculas como la fitina, pectina, iones divalentes y polifenoles.

Por otro lado, otros autores han sugerido al proceso de lignificación como uno de los posibles mecanismos de endurecimiento en frijol. (Muller, 1967; Molina et al., 1976; Whitmore, 1978; Hinck y Stanley, 1987).

Stanley y Aguilera en 1985 propusieron que el ácido fítico (fitina), es uno de los factores primarios en el desarrollo del endurecimiento, hipótesis que es apoyada por los trabajos de Jones y Boulter, 1983; Kon y Sanshuk, 1981; Moscoso et al., 1984; Hinck y Stanley, 1986. Sin embargo hay otros autores que creen que la fitina no es determinante en el endurecimiento. (Crean y Haisman, 1963; Rosebaum y Baker, 1969; Varriano-Marston y Jackson, 1981).

De acuerdo con la revisión anterior, podemos asegurar que la velocidad con la que se manifiesta el endurecimiento en frijol, depende directamente de las condiciones de humedad, temperatura y tiempo en las cuales se encuentra almacenado, y que van a manifestarse como cambios bioquímicos y estructurales en el grano, de tal forma que cuando se almacena frijol bajo condiciones de alta humedad y alta temperatura se endurece rápidamente.

Otro aspecto importante del almacenamiento de esta leguminosa es la pérdida de viabilidad de las semillas, ocasionada por las condiciones de almacenamiento lo cual merece ser investigado, ya que no existe información al respecto con las actuales variedades mexicanas de frijol.

OBJETIVO.

Con base en los antecedentes y la revisión de literatura realizada, el presente trabajo tiene como objetivo general obtener la información sobre el efecto que las condiciones de almacenamiento, humedad, temperatura y tiempo, tienen en el endurecimiento de las variedades mexicanas de frijol.

Dentro de este objetivo se pretende además, determinar que variedades de frijol son "resistentes" y cuales "susceptibles" al endurecimiento, y por otro lado estudiar que condiciones de humedad y temperatura de almacenamiento tienen un efecto reversible sobre el fenómeno de endurecimiento en el grano de frijol.

MATERIALES Y METODOS

GRANO. Para estas investigaciones se utilizaron, variedades de frijol proporcionadas por CONASUPO y variedades especialmente cultivadas en Iguala, Gro., por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), las cuales se señalan en cada prueba de almacenamiento. Las variedades cultivadas en Iguala Gro. donde se tuvieron dos ciclos de producción, se utilizaron en los dos años consecutivos de investigación, lo que siempre permitió tener grano recién cosechado para estos estudios.

CONTENIDO DE HUMEDAD. Para determinar el contenido de humedad de las semillas fue utilizado el método de secado en estufa recomendado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos. (USDA, 1978), que consiste en pesar por duplicado muestras de 5 a 10 gramos de semillas las que se colocaron en una estufa con circulación forzada de aire a 103 C por 72 horas. El contenido de humedad se calculó por diferencia de peso entre la semilla húmeda y seca con base en el peso húmedo de la semilla. En los lotes originales, la humedad del grano fue determinada con cuatro repeticiones.

TIEMPO DE COCCION. Para determinar el tiempo de cocción se modificó el método empleado por Jones y Boulter, 1963, quedando de la siguiente manera, 450 granos se pusieron en una olla de peltre con dos litros de agua hirviendo, previamente desionizada, este volumen se mantuvo constante agregando agua hirviendo durante el tiempo que dura la prueba. Cada media hora a partir de la primera hora y media inicial se sacan 50 granos y se presionan entre los dedos índice y pulgar, considerándose cocidos si el frijol cede a la presión de los mismos sin presentar grumos. Se considera la muestra cocida si 45, (90%), de los 50 granos estaban cocidos.

ALMACENAMIENTO DEL GRANO. El almacenamiento del frijol se llevó a cabo bajo diferentes condiciones de humedad relativa, contenido de humedad del grano, temperatura y tiempo, las que se describen en particular para cada investigación realizada en este trabajo.

Se trató de hacer el análisis estadístico de los datos de cocción obtenidos en cada uno de los experimentos de este trabajo, pero no se pudo realizar, ya que en todos los casos las cuatro repeticiones de cada variedad presentaron el mismo valor.

Las diferentes humedades relativas se mantuvieron mediante el uso de soluciones saturadas de cloruro de sodio para 75% (humedad baja), sulfato de amonio para 80% (humedad intermedia) y cloruro de potasio para 85%, (humedad alta), (Winston y Bates, 1960).

Los granos fueron muestreados periódicamente, determinándose el contenido de humedad y el tiempo de cocción mediante los métodos ya descritos.

A continuación se describe la manera en que se establecieron los experimentos que se realizaron en las cuatro áreas de investigación tendientes a obtener la información propuesta en el objetivo del presente trabajo. Las áreas fueron:

AREA 1.
EFECTO DE LA HUMEDAD, LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN EL ENDURECIMIENTO DEL GRANO.

AREA 2.
ESTUDIOS EN VARIETADES DE FRIJOL "DURAS" Y "BLANDAS" CUANDO ESTAN RECIEN COSECHADAS.

AREA 3.
PRUEBAS DE ENDURECIMIENTO ACELERADO.

AREA 4.
ESTUDIOS SOBRE LA REVERSIBILIDAD DEL FENOMENO DE ENDURECIMIENTO EN FRIJOL.

Descripción de cada uno de los experimentos realizados en cada una de las áreas de investigación.

AREA 1.

EFECTO DE LA HUMEDAD, LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN EL ENDURECIMIENTO DEL GRANO.

Experimento 1.

Almacenamiento de frijol con bajo contenido de humedad (8-10%) a temperaturas de 15, 26, y 35 C.

En este experimento se utilizaron las variedades: Bayo Blanco, Bayo Menudo, Flor de Mayo, Negro San Luis, Ojo de Cabra, Pastilla y Pinto Nacional, que fueron proporcionadas por CONASUPO. En cada temperatura se almacenaron 4 Kg de cada variedad repartidos en 140 unidades experimentales de 200 g. cada una, colocadas al azar en incubadoras a 15, 26 y 35 C, durante 350 días. Las observaciones fueron llevadas a cabo a los 70, 140, 210, 280 y 350 días de almacenamiento, determinándose en cada muestreo el contenido de humedad y el tiempo de cocción. Los datos

iniciales de contenido de humedad, y tiempo de cocción se señalan en el cuadro 1.

Experimento 2.

Almacenamiento de frijol en una humedad relativa de 85%, a temperaturas de 15, 26 y 35 C.

En este experimento se utilizaron las variedades Bayo Blanco, Flor de Mayo, Negro Jamapa y Ojo de Cabra, proporcionadas por el CONASUPO. En cada temperatura se almacenaron 3.2 Kg de cada variedad, repartidos en 34 unidades experimentales de 200 g. cada una, que fueron colocadas al azar dentro de cámaras de humedad, conteniendo una humedad relativa de 85%. Las cámaras de humedad fueron colocadas en incubadoras a 15, 26 y 35 C., durante 120 días. Se llevaron a cabo muestreos a los 30, 60, 90 y 120 días de almacenamiento, determinándose en cada muestreo el contenido de humedad, y el tiempo de cocción. Los datos iniciales de contenido de humedad, y tiempo de cocción se señalan en el cuadro 8.

Experimento 3.

Almacenamiento de frijol en una humedad relativa de 75% y a 26 C.

Las Variedades de frijol fueron, Bayo Blanco, Bayo Menudo, Flor de Mayo, Negro San Luis, Ojo de Cabra, Pastilla y Pinto Nacional, proporcionadas por CONASUPO. Se almacenaron 4 Kg. de cada variedad, repartidos en 140 unidades experimentales de 200 g. cada una, colocadas al azar dentro de cámaras con una humedad relativa de 75%. Las cámaras de almacenamiento fueron mantenidas a 26 C durante 120 días. Las observaciones fueron llevadas a cabo a los 40, 60, 80, 100 y 120 días de almacenamiento, determinándose en cada muestreo, el contenido de humedad y el tiempo de cocción. Los datos iniciales de contenido de humedad y tiempo de cocción se muestran en el cuadro 1.

AREA 2.

ESTUDIOS EN VARIEDADES DE FRIJOL "DURAS" Y "BLANDAS" CUANDO ESTAN RECIENTE COSECHADAS.

Con el fin de determinar la relación que existe entre la dureza inicial de las variedades y el endurecimiento al final de un período determinado se llevaron a cabo tres experimentos. Para ello se seleccionaron cuatro variedades, dos de las cuales presentaron tiempos de cocción inicial de 180 y 150 minutos y las otras dos de 90 minutos.

Los datos iniciales de contenido de humedad y tiempo de cocción del grano utilizado en estos tres experimentos, se muestran en el cuadro 17.

Experimento 1.

Almacenamiento de frijol, con bajo contenido de humedad (9-10%), a 26 C.

Las variedades de frijol utilizadas fueron Amarillo, Bayo 400, Michigan 300 y Negro Huasteco, proporcionadas por INIFAP. Se utilizaron de cada variedad, 80 unidades experimentales de 200 g. cada una, que fueron colocadas al azar en cajas de plástico, que a su vez fueron almacenadas, durante 300 días, en un cuarto incubadora a 26 C. Las observaciones se llevaron a cabo a los 60, 120, 180, 240 y 300 días de almacenamiento, determinándose en cada muestra los porcentajes de contenido de humedad y tiempo de cocción.

Experimento 2.

Almacenamiento de frijol en una humedad relativa de 80% y a 26 C.

Las variedades de frijol utilizadas fueron Amarillo, Bayo 400, Michigan 300 y Negro Huasteco, proporcionadas por INIFAP. Se almacenaron de cada variedad 64 unidades experimentales de 200 g. cada una, que fueron colocadas al azar dentro de cámaras con una humedad relativa de 80%. Las cámaras de humedad a su vez fueron colocadas, durante 120 días, en incubadoras a 26 C.. Se llevaron a cabo muestreos a los 30, 60, 90 y 120 días de almacenamiento, determinándose en cada uno, el contenido de humedad y el tiempo de cocción.

Experimento 3.

Almacenamiento de frijol en una humedad relativa de 85% y a 35 C.

Las variedades utilizadas fueron: Amarillo, Bayo 400, Michigan 300 y Negro Huasteco. Se utilizaron de cada variedad 16 unidades experimentales de 200 g. cada una que fueron colocadas al azar en cámaras con humedad relativa de 85%. Las cámaras de humedad fueron colocadas en incubadoras a 35 C., durante 14 días. Se realizaron dos muestreos a los 7 y 14 días, determinándose el contenido de humedad y tiempo de cocción en cada uno de ellos.

AREA 3.

PRUEBAS DE ENDURECIMIENTO ACELERADO

Uno de los objetivos principales de estas pruebas de endurecimiento acelerado fue el poder hacer una diferenciación rápida entre variedades de frijol en cuanto a su "susceptibilidad" o "resistencia" al endurecimiento, para obtener información que pueda ser usada en los programas de fitomejoramiento cuyo objetivo sea la obtención de tipos de frijol más tolerantes al endurecimiento.

Experimento 1.

Almacenamiento de 7 variedades de frijol, durante 14 días en una humedad relativa de 100% y a 41 C.

Las variedades de frijol utilizadas fueron: Bayo Blanco, Bayo Menudo, Flor de Mayo, Negro San Luis, Ojo de Cabra, Pastilla y Pinto Nacional proporcionadas por CONASUPO. Se utilizaron de cada variedad de frijol, 56 unidades experimentales de 200 g. cada una; colocadas al azar dentro de cámaras con una humedad relativa de 100%. La humedad relativa en la cámara se mantuvo con agua destilada. Las cámaras de humedad fueron colocadas en incubadoras a una temperatura de 41 C durante 14 días. Fueron realizados dos muestreos a los 7 y 14 días, determinándose en cada uno de ellos el contenido de humedad y el tiempo de cocción. Los datos iniciales de contenido de humedad y tiempo de cocción se muestran en el cuadro 1.

Experimento 2.

Almacenamiento de 15 variedades de frijol, durante 14 días en una humedad relativa de 85% y a 41 C.

Las variedades de frijol utilizadas fueron: Amarillo, Bayo 107, Bayo 400, Bayomex, Cacahuatle, Delicias, Flor de Mayo, Jamapa, Michigan 78, Michigan 800, Negro Chiapas, Negro Huasteco, Negro Veracruz, Ojo de Cabra y Pinto Nacional, proporcionadas por INIFAP. Se utilizaron, de cada una de las variedades, 60 unidades experimentales de 200 g. cada una, colocadas al azar dentro de cámaras con una humedad relativa de 85%. La humedad relativa en la cámara se mantuvo con una solución sobresaturada de cloruro de potasio (Winston y Bates, 1960). Las cámaras de almacenamiento fueron colocadas en incubadoras a 41 C. durante 14 días. Se llevó a cabo un solo muestreo al final del periodo de almacenamiento, determinándose el contenido de humedad y el tiempo de cocción. Los datos iniciales de contenido de humedad y tiempo de cocción se muestran en el cuadro 26.

AREA 4.

ESTUDIOS SOBRE LA REVERSIBILIDAD DEL FENOMENO DE ENDURECIMIENTO EN FRIJOL

Con la finalidad de observar si algunas condiciones de humedad y temperatura tienen un efecto reversible en el fenómeno de endurecimiento en frijol, se plantearon los siguientes experimentos, que se realizaron con variedades en las que en los experimentos iniciales se observó alguna reversibilidad del endurecimiento.

Experimento 1.

Endurecimiento de frijol en una humedad relativa de 85% a 35 C por 40 días, y posterior almacenamiento en una humedad relativa de 85% y 15 C, durante 150 días.

En esta prueba se utilizaron las variedades de frijol Negro Jamapa, Flor de Mayo y Ojo de Cabra; de cada variedad se almacenaron 16 unidades experimentales de 200 g. colocándose al azar dentro de cámaras con una humedad relativa de 85% y a 35 C. Después de almacenar el frijol por 40 días se determinó el tiempo de cocción en cuatro unidades y las 12 unidades experimentales restantes se almacenaron en una humedad relativa de 85% y 15 C., durante 150 días. Se realizaron muestreos a los 50, 100 y 150 días, determinándose en cada uno de ellos el contenido de humedad y el tiempo de cocción. Los datos iniciales de contenido de humedad y tiempo de cocción se muestran en el cuadro 28.

Experimento 2.

Almacenamiento de las variedades de frijol Negro Jamapa y Flor de Mayo, en cuatro condiciones de almacenamiento con el fin de endurecerlas y posteriormente almacenarlas en una humedad relativa de 85% y 15 C.

En esta prueba se utilizaron 80 unidades experimentales (u.e.) de 200 g., (40 u.e. de cada variedad). El periodo de almacenamiento fue de 80 días y las condiciones de endurecimiento que fueron:

- 1) 75% humedad relativa y 26 C.
- 2) 75% humedad relativa y 35 C.
- 3) Contenido de humedad de 10% y
- 4) Contenido de humedad de 10% y 35 C.

Al término de los 80 días en estas condiciones de endurecimiento se determinaron, en cuatro unidades experimentales de cada condición de almacenamiento, el contenido de humedad y el tiempo de cocción; las unidades experimentales restantes de las cuatro condiciones de almacenamiento, 64 en total, se almacenaron en una humedad relativa de 85% y a 15 C. En esta última condición de almacenamiento, se llevaron a cabo muestreos a los 40, 80, 120 y 160 días. Los datos iniciales de contenido de humedad y tiempo de cocción se muestran en el cuadro 32

Experimento 3.

Endurecimiento de la variedad de frijol Negro Jamapa en una humedad relativa de 85% y a 40 C., durante 15 días y su posterior almacenamiento en cinco condiciones de humedad y temperatura.

Se endurecieron 12 kg de frijol en una humedad relativa de 85% y a 40 C, que se repartieron en 80 unidades experimentales de 150 gramos cada una que a su vez fueron colocadas en cinco condiciones de almacenamiento, 16 en cada condición. Las condiciones de almacenamiento fueron:

- 1) Contenido de humedad de 9% y 26 C
- 2) 75% de humedad relativa y 0C
- 3) 75% de humedad relativa y 15 C
- 4) 85% de humedad relativa y 0 C
- 5) 85% de humedad relativa y 15 C

En cada una de las condiciones de almacenamiento se llevaron a cabo muestreos a los 40, 80, 120 y 160 días, determinando en cada uno de ellos el contenido de humedad y el tiempo de cocción.

RESULTADOS Y DISCUSION

AREA 1.

EFFECTO DE LA HUMEDAD, LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN EL ENDURECIMIENTO DEL GRANO.

Experimento 1.

Almacenamiento de frijol con bajo contenido de humedad (8-10%) a temperaturas de 15, 26 y 35 C.

En este experimento en las temperaturas de 15 y 35 C, se utilizaron 7 variedades de frijol: Bayo Blanco, Bayo Menudo, Flor de Mayo, Negro San Luis, Ojo de Cabra, Pastilla y Pinto Nacional, que fueron proporcionadas por CONASUPO, que se almacenaron durante 350 días, mientras que en 26 C solamente se almacenaron 5 variedades durante 280 días; esto se debió a limitaciones de grano de un mismo lote de las variedades Pinto Nacional y Bayo Blanco. Los datos iniciales sobre la condición del grano se muestran en el cuadro 1.

Temperatura de 15 C.

El contenido de humedad se redujo a través del período de almacenamiento, el rango de humedad inicial fue de 8.2 a 11.4% y el final fue de 7.7 a 9.6%; cuadro 2.

Los resultados del tiempo de cocción se muestran en el cuadro 3.

En las variedades Bayo Menudo, Flor de Mayo y Pastilla a partir de los 70 días de almacenamiento se observó un incremento en el tiempo de cocción, el que fue aumentando a través del período de almacenamiento; la variedad Bayo Menudo resultó la más propensa al endurecimiento, con un incremento de 120 minutos a los 280 días de almacenamiento. En la variedad Pastilla se incrementó el tiempo de cocción 90 minutos al final del almacenamiento; las variedades Bayo Blanco y Ojo de Cabra no presentaron incremento en su tiempo de cocción hasta los 280 días y Negro San Luis hasta los 210 días. Por otra parte la variedad Pinto Nacional no presentó incremento en su tiempo de cocción durante los 350 días de almacenamiento. Las variedades Bayo Blanco, Negro San Luis y Pinto Nacional fueron las variedades menos propensas al endurecimiento.

Temperatura de 26 C.

Esta prueba de almacenamiento se realizó con solo cinco de las siete variedades que se utilizaron en las temperaturas de 15 y 35 C, y el período de almacenamiento fue de 280 días.

El contenido de humedad de las cinco variedades utilizadas en esta prueba decreció durante el almacenamiento y estuvo entre 8.3 y 9.9%; cuadro 4.

Los resultados del tiempo de cocción se muestran en el cuadro 5, donde se observa que en las variedades Bayo Menudo y Flor de Mayo el tiempo de cocción se incrementó de igual manera que en la temperatura de 15 C.; no así en las variedades Ojo de Cabra, Negro San Luis y Pastilla en las que se observó un mayor efecto de la temperatura sobre el endurecimiento del grano, siendo mayor en la variedad Pastilla que a los 280 días ya no se coció. Las variedades Bayo Menudo y Ojo de Cabra requirieron de 300 minutos para su cocción, por lo que junto con la variedad Pastilla resultaron ser las más susceptibles al endurecimiento. Las variedades Flor de Mayo y Negro San Luis sufrieron un menor endurecimiento, presentando un incremento de 60 y 90 minutos respectivamente.

Temperatura de 35 C.

En el cuadro 6 puede observarse que el contenido de humedad se mantuvo entre 8.3 y 9.9% durante los 350 días de almacenamiento.

En el cuadro 7 se muestran los resultados del tiempo de cocción. En el puede observarse que en todas las variedades la temperatura de almacenamiento tuvo un efecto definitivo sobre el endurecimiento del grano de frijol. En las variedades Ojo de Cabra y Pastilla la respuesta al endurecimiento fue exactamente igual que en la temperatura de 26 C. La variedad Pastilla mostró ser la más susceptible, ya que al igual que en la temperatura de 26 C. a los 280 días ya no se coció y su endurecimiento fue mayor y más rápido que en las demás variedades. La variedad Bayo Blanco a los 280 días ya no se coció; sin embargo, a los 210 días solamente había tenido un incremento de 30 minutos. Es interesante hacer notar que prácticamente en todas las variedades después de los 210 días de almacenamiento, hubo un incremento notable en el tiempo de cocción. Las variedades Negro San Luis y Pinto Nacional fueron las que tuvieron una mejor calidad de cocción, seguidas de la variedad Flor de Mayo. Las variedades Bayo Menudo y Pastilla fueron las más susceptibles a endurecerse en las tres temperaturas probadas.

Estos resultados de almacenamiento de frijol, a tres diferentes temperaturas, con bajo contenido de humedad, muestran claramente diferencias entre variedades respecto a su endurecimiento bajo las condiciones aquí probadas y además muestran que hay un efecto de la temperatura sobre el fenómeno de endurecimiento aún cuando el contenido de humedad de los granos sea bajo.

Experimento 2

Almacenamiento de frijol en una humedad relativa de 85%, a temperaturas de 15, 26 y 35 C.

En este experimento se utilizaron las variedades de frijol Bayo Blanco, Flor de Mayo, Negro Jamapa y Ojo de Cabra, proporcionadas por CONASUPO. Los datos iniciales de contenido de humedad y tiempo de cocción se muestran en el cuadro 8.

Temperatura de 15 C.

El contenido de humedad del grano en las cuatro variedades de frijol se incrementó a través del tiempo hasta alcanzar contenidos de humedad de 21.4 a 22.9% al final de los 120 días de almacenamiento, cuadro 9.

Tiempo de cocción. El tiempo de cocción a través del tiempo de almacenamiento se muestra en el cuadro 10. A los 30 días de almacenamiento se observó un aumento de 30 minutos en el tiempo de cocción para todas las variedades, con excepción de la variedad Negro Jamapa que mantuvo su tiempo de cocción inicial, este aumento no se considera importante puesto que no es constante a través del tiempo y la tendencia es ir reduciéndose el tiempo de cocción. Sin embargo, a los 60 días de almacenamiento, se observó una disminución de 30 minutos, con respecto al tiempo de cocción inicial, en tres de las variedades, Bayo Blanco, Negro Jamapa y Ojo de Cabra, mientras que la variedad Flor de Mayo mantuvo su tiempo de cocción inicial. A los 90 días de almacenamiento, las variedades Flor de Mayo, Negro Jamapa y Ojo de Cabra disminuyeron en 30 minutos su tiempo de cocción con respecto al dato inicial, mientras que la variedad Bayo Blanco lo disminuyó hasta en 60 minutos. A los 120 días las variedades Flor de Mayo, Negro Jamapa y Ojo de Cabra, disminuyeron 60 minutos su tiempo de cocción con respecto al inicial, la variedad Bayo Blanco lo disminuyó en 90 minutos.

La disminución en el tiempo de cocción de todas las variedades a partir de los 60 días de almacenamiento fue un resultado no esperado, por lo que se consideró que esta disminución en el tiempo de cocción requería de una mayor investigación, por lo que se realizaron tres experimentos con la finalidad de obtener mayor información al respecto, estos experimentos son los detallados en el área 4 de esta investigación.

Temperatura 26 C.

El contenido de humedad del grano en las cuatro variedades se fue incrementando a través del tiempo hasta alcanzar a los 120 días contenidos de humedad entre 19.2 y 19.8%, cuadro 11.

Tiempo de cocción. El tiempo de cocción a través del almacenamiento se muestra en el cuadro 12. A los 30 días de almacenamiento la variedad Negro Jamapa aparentemente disminuyó 30 minutos su tiempo de cocción; en las variedades Bayo Blanco y Flor de Mayo se mantuvo el tiempo de cocción inicial y en la variedad Ojo de Cabra se incrementó en 30 minutos. A los 60 días las variedades Bayo Blanco y Negro Jamapa incrementaron en 30 minutos su tiempo de cocción, mientras que la variedad Flor de Mayo lo incrementó en 60 y la variedad Ojo de Cabra en 90 minutos. A los 90 días la variedad Negro Jamapa incrementó su tiempo de cocción 60 minutos, mientras que las variedades Bayo Blanco y Flor de Mayo lo incrementaron en 90 y la variedad Ojo de Cabra ya no se cocció. A los 120 días ninguna de las variedades se cocció después del tiempo estipulado para la prueba.

La variedad Ojo de Cabra fue la más susceptible a endurecerse; la variedad Negro Jamapa fue la más resistente y las variedades Bayo Blanco y Flor de Mayo se comportaron como intermedias.

Temperatura 35 C.

El contenido de humedad de los granos en las cuatro variedades se incrementó entre 18.0 y 18.5% al terminar los 60 días de almacenamiento, cuadro 13.

Tiempo de cocción. Esta temperatura incrementó rápida y drásticamente el tiempo de cocción, ya que las variedades Flor de Mayo, Negro Jamapa y Ojo de Cabra a los 30 días ya no se coccieron. Sin embargo, la variedad Bayo Blanco resultó ser la más resistente, ya que solamente se endureció 90 minutos a los 60 días de almacenamiento. Cuadro 14.

Experimento 3

Almacenamiento de frijol, en una humedad relativa de 75% y a 26 C.

En este tercer experimento se utilizaron las variedades de frijol: Bayo Blanco, Bayo Menudo, Flor de Mayo, Negro San Luis, Ojo de Cabra, Pastilla y Pinto Nacional, proporcionadas por CONASUPO. Los datos iniciales de contenido de humedad y tiempo de cocción se muestran en el cuadro 1.

En el cuadro 15, se observa que el contenido de humedad de los granos de las siete variedades de frijol presenta una gran variabilidad en cuanto al contenido de humedad en equilibrio de las diferentes variedades; algunas de ellas, como Ojo de Cabra, Pinto Nacional, Pastilla y Bayo Blanco alcanzaron a los 120 días de almacenamiento, un contenido de humedad de alrededor del 16.0%, mientras que la variedad Negro San Luis se equilibró en 14.2%, Flor de Mayo en 15.4% y Bayo Menudo en 15.0%.

Tiempo de cocción. Respecto al tiempo de cocción a los 40 días de almacenamiento, cuadro 15, se observa que en la variedad Bayo Menudo hay un decremento de 60 minutos con respecto a la cocción inicial, las variedades Negro San Luis y Pinto Nacional lo mantuvieron igual y las variedades Ojo de Cabra, Pastilla, Bayo Blanco y Flor de Mayo lo incrementaron en 30 minutos. A los 60 días de almacenamiento las variedades Flor de Mayo y Bayo Blanco disminuyeron en 30 minutos su tiempo de cocción, mientras que las variedades Ojo de Cabra, Negro San Luis, Pinto Nacional y Bayo Menudo lo mantuvieron igual y la variedad Pastilla lo incrementó en 30 minutos con respecto a los 40 días. A los 80 días de almacenamiento, la variedad Negro San Luis disminuyó en 30 minutos su tiempo de cocción; las variedades Ojo de Cabra, Pastilla, Flor de Mayo y Bayo Menudo lo mantuvieron igual; y las variedades Pinto Nacional y Bayo Blanco lo incrementaron en 30 minutos. A los 100 días de almacenamiento las variedades Ojo de Cabra y Bayo Blanco mantuvieron igual su tiempo de cocción; y las variedades Negro San Luis, Pastilla, Pinto Nacional, Flor de Mayo y Bayo Menudo incrementaron en 30 minutos dicho tiempo, con respecto a los 80 días de almacenamiento, finalmente a los 120 días de almacenamiento todas las variedades mantuvieron el mismo tiempo de cocción que a los 100 días de almacenamiento.

Durante este experimento se observó que algunas variedades como Flor de Mayo, Negro San Luis, Bayo Blanco y Bayo Menudo disminuyeron su tiempo de cocción en algún momento durante el periodo de almacenamiento.

La variedad Negro San Luis fue la más resistente, mientras que las variedades Pinto Nacional y Pastilla fueron las más susceptibles a endurecerse después de 120 días de almacenamiento en 75% de humedad relativa y 26 C.

AREA 2.

ESTUDIOS EN VARIEDADES DE FRIJOL "DURAS" Y "BLANDAS" CUANDO ESTAN RECIEN COSECHADAS.

En los tres experimentos de esta área se utilizaron las variedades de frijol Amarillo, Bayo 400, Michigan 800 y Negro Huasteco proporcionadas por INIFAP. Los datos de contenido de humedad y tiempo de cocción iniciales se muestran en el cuadro 17.

Experimento 1.

Almacenamiento de frijol con bajo contenido de humedad (9-10%) a 26 C.

Contenido de humedad. El contenido de humedad de las cuatro variedades de frijol se mantuvo durante los 300 días de almacenamiento entre 8.5 y 9.9%. Cuadro 18.

Tiempo de cocción. En el cuadro 19 se muestran los tiempos de cocción durante los 300 días de almacenamiento. La variedad Amarillo no cambió su tiempo de cocción durante los 300 días de almacenamiento. La variedad Michigan 800 aumentó en 30 minutos su tiempo de cocción desde los 60 días de iniciado el almacenamiento y así se mantuvo hasta el final de la prueba. La variedad Bayo 400 aumentó en 60 minutos su tiempo de cocción desde los 60 días y así se mantuvo hasta los 300 días. Finalmente la variedad Negro Huasteco, a los 60 días, aumentó en 90 minutos, manteniéndose así hasta los 300 días.

Experimento 2.

Almacenamiento de frijol en una humedad relativa de 80% y 26 C.

Contenido de Humedad. El contenido de humedad del grano se mantuvo entre 15.5 y 19.5% durante los 120 días de almacenamiento. Cuadro 20.

Tiempo de cocción. En el cuadro 21 se muestran los tiempos de cocción durante los 120 días de almacenamiento. A los 30 días de almacenamiento se observó un incremento de 120 minutos en la variedad Negro Huasteco, de 90 minutos en Bayo 400 y de 30 minutos en Michigan 800 respecto al tiempo de cocción inicial, la variedad Amarilla no incrementó su tiempo de cocción durante este período. A los 60 días las variedades, Negro Huasteco, Bayo 400 y Michigan 800, incrementaron en 180, 120 y 90 minutos respectivamente su tiempo de cocción, la variedad Amarilla, lo redujo en 30 minutos con respecto a la cocción inicial. A los 90 días la variedad Bayo 400 mostró un decremento de 30 minutos en su

tiempo de cocción; la variedad Amarillo aumentó 30 minutos y las variedades Michigan 800 y Negro Huasteco no cambiaron su tiempo de cocción con respecto a los 60 días. A los 120 días de almacenamiento las variedades Amarillo y Michigan 800 aumentaron su tiempo de cocción en 120 y 150 minutos respectivamente con respecto al inicial y las variedades Bayo 400 y Negro Huasteco ya no se cocieron.

Experimento 3.

Almacenamiento de frijol durante 14 días en una humedad relativa de 85% y a 35 C.

Contenido de humedad. El contenido de humedad de las cuatro variedades de frijol se mantuvo entre 12.0 y 16.0% durante los 14 días de almacenamiento. Cuadro 22.

Tiempo de cocción. Las variedades Amarillo y Michigan 800 mantuvieron su tiempo de cocción durante los 14 días de almacenamiento; las variedades Bayo 400 y Negro Huasteco aumentaron en 30 y 120 minutos respectivamente su tiempo de cocción a los 14 días. cuadro 23.

Los resultados de los tres experimentos, muestran que una variedad dura, (Bayo 400), y otra blanda, (Negro Huasteco), al inicio de las pruebas, se manifestaron como susceptibles al final del almacenamiento, y que la variedad Amarillo, (dura), y la variedad Michigan 800, (blanda), se comportaron como resistentes en las tres pruebas de almacenamiento. Por los resultados obtenidos, podemos decir que en las condiciones de almacenamiento aquí probadas el grado de dureza de una variedad recién cosechada, no tiene ninguna relación con el grado de dureza que la variedad puede alcanzar al final de un periodo de almacenamiento dado.

AREA 3.

PRUEBAS DE ENDURECIMIENTO ACELERADO.

Experimento 1.

Almacenamiento de siete variedades de frijol, durante 14 días, en una humedad relativa de 100% y a 41 C..

Las variedades de frijol utilizadas en este experimento fueron: Bayo Blanco, Bayo Menudo, Flor de Mayo, Negro San Luis, Ojo de Cabra, Pastilla y Pinto Nacional proporcionadas por CONASUPO. Los datos iniciales de contenido de humedad y tiempo de cocción se muestran en el cuadro 1.

El contenido de humedad del frijol durante los 14 días de almacenamiento se muestra en el cuadro 24, donde se observa que hay una gran variabilidad en cuanto al contenido de humedad en equilibrio de las siete variedades de frijol. Algunas variedades como Ojo de Cabra y Pinto Nacional alcanzaron contenidos de humedad de alrededor de 25%, mientras que la variedad Bayo Menudo alcanzó solamente 18.1% en las mismas condiciones de almacenamiento, esto se debe principalmente a la variabilidad entre los genotipos de las diferentes variedades.

Tiempo de cocción. Respecto al tiempo de cocción a los 7 días de almacenamiento se observó un aumento de 30 minutos en las variedades Ojo de Cabra, Negro San Luis, Pinto Nacional y Bayo Blanco; de 60 minutos en las variedades Flor de Mayo y Pastilla y en la variedad Bayo Menudo no se observó ningún cambio, cuadro 25. A los 14 días, el tiempo de cocción se incrementó 120 minutos con respecto al inicial en las variedades Ojo de Cabra, Pastilla y Pinto Nacional, mientras que en las variedades Negro San Luis y Flor de Mayo no hubo incremento comparado con la primera observación a los siete días; la variedad Bayo Menudo fue la única que no incrementó su tiempo de cocción bajo las condiciones de almacenamiento aquí probadas.

Experimento 2.

Almacenamiento de 15 variedades de frijol, durante 14 días, en una humedad relativa de 85% y a 41 C.

Las variedades de frijol utilizadas en este experimento fueron: Amarillo, Bayo 107, Bayo 400, Baymex, Cacahuate, Delicias, Flor de Mayo, Jamapa, Michigan 78, Michigan 800, Negro Chiapas, Negro Huasteco, Negro Veracruz, Ojo de Cabra y Pinto Nacional proporcionadas por INIFAP. Los datos iniciales de contenido de humedad y tiempo de cocción se muestran en los cuadros 26 y 27.

El Contenido de humedad de las 15 variedades se mantuvo entre 16.1 y 19.0% durante los 14 días de almacenamiento, cuadro 26.

Tiempo de cocción. En el cuadro 27 podemos observar que todas las variedades aumentaron su tiempo de cocción de 60 a 180 minutos con respecto a su tiempo de cocción inicial. De acuerdo al aumento de tiempo que presentaron las variedades separamos como "resistentes" aquellas que tuvieron un incremento hasta 60 minutos; como "intermedias" de 90 a 120 minutos y como "susceptibles" a las que aumentaron en mas de 120 minutos su tiempo de cocción. En la primera categoría ubicamos a las variedades Amarilla, Michigan 78, Michigan 800 y Negro Chiapas; en la segunda categoría a las variedades Bayo 107, Bayomex, Cacahuate, Delicias, Flor de Mayo, Negro Jamapa, Djo de Cabra y Pinto Nacional y finalmente en la categoría de las susceptibles tenemos a las variedades Bayo 400, Negro Huasteco y Negro Veracruz.

Los resultados obtenidos en el área 1 de este trabajo muestran a las variedades Bayo Monudo y Negro San Luis como "resistentes" y a la variedad Pastilla como la mas "susceptible", datos que concuerdan con el resultado del experimento 1 en la prueba de endurecimiento acelerado. Por lo anterior consideramos que las pruebas de endurecimiento acelerado son una buena alternativa para diferenciar rápidamente variedades "resistentes" de "susceptibles" al endurecimiento en frijol.

AREA 4.

ESTUDIOS SOBRE LA REVERSIBILIDAD DEL FENOMENO DE ENDURECIMIENTO EN FRIJOL

Experimento 1.

Endurecimiento de frijol, en una humedad relativa de 85% a 35 C. por 40 días, para después almacenarlo por 150 días en una humedad relativa de 85% a 15 C.

Las variedades de frijol utilizadas en este experimento fueron: Negro Jamapa, Flor de Mayo y Ojo de Cabra proporcionadas por INIFAP. Los datos iniciales de contenido de humedad y tiempo de cocción se muestran en el cuadro 28.

ALMACENAMIENTO EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 35 C. PARA FAVORECER EL ENDURECIMIENTO

Contenido de humedad. El contenido de humedad a los 40 días de almacenamiento fue de 19.4 a 21.2%, cuadro 29.

Tiempo de cocción. El tiempo de cocción, cuadro 29, aumentó de 90 a 180 minutos en la variedad Negro Jamapa, mientras que en las variedades Ojo de Cabra y Flor de Mayo aumentó de 120 a 210 minutos, con respecto al tiempo de cocción inicial observado en el cuadro 28.

El almacenamiento de las tres variedades de frijol en estas condiciones de humedad y temperatura, causó el endurecimiento del grano permitiendo de esta forma la continuación del experimento.

ALMACENAMIENTO EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 15 C..

Contenido de humedad. El contenido de humedad de las tres variedades estuvo entre 21.4 y 26.1% durante todo el periodo de almacenamiento, cuadro 30.

Tiempo de cocción. A los 50 días de almacenamiento, cuadro 31, la variedad Flor de Mayo disminuyó su tiempo de cocción en 60 minutos; la variedad Ojo de Cabra lo disminuyó en 30 minutos y la variedad Negro Jamapa mantuvo igual su tiempo de cocción, con respecto al tiempo que presentaron al final del periodo de endurecimiento. A los 100 días de almacenamiento la variedad Negro Jamapa disminuyó en 30 minutos su tiempo de cocción; las variedades Ojo de Cabra y Flor de Mayo lo mantuvieron igual con respecto a los 50 días de almacenamiento. A los 150 días de almacenamiento las tres variedades presentaron los mismos tiempos de cocción que a los 50 días de almacenamiento.

En este experimento se observó que las variedades alcanzaron un grado de dureza casi al doble del inicial, en las condiciones de endurecimiento de 85% de humedad relativa y 35 C. Al ser almacenadas en la condición que nosotros consideramos que puede inducir la reversibilidad, la variedad Flor de Mayo disminuyó en 60 minutos su tiempo de cocción durante todo el tiempo de almacenamiento de 150 días, considerándose como la variedad con mayor capacidad a la reversibilidad, bajo las condiciones de este experimento; la variedad Negro Jamapa, endurecida en las condiciones utilizadas en este experimento, se manifestó como una variedad que no disminuye su tiempo de cocción cuando se almacena 150 días en condiciones que pueden inducir su reversibilidad, por último la variedad Ojo de Cabra mostró un comportamiento intermedio entre estas dos variedades, disminuyendo en 30 minutos su tiempo de cocción.

Experimento 2

Almacenamiento de las variedades de frijol Negro Jamapa y Flor de Mayo en cuatro condiciones de almacenamiento, con el fin de endurecerlas y posteriormente almacenarlas en una humedad relativa de 85% y 15 C.

Las dos variedades de frijol utilizadas en este experimento fueron proporcionadas por INIFAP. Los datos iniciales de contenido de humedad y tiempo de cocción de las dos variedades se muestran en el cuadro 32.

CONDICIONES DE ENDURECIMIENTO DURANTE 80 DIAS.

Las condiciones de endurecimiento que se utilizaron fueron:

- 1) Contenido de humedad del grano de 10% y 26 C..
- 2) Contenido de humedad del grano de 10% y 35 C..
- 3) 75% de humedad relativa y 26 C..
- 4) 75% de humedad relativa y 35 C..

RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD Y TIEMPO DE COCCION DE LA VARIEDAD NEGRO JAMAPA DESPUES DE LOS 80 DIAS DE ENDURECIMIENTO.

Contenido de humedad. En las condiciones 1 y 2 el contenido de humedad estuvo entre 8.5 y 8.9%, mientras que en las condiciones 3 y 4 se mantuvo entre 15.6 y 15.7%, durante los 80 días de almacenamiento, cuadro 33.

Tiempo de cocción. A los 80 días de almacenamiento, cuadro 33, el tiempo de cocción en las condiciones 1 y 2, no cambió; en la condición 3 aumentó 60 minutos y en la condición 4 hubo un aumento de 70 minutos, todos ellos con respecto al tiempo de cocción inicial observado en el cuadro 32.

Durante el periodo de almacenamiento se observó un aumento casi al doble en el contenido de humedad del grano en las condiciones 3 y 4. Esto se debe a que el grano alcanza su contenido de humedad en equilibrio con la humedad relativa de 75%.

Solamente las muestras almacenadas en la humedad relativa de 75% se endurecieron durante este periodo de almacenamiento.

ALMACENAMIENTO DE LA VARIEDAD DE FRIJOL NEGRO JAMAPA EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y A 15 C. DURANTE 160 DIAS.

Contenido de humedad. El contenido de humedad durante los 160 días de almacenamiento se mantuvo entre 22.0 y 22.6%. cuadro 34.

Tiempo de cocción. Se observó una disminución en el tiempo de cocción en las condiciones 1, 2 y 3 durante los 160 días de almacenamiento, cuadro 35. En la condición 4, desde los 40 días el frijol ya no se cocció.

A partir de los 40 días de almacenamiento se puede apreciar que el contenido de humedad del grano está alrededor del 22% que es el contenido de humedad en equilibrio del grano con una humedad relativa de 85%.

Al comparar los tiempos de cocción alcanzados durante los primeros 80 días de almacenamiento bajo cuatro condiciones, con los resultados correspondientes al almacenamiento por 160 días en 85% de humedad relativa y 15 C, se observa que para las muestras de las condiciones 1, 2 y 3 hay cierta reversibilidad del endurecimiento ya que el tiempo de cocción baja hasta 60 min.. En cambio la condición 4 favorece el endurecimiento ya que los granos expuestos a esta condición ya no se cuecen.

Se puede observar que las muestras que fueron almacenadas en las condiciones 1 y 3 tienen en común una temperatura media (26 C.) y que aunque tuvieron contenidos de humedad diferentes (8.9 y 15.6 %) las dos tendieron a disminuir su tiempo de cocción al ser almacenadas en 85% de humedad relativa y 15 C.

RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD Y TIEMPO DE COCCION DE LA VARIEDAD DE FRIJOL FLOR DE MAYO DESPUES DE LOS 80 DIAS DE ENDURECIMIENTO.

Contenido de humedad. En las condiciones 1 y 2 el contenido de humedad estuvo entre 3.6 y 7.1%, mientras que en las condiciones 3 y 4 se mantuvo entre 15.7 y 16.7% durante los 80 días de almacenamiento, cuadro 36.

Tiempo de cocción. A los 80 días de almacenamiento, cuadro 36, el tiempo de cocción en las condiciones 1, 2 y 3 no cambió y en la condición 4 aumentó 60 minutos, todos ellos con respecto al tiempo de cocción inicial observado en el cuadro 32.

Durante el periodo de almacenamiento en las cuatro condiciones, se observó un aumento en el contenido de humedad del grano en las condiciones 3 y 4. Esto se debe a que el grano alcanza su contenido de humedad en equilibrio con la humedad relativa de 75%.

En las condiciones 1, 2 y 3 no se endureció el grano después de los 80 días de almacenamiento, mientras que en la condición 4 hubo un aumento de 60 minutos.

ALMACENAMIENTO DE LA VARIEDAD DE FRIJOL FLOR DE MAYO EN
UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y A 15 C DURANTE 160 DIAS.

Contenido de humedad. El contenido de humedad en las cuatro condiciones se mantuvo entre 21.6 y 22.4%, cuadro 37. A partir de los 40 días de almacenamiento, se puede apreciar que el grano ya alcanzó su contenido de humedad en equilibrio con la humedad relativa de 85%.

Tiempo de cocción. El tiempo de cocción en las condiciones 1 y 2 disminuyó 30 minutos durante los primeros 120 días de almacenamiento, pero a los 160 días el tiempo regresa a los 150 minutos iniciales. La condición 3 mantiene el tiempo de 150 minutos hasta los 160 días de almacenamiento. El grano en la condición 4, desde los 40 días ya no se coció, cuadro 38.

Con respecto al tiempo de cocción, en el caso de las condiciones 1 y 2 se observa reversibilidad del fenómeno de endurecimiento, no así en las condiciones 3 y 4, en donde en la primera el tiempo permanece sin cambio y en la segunda se induce el endurecimiento.

Experimento 3

Endurecimiento de la variedad de frijol Negro Jamapa en una humedad relativa de 85% y a 40 C., durante 15 días, y almacenada posteriormente durante 160 días en cinco condiciones de humedad y temperatura.

Los datos iniciales de contenido de humedad y tiempo de cocción para esta variedad se muestran en el cuadro 32.

ENDURECIMIENTO EN LA HUMEDAD RELATIVA DE 85% A 40 C..

Contenido de humedad. El contenido de humedad después de la condición de endurecimiento fue de 19.1, cuadro 39.

Tiempo de cocción. El tiempo de cocción aumentó de 180 a 270 min. al final del periodo de endurecimiento, cuadro 39.

El almacenamiento de la variedad Negro Jamapa en estas condiciones de humedad y temperatura, causó el endurecimiento del grano, permitiendo de esta forma la continuación del experimento.

ALMACENAMIENTO DURANTE 160 DIAS EN LAS CINCO DIFERENTES CONDICIONES.

Condiciones de almacenamiento:

- 1) 9.1 de contenido de humedad del grano a 26 C.
- 2) 75% de humedad relativa y 0 C.
- 3) 75% de humedad relativa y 15 C.
- 4) 85% de humedad relativa y 0 C.
- 5) 85% de humedad relativa y 15 C.

Contenido de humedad. Para la condición 1 el contenido de humedad estuvo alrededor del 9% durante los 160 días de almacenamiento; en la condición 2 el contenido de humedad estuvo entre 18.2 y 19.4%; en la condición 3 fluctuó de 16.9 a 17.7%; en la condición 4 estuvo entre un 23 y un 28.7%; y finalmente en la condición 5 el contenido de humedad cambió de 21.7 a 23.4%, cuadro 40.

Tiempo de cocción. Durante los primeros 40 días de almacenamiento en la condición 1 el tiempo de cocción disminuyó 30 minutos, con respecto al tiempo que presentó al final del endurecimiento que fue de 270 min. sin embargo, a partir de los 80 hasta los 160 días el frijol no se coció. En la condición 2 el tiempo de cocción disminuyó entre 60 y 90 minutos durante los 160 días de almacenamiento; en la condición 3 el tiempo de cocción también disminuyó de 30 a 60 minutos durante el tiempo de almacenamiento; en la condición 4 la disminución fue de 60 a 90 minutos en el tiempo de cocción y para la condición 5 el tiempo

disminuyó 60 minutos al principio del almacenamiento recuperando su tiempo original de 270 minutos a los 160 días de almacenamiento. Cuadro 41.

En las condiciones 2 y 4 en las que se combina una alta humedad relativa (75 y 85%) con una baja temperatura (0 C.), se observó una mayor disminución en el tiempo de cocción del frijol, (60-90 minutos), mientras que en la combinación de humedad relativa alta (75 y 85%) y 15 C., (condiciones 3 y 5), la disminución fue de 30 a 60 minutos, aunque hay la tendencia a endurecerse a través del tiempo de almacenamiento en la humedad relativa de 85% y 15 C. La condición 1 no es una condición que nos ayude para disminuir el endurecimiento, sino que lo favorece.

En este experimento volvemos a encontrar que la combinación de una alta humedad relativa (75-85%), con una baja temperatura (0-15%), hacen posible la reversibilidad del endurecimiento del grano de frijol.

CUADRO 1

DATOS INICIALES DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%) Y TIEMPO DE COCCION (HRS) DE SIETE VARIETADES DE FRIJOL

VARIEDAD	* **	
	CONTENIDO DE HUMEDAD	TIEMPO DE COCCION
OJO DE CABRA	10.5	3:00
NEGRO SAN LUIS	9.3	3:00
PASTILLA	10.5	3:00
PINTO NACIONAL	11.4	3:00
FLOR DE MAYO	8.9	2:30
BAYO BLANCO	10.8	3:30
BAYO MENUJO	9.6	3:30

* Contenido de humedad promedio de 4 repeticiones

** Tiempo de cocción promedio de 4 repeticiones

CUADRO 2

*
CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE SIETE VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADAS 350 DIAS A 15 C..

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL %	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)				
		70	140	210	280	350
		Contenido de humedad				
PINTO NACIONAL	11.4	9.2	8.9	8.9	9.0	8.7
BAYO BLANCO	10.8	9.4	9.5	9.8	10.2	9.6
OJO DE CABRA	10.5	9.0	8.9	8.8	8.6	8.6
NEGRO SAN LUIS	9.3	8.1	7.9	7.8	7.9	7.8
FLOR DE MAYO	8.9	8.1	8.0	8.0	8.2	8.0
BAYO MENUJO	9.6	8.1	7.9	7.8	8.0	7.7
PASTILLA	10.5	8.6	8.4	8.6	8.3	8.6

* Contenido de humedad promedio de 4 repeticiones.

CUADRO 3

INCREMENTO (MINUTOS) DEL TIEMPO DE COCCION DE SIETE VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADAS 350 DIAS A 15 C..

VARIEDAD	TIEMPO DE COCCION INICIAL (horas)	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)				
		70	140	210	280	350
		Incremento del tiempo de coccion				
PINTO NACIONAL	3:00	0	0	0	0	0
BAYO BLANCO	3:30	0	0	0	30	30
OJO DE CABRA	3:00	0	0	0	60	60
NEGRO SAN LUIS	3:00	0	0	30	30	30
FLOR DE MAYO	2:30	30	30	30	60	60
BAYO MENUIDO	3:30	30	30	30	120	120
PASTILLA	3:00	30	30	60	90	90

* Tiempo de coccion promedio de 4 repeticiones.

CUADRO 4

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE CINCO VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADAS 280 DIAS A 26 C..

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL %	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)			
		70	140	210	280
		Contenido de humedad			
NEGRO SAN LUIS	9.3	8.3	8.6	8.6	9.2
FLOR DE MAYO	8.9	8.3	8.5	8.5	9.2
BAYO MENUIDO	9.6	8.4	8.8	8.8	9.6
OJO DE CABRA	10.5	9.0	9.6	9.6	9.9
PASTILLA	10.5	9.0	9.2	9.2	9.4

* Contenido de humedad promedio de 4 repeticiones.

CUADRO 5

INCREMENTO (MINUTOS) DEL TIEMPO DE COCCION *
DE FRIJOL ALMACENADAS 280 DIAS A 26 C..

VARIEDAD	TIEMPO DE COCCION INICIAL (horas)	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)			
		70	140	210	280
		Incremento del tiempo de cocción			
NEGRO SAN LUIS	3:00	0	0	30	90
FLOR DE MAYO	2:30	30	30	30	60
BAYO MENUDO	3:30	30	30	30	120
OJO DE CABRA	3:00	30	30	30	120
PASTILLA	3:00	90	90	90	NC **

* Tiempo de coccion promedio de 4 repeticiones.

** NC = No se coció en 350 minutos.

CUADRO 6

*
CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE SIETE VARIEDADES DE FRIJOL
ALMACENADAS 350 DIAS A 35 C..

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL %	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)				
		70	140	210	280	350
		Contenido de humedad				
PINTO NACIONAL	11.4	8.1	8.0	9.0	8.6	9.2
BAYO BLANCO	10.8	9.0	8.8	9.5	9.9	9.6
NEGRO SAN LUIS	9.3	7.5	7.1	8.1	8.9	8.5
FLOR DE MAYO	8.9	7.7	7.4	8.2	8.8	8.6
OJO DE CABRA	10.5	8.3	7.9	8.8	9.4	9.3
BAYO MENUDO	9.6	7.3	6.8	8.0	8.7	8.3
PASTILLA	10.5	7.9	7.5	8.5	9.1	8.8

* Contenido de humedad promedio de 4 repeticiones.

CUADRO 7

INCREMENTO (MINUTOS) DEL TIEMPO DE COCCION DE SIETE VARIETADES
DE FRIJOL ALMACENADAS 350 DIAS A 35 C..

VARIEDAD	TIEMPO DE COCCION INICIAL (horas)	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)				
		70	140	210	280	350
		Incremento del tiempo de cocción				
PINTO NACIONAL	3:00	0	30	30	60	120
BAYO BLANCO	3:30	0	60	30	NC**	NC
NEGRO SAN LUIS	3:00	0	30	30	90	120
FLOR DE MAYO	2:30	30	30	30	120	150
OJO DE CABRA	3:00	30	30	30	120	NC
BAYO MENUDO	3:30	30	30	60	120	NC
PASTILLA	3:00	60	90	90	NC	NC

* Tiempo de cocción promedio de 4 repeticiones.

** NC = no se coció después de 350 minutos.

CUADRO 8

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) Y TIEMPO DE COCCION (MINUTOS)
INICIALES DE CUATRO VARIETADES DE FRIJOL

VARIEDAD	% * CONTENIDO DE HUMEDAD	** TIEMPO DE COCCION
BAYO BLANCO	8.9	240
FLOR DE MAYO	8.5	210
NEGRO JAMAPA	7.9	210
OJO DE CABRA	8.2	210

* Contenido de humedad promedio de cuatro repeticiones.

** Tiempo de cocción promedio de cuatro repeticiones.

CUADRO 9

*
CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE CUATRO VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADAS
DURANTE 120 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 15 C..

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL %	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)			
		30	60 Contenido	90 de humedad	120
BAYO BLANCO	8.9	12.9	19.0	20.8	22.2
FLOR DE MAYO	8.5	15.6	20.0	21.2	21.4
NEGRO JAMAPA	7.9	19.2	21.1	22.8	22.5
OJO DE CABRA	8.2	18.3	22.4	23.1	22.9

* Contenido de humedad promedio de 8 repeticiones.

CUADRO 10

*
INCREMENTO O DECREMENTO EN EL TIEMPO DE COCCION (MINUTOS) DE CUATRO
VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADAS DURANTE 120 DIAS EN UNA HUMEDAD
RELATIVA DE 85% Y 15 C..

VARIETADE	TIEMPO DE COCCION INICIAL (minutos)	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)			
		30	60	90	120
BAYO BLANCO	240	30	-30	-60	-90
FLOR DE MAYO	210	30	0	-30	-60
NEGRO JAMAPA	210	0	-30	-30	-60
OJO DE CABRA	210	30	-30	-30	-60

* Tiempo de cocción promedio de cuatro repeticiones.

CUADRO 11

*
CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE CUATRO VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADAS
DURANTE 120 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 26 C..

VARIETADE	CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL %	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)			
		30	60 Contenido	90 de	120 humedad
BAYO BLANCO	9.0	15.3	16.8	19.3	19.8
FLOR DE MAYO	9.0	17.2	19.0	19.3	19.2
NEGRO JAMAPA	10.8	18.5	19.5	19.8	19.6
OJO DE CABRA	10.7	17.6	19.6	19.9	19.8

* Contenido de humedad promedio de ocho repeticiones.

CUADRO 12

*
INCREMENTO O DECREMENTO (MINUTOS) DEL TIEMPO DE COCCION DE CUATRO
VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADAS DURANTE 120 DIAS EN UNA
HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 26 C..

VARIEDAD	TIEMPO DE COCCION INICIAL	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)			
		30	60	90	120
BAYO BLANCO	240	0	30	90	NC**
FLOR DE MAYO	210	0	60	90	NC
NEGRO JAMAFA	210	-30	30	60	NC
OJO DE CABRA	210	-30	90	NC	NC

* Tiempo de cocción promedio de cuatro repeticiones.

** NC = No se cocio después de 350 minutos.

CUADRO 13

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE CUATRO VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADAS
DURANTE 60 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 35 C..

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL %	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)	
		30 Contenido	60 de humedad
BAYO BLANCO	8.9	17.9	18.4
FLOR DE MAYO	8.5	17.9	18.0
NEGRO JAMAFA	7.9	17.6	18.5
OJO DE CABRA	8.2	18.2	18.3

* Contenido de humedad promedio de ocho repeticiones.

CUADRO 14

INCREMENTO (MINUTOS) DEL TIEMPO DE COCCION DE CUATRO VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADAS DURANTE 60 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 35 C..

VARIEDAD	TIEMPO DE COCCION INICIAL (minutos)	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)	
		30	60
BAYO BLANCO	240	90	90
FLOR DE MAYO	210	NC**	NC
NEGRO JAMAPA	210	NC	NC
OJO DE CABRA	210	NC	NC

* Tiempo de cocción promedio de cuatro repeticiones.

** NC = No se coció después de 350 minutos.

CUADRO 15

*
CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE SIETE VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADAS
120 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 75% Y 26 C.

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL %	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)				
		40	60	80	100	120
		Contenido		de		humedad
OJO DE CABRA	10.5	16.0	15.9	16.0	16.0	16.0
NEGRO SAN LUIS	9.2	13.7	13.9	14.5	14.4	14.2
PASTILLA	10.1	15.4	15.6	15.7	15.3	15.9
PINTO NACIONAL	11.4	16.0	15.9	16.0	16.1	16.1
FLOR DE MAYO	8.9	14.9	15.2	15.4	15.3	15.4
BAYO BLANCO	10.8	15.6	15.8	15.9	15.9	16.0
BAYO MENUDO	9.6	14.3	14.6	14.9	14.8	15.0

* Los resultados son promedio de ocho repeticiones.

CUADRO 16

*
INCREMENTO O DECREMENTO (MINUTOS) DEL TIEMPO DE COCCION DE
SIETE VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADAS 120 DIAS EN UNA
HUMEDAD RELATIVA DE 75% Y A 26 C.

VARIEDAD	TIEMPO DE COCCION INICIAL (minutos)	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO				
		40	60	80	100	120
BAYO MENUDO	210	-60	-60	-60	-30	-30
NEGRO SAN LUIS	180	0	0	-30	0	0
FLOR DE MAYO	150	30	0	0	30	30
BAYO BLANCO	210	30	0	30	30	30
OJO DE CABRA	180	30	30	30	30	30
PINTO NACIONAL	180	0	0	30	60	60
PASTILLA	180	30	60	60	90	90

* Los resultados son promedio de cuatro repeticiones.

CUADRO 17

DATOS INICIALES DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%) Y TIEMPO DE COCCION (MINUTOS) DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL.

VARIEDAD	* CONTENIDO DE HUMEDAD	TIEMPO DE COCCION
AMARILLO	8.8	180
BAYO 400	9.2	150
MICHIGAN 800	9.1	90
NEGRO HUASTECO	8.5	90

* Contenido de humedad promedio de 4 repeticiones.

CUADRO 18

*
CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADAS DURANTE 300 DIAS EN UNA TEMPERATURA DE 26 C.

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL %	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)				
		60	120	180	240	300
		Contenido	de	humedad		
AMARILLO	8.5	8.9	8.9	8.9	9.1	9.0
BAYO 400	9.2	9.2	9.3	9.5	9.4	9.3
MICHIGAN 800	9.1	9.6	9.7	9.7	9.9	9.8
NEGRO HUASTECO	8.5	9.1	9.2	9.1	9.4	9.2

* Contenido de humedad promedio de ocho repeticiones.

CUADRO 19

*
INCREMENTO (MINUTOS) DEL TIEMPO DE COCCION DE CUATRO VARIEDADES
DE FRIJOL ALMACENADAS DURANTE 300 DIAS EN UNA
TEMPERATURA DE 26 C.

VARIEDAD	TIEMPO DE COCCION INICIAL (horas)	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)				
		60	120	180	240	300
AMARILLO	3:00	0	0	0	0	0
BAYO 400	2:30	60	60	60	60	60
MICHIGAN 800	1:30	30	30	30	30	30
NEGRO HUASTECO	1:30	90	90	90	90	90

* Tiempo de cocción promedio de cuatro repeticiones.

CUADRO 20

*
CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADAS
DURANTE 120 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 80% Y 26 C..

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL %	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)			
		30	60	90	120
		Contenido	de	humedad	
AMARILLO	8.8	15.5	16.9	19.0	18.2
BAYO 400	9.2	17.0	17.6	18.8	19.0
MICHIGAN 800	9.1	17.3	17.5	18.7	19.5
NEGRO HUASTECO	8.5	17.3	17.3	18.6	18.6

* Contenido de humedad promedio de 8 repeticiones.

CUADRO 21

INCREMENTO O DECREMENTO (MINUTOS) DEL TIEMPO DE COCCIÓN DE CUATRO VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADAS DURANTE 120 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 80% Y 26 C..

VARIEDAD	TIEMPO DE COCCIÓN INICIAL (horas)	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)			
		30	60	90	120
AMARILLO	3:00	0	-30	0	120
BAYO 400	2:30	90	120	90	NC**
MICHIGAN 300	1:30	30	90	90	150
NEGRO HUASTECCO	1:30	120	180	180	NC

* Tiempo de cocción promedio de cuatro repeticiones.

** NC= no se coció después de 350 minutos.

CUADRO 22

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE CUATRO VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADAS DURANTE 14 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 35 C..

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL %	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)		
		7	de	14
		Contenido	de	humedad
AMARILLO	8.9	12.1		14.4
BAYO 400	8.7	12.0		14.7
MICHIGAN 300	9.3	14.8		16.0
NEGRO HUASTECCO	9.0	13.9		16.0

* Contenido de humedad promedio de 8 repeticiones.

CUADRO 23

*
INCREMENTO (MINUTOS) DEL TIEMPO DE COCCION DE CUATRO VARIEDADES
DE FRIJOL ALMACENADAS DURANTE 14 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA
DE 85% Y 35 C..

VARIEDAD	TIEMPO DE COCCION INICIAL (horas)	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)	
		7	14
AMARILLO	3:00	0	0
BAYO 400	2:30	30	90
MICHIGAN 800	1:30	0	0
NEGRO HUASTECO	1:30	60	120

* Tiempo de cocción promedio de cuatro repeticiones.

CUADRO 24

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE SIETE VARIETADES DE FRIJOL
ALMACENADAS 14 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA
DE 100% Y 41 C.

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD		
	INICIAL	7 DIAS	14 DIAS
OJO DE CABRA	10.5	14.8	25.1
NEGRO SAN LUIS	9.3	14.8	20.9
PASTILLA	10.5	17.1	23.0
PINTO NACIONAL	11.4	21.5	24.6
FLOR DE MAYO	3.9	19.5	22.1
BAYO BLANCO	10.8	18.6	23.1
BAYO MENUJO	9.6	13.5	16.1

Contenido de humedad promedio de ocho repeticiones.

CUADRO 25

INCREMENTO (MINUTOS) DEL TIEMPO DE COCCION DE SIETE
VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADAS 14 DIAS EN UNA
HUMEDAD RELATIVA DE 100% Y 41 C.

VARIEDAD	TIEMPO DE COCCION INICIAL (horas)	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	
		7 DIAS	14 DIAS
FLOR DE MAYO	2:30	60	60
OJO DE CABRA	3:00	30	120
NEGRO SAN LUIS	3:00	30	30
PASTILLA	3:00	60	120
PINTO NACIONAL	3:00	30	120
BAYO BLANCO	3:30	30	90
BAYO MENUJO	3:30	0	0

* Tiempo de cocción promedio de cuatro repeticiones.

CUADRO 26

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE 15 VARIETADES DE FRIJOL
ALMACENADAS DURANTE 14 DIAS EN UNA HUMEDAD
RELATIVA DE 85% Y 26 C.

VARIEDAD	CONTENIDO INICIAL	DE	HUMEDAD 14 DIAS
AMARILLO	7.7		16.1
BAYO 107	7.9		17.9
BAYO 400	8.9		18.5
BAYOMEX	9.1		18.5
CACAHUATE	8.0		18.8
DELICIAS	7.6		17.8
FLOR DE MAYO	7.8		17.4
NEGRO JAMAPA	7.1		18.3
MICHIGAN 78	9.0		18.3
MICHIGAN 800	10.0		19.0
NEGRO CHIAPAS	8.8		18.0
NEGRO HUASTECO	8.3		17.9
NEGRO VERACRUZ	7.9		18.3
OJO DE CABRA	8.3		17.2
PINTO NACIONAL	7.8		18.0

* Contenido de humedad promedio de 8 repeticiones.

CUADRO 27

INCREMENTO (MINUTOS) DEL TIEMPO DE COCCION DE 15 VARIETADES
DE FRIJOL ALMACENADAS DURANTE 14 DIAS EN UNA HUMEDAD
RELATIVA DE 85% Y A 41 C.

VARIEDAD	TIEMPO DE COCCION INICIAL (horas)	INCREMENTO
AMARILLO	3:00	60
BAYO 107	2:00	120
BAYO 400	2:30	180
BAYOMEX	1:30	90
CACAHUATE	1:30	120
DELICIAS	2:00	90
FLOR DE MAYO	2:00	120
NEGRO JAMAPA	2:00	120
MICHIGAN 78	2:00	60
MICHIGAN 800	1:30	60
NEGRO CHIAPAS	2:00	60
NEGRO HUASTECO	1:30	180
NEGRO VERACRUZ	1:30	150
OJO DE CABRA	2:00	90
PINTO NACIONAL	2:00	90

* Tiempo de coccion promedio de cuatro repeticiones.

CUADRO 28

DATOS INICIALES DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%) Y TIEMPO DE COCCION (MINUTOS) DE TRES VARIETADES DE FRIJOL.

VARIETADE	CONTENIDO DE HUMEDAD	TIEMPO DE COCCION
NEGRO JAMAPA	10.6	90
OJO DE CABRA	9.3	120
FLOR DE MAYO	9.0	120

Todos los datos son promedio de cuatro repeticiones.

CUADRO 29

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) Y TIEMPO DE COCCION (MINUTOS) DE TRES VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADAS DURANTE 40 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 35 C.

VARIETADE	CONTENIDO DE HUMEDAD	TIEMPO DE COCCION
NEGRO JAMAPA	20.8	180
OJO DE CABRA	21.2	210
FLOR DE MAYO	19.4	210

Los datos son promedio de cuatro repeticiones.

CUADRO 30

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE LAS TRES VARIETADES DE FRIJOL
ALMACENADAS EN 85% DE HUMEDAD RELATIVA Y 15 C DURANTE
150 DIAS.

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD ALCANZADO DURANTE EL PERIODO DE ENDURECIMIENTO	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)		
		50 Contenido	100 de	150 humedad
NEGRO JAMAPA	20.8	21.4	22.7	21.5
OJO DE CABRA	21.2	22.8	21.8	26.1
FLOR DE MAYO	19.4	22.1	21.4	25.0

Los datos son promedio de cuatro repeticiones.

CUADRO 31

INCREMENTO O DECREMENTO (MINUTOS) DEL TIEMPO DE COCCION
DE TRES VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADAS, DURANTE
150 DIAS, EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 15 C.

VARIEDAD	TIEMPO DE COCCION DESPUES DEL PERIODO DE ENDURECIMIENTO (minutos)	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)		
		50	100	150
NEGRO JAMAPA	180	0	-30	0
OJO DE CABRA	210	-30	-30	-30
FLOR DE MAYO	210	-60	-60	-60

Los datos son promedio de cuatro repeticiones.

CUADRO 32

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) Y TIEMPO DE COCCION (MINUTOS)
INICIALES DE DOS VARIETADES DE FRIJOL.

	CONTENIDO DE HUMEDAD	TIEMPO DE COCCION
NEGRO JAMAPA	8.7	180
FLOR DE MAYO	8.8	150

Los datos son promedio de cuatro repeticiones.

CUADRO 33

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) E INCREMENTO DEL TIEMPO DE
COCCION (MINUTOS) DE LA VARIETADE NEGRO JAMAPA
ALMACENADA DURANTE 80 DIAS BAJO 4
CONDICIONES DIFERENTES.

CONDICIONES *	CONTENIDO DE HUMEDAD	INCREMENTO DEL TIEMPO DE COCCION
C.H.gr.26 C	8.9	0
C.H.gr.35 C	8.5	0
75% H.R.26 C	15.6	60
75% H.R.35 C	15.7	90

Los datos son promedio de cuatro repeticiones.

* C.H.gr.= contenido de humedad del grano; H.R.= humedad relativa.

CUADRO 34.

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE LA VARIEDAD NEGRO JAMAPA
ALMACENADA EN 85% DE HUMEDAD RELATIVA Y 15 C DURANTE
160 DIAS DESPUES DE SU ENDURECIMIENTO EN LAS
4 CONDICIONES.

CONDICIONES *	CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUES DEL PERIODO DE ENDURECIMIENTO	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)			
		40	80	120	160
C.H.gr.26 C	8.9	18.8	20.6	20.1	22.0
C.H.gr.35 C	8.5	20.1	21.5	22.2	22.6
75% H.R.26 C	15.6	20.1	23.1	22.2	22.0
75% H.R.35 C	15.7	19.9	21.1	22.5	22.2

Los datos son promedio de cuatro repeticiones.

* Condiciones en las que previamente se endurecieron las muestras.

CUADRO 35

INCREMENTO O DECREMENTO (MINUTOS) DEL TIEMPO DE COCCION DE
FRIJOL DE LA VARIEDAD NEGRO JAMAPA ALMACENADO EN UNA
HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 15 C DURANTE 160 DIAS.

CONDICIONES *	TIEMPO DE COCCION DESPUES DEL PERIODO DE ENDURECIMIENTO	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)			
		40	80	120	160
C.H.gr.26 C	180	-30	-60	-60	-30
C.H.gr.35 C	180	-30	-60	-30	-30
75% H.R.26 C	240	-60	-60	-60	-30
75% H.R.35 C	270	NC*	NC	NC	NC

Los datos son promedio de cuatro repeticiones.

* NC = No se cocieron después de 350 minutos.

CUADRO 36

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) E INCREMENTO (MINUTOS) DEL TIEMPO DE COCCION DE LA VARIEDAD FLOR DE MAYO ALMACENADA DURANTE 30 DIAS EN 4 CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO.

CONDICIONES *	CONTENIDO DE HUMEDAD	INCREMENTO DEL TIEMPO DE COCCION
C.H.gr.26 C	9.1	0
C.H.gr.35 C	8.6	0
75% H.R.26 C	15.7	0
75% H.R.35 C	16.7	60

Los datos son promedio de cuatro repeticiones.

* C.H.gr. = contenido de humedad del grano;

H.R. = humedad relativa.

CUADRO 37.

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE LA VARIEDAD FLOR DE MAYO ALMACENADA EN 85% DE HUMEDAD RELATIVA Y 15 C DURANTE 160 DIAS DESPUES DE SU ENDURECIMIENTO EN LAS 4 CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

CONDICIONES *	CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUES DEL PERIODO DE ENDURECIMIENTO	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)			
		40	80	120	160
C.H.gr.26 C	9.1	18.9	21.0	22.1	22.3
C.H.gr.35 C	8.6	19.1	21.7	23.1	22.2
75% H.R.26 C	15.7	20.6	22.3	22.7	22.4
75% H.R.35 C	16.7	20.7	22.1	21.4	21.6

Los datos son promedio de cuatro repeticiones.

* Condiciones en las que previamente se endurecieron las muestras.

CUADRO 38

INCREMENTO O DECREMENTO (MINUTOS) DEL TIEMPO DE COCCION DE FRIJOL DE LA VARIEDAD FLOR DE MAYO ALMACENADO EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 15 C DURANTE 160 DIAS.

CONDICIONES	TIEMPO DE COCCION DESPUES DEL PERIODO DE ENDURECIMIENTO (minutos)	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)			
		40	80	120	160
C.H.gr.26 C	150	-30	-30	-30	0
C.H.gr.35 C	150	-30	-30	-30	0
75% H.R.26 C	150	0	0	0	0
75% H.R.35 C	210	NC*	NC	NC	NC

Los datos son promedio de cuatro repeticiones.

* NC = No se cocieron después de 350 minutos.

ESTO TESTS NO SE DE
 SALUD DE LA BIBLIOTECA

CUADRO 39

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) Y TIEMPO DE COCCION (MINUTOS)
 DE LA VARIEDAD NEGRO JAMAPA ALMACENADA DURANTE 15
 DIAS EN 85% DE HUMEDAD RELATIVA Y 40 C.

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD	TIEMPO DE COCCION
NEGRO JAMAPA	19.1	270

Los datos son promedio de 4 repeticiones.

CUADRO 40

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE LA VARIEDAD NEGRO JAMAPA
 ALMACENADA DURANTE 160 DIAS EN CINCO CONDICIONES
 DESPUES DE SU ENDURECIMIENTO DURANTE 15 DIAS

CONDICIONES	40 DIAS	80 DIAS	120 DIAS	160 DIAS
1) C.H. gr. 26 C.	7.3	9.1	9.1	9.5
2) 75% H.R. 0 C.	18.6	19.4	18.2	18.9
3) 75% H.R. 15 C.	17.7	16.9	17.0	17.7
4) 85% H.R. 0 C.	23.7	23.0	25.5	28.7
5) 85% H.R. 15 C.	21.9	21.7	22.7	23.4

Los datos son promedio de cuatro repeticiones.

C.H. gr. = contenido de humedad del grano.

H.R. = humedad relativa.

CUADRO 41

INCREMENTO O DECREMENTO (MINUTOS) DEL TIEMPO DE COCCION DE
 LA VARIEDAD DE FRIJOL NEGRO JAMAPA, ALMACENADA DURANTE
 160 DIAS EN 5 CONDICIONES, DESPUES DE SU
 ENDURECIMIENTO DURANTE 15 DIAS

CONDICIONES *	DIAS DE ALMACENAMIENTO			
	40	80	120	160
C.H. gr. 26 C.	-30	NC*	NC	NC
75% H.R. 0 C.	-60	-30	-60	-60
75% H.R. 15 C.	-60	-30	-30	-30
85% H.R. 0 C.	-90	-90	-60	-60
85% H.R. 15 C.	-60	-30	-30	0

Los datos son promedio de 4 repeticiones cada uno.

C.H. gr. = contenido de humedad del grano.

H.R. = Humedad Relativa.

* NC = no se cocieron despues de 350 minutos.

DISCUSION.

Ya se ha mencionado en la literatura el efecto que tienen las condiciones de almacenamiento, humedad, temperatura y tiempo, en el proceso de endurecimiento del grano de frijol. Dicho efecto se ha determinado en variedades de frijol autóctonas del país donde se realizó la investigación y no puede ser extrapolado para variedades de frijol con origen en diferentes países, ya que el proceso de endurecimiento está determinado en gran parte por el genotipo del grano y las condiciones ambientales, incluyendo las características del suelo, de la localidad donde se produce el grano (Morris y Wood, 1954; Morris, 1943; Burr et al., 1948; Sada, 1980; Mora, 1982; Elías, 1982; Bressani, 1982). De acuerdo al presente estudio, se confirma la importancia de los factores de almacenamiento, humedad, temperatura y tiempo, en el endurecimiento del grano de frijol. La importancia del presente estudio radica en que se determinó el efecto que estas condiciones tienen en las variedades mexicanas de frijol, además se estableció cuales de ellas fueron "susceptibles" y cuales "resistentes" al endurecimiento cuando se almacenaron en diferentes condiciones de humedad, temperatura y tiempo. Consideramos, por los resultados obtenidos en este estudio, que la temperatura de almacenamiento es el factor más importante en el endurecimiento del grano de frijol, ya que por la sola acción de este parámetro el frijol se endurece, cosa que no ocurre cuando el grano de frijol se almacena con un alto contenido de humedad a menos que se le combine con temperatura.

Por otro lado Elías (1982) mencionó que en el proceso de endurecimiento hay que considerar dos aspectos distintos, uno que se refiere a los cultivares recién cosechados, donde las diferencias en el tiempo de cocción se deben probablemente a factores inherentes al grano y que a su vez son debidos a aspectos de orden genético-agronómicos y el otro aspecto es el que se relaciona al desarrollo de un proceso de endurecimiento del grano debido a condiciones inadecuadas de almacenamiento. En el primer aspecto donde se habla del endurecimiento debido a causas genético-agronómicas, Elías (en comunicación personal) expresó la falta de conocimiento sobre el comportamiento que las variedades de frijol consideradas "duras" y "blandas" cuando están recién cosechadas pudieran tener cuando se almacenan en determinadas condiciones de humedad y temperatura. A este respecto los resultados obtenidos en esta investigación son bastante claros al encontrar, en las tres condiciones de almacenamiento usadas para este fin, que sin importar la condición de dureza inicial de la variedad, esta puede comportarse como "dura" o "blanda" durante su almacenamiento. Por estos resultados podemos decir que el comportamiento, en cuanto al grado de endurecimiento, que una variedad pueda tener durante su almacenamiento no depende del grado de dureza que tenga cuando está recién cosechada sino más bien a factores inherentes al mismo grano, lo que hace que cada

variedad de frijol tenga un comportamiento particular durante su almacenamiento.

Jackson y Varriano-Marston (1981) encontraron que frijol almacenado por 7 y 14 días en 100% de humedad relativa y 41 C., requirió el mismo tiempo de cocción que frijol almacenado por un año a temperatura ambiente y con un bajo contenido de humedad. En los estudios realizados al respecto en este trabajo, encontramos una relación entre almacenar en condiciones normales y condiciones de endurecimiento acelerado, ya que las variedades de frijol que más se endurecieron en las condiciones normales, fueron las que más se endurecieron en la condición de endurecimiento acelerado, por lo que consideramos que este tipo de prueba es una buena alternativa para separar variedades "resistentes" de "susceptibles" al endurecimiento en un tiempo corto de almacenamiento.

Los resultados obtenidos en las pruebas de reversibilidad del fenómeno de endurecimiento que se llevaron a cabo en este estudio, indicaron que dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura bajo las cuales se endureció el grano de frijol, es posible tener un efecto reversible del proceso de endurecimiento y que este proceso reversible solo se da cuando se almacena el frijol en una humedad relativa alta (85%) combinada con una baja temperatura (15 C.).

En forma general podemos decir que cada variedad de frijol alcanza grados de dureza diferentes con respecto a otras variedades, cuando se almacenan bajo las mismas condiciones de humedad, temperatura y tiempo. Esta diferencia en comportamiento se observa entre variedades del mismo color. Por esta razón no podemos asegurar, por ejemplo, que las variedades de frijol negro tengan un mismo grado de endurecimiento cuando se les almacena bajo las mismas condiciones. Por otro lado el color de la variedad no es indicativo para asegurar que una variedad de frijol pueda ser más dura que otra simplemente por su color.

CONCLUSIONES.

AREA 1.

Experimento 1.

La temperatura como un factor independiente, aparentemente es el factor mas importante en el fenómeno de endurecimiento del frijol.

Una variedad puede considerarse resistente en una temperatura (15 C.) y susceptible en otra (35 C.), como es el caso de la variedad Bayo Blanco. Por lo que el comportamiento particular de una variedad esta determinado por la temperatura de almacenaje.

De las variedades de frijol utilizadas en las tres temperaturas, las variedades Pinto Nacional y Negro San Luis se consideran como las mas "resistentes" y la variedad Pastilla como la mas "susceptible" al endurecimiento; mientras que las variedades Bayo Blanco, Flor de Mayo, Ojo de Cabra y Bayo Menudo se consideran de comportamiento intermedio.

Experimento 2.

La combinación de una alta humedad relativa (85%) y una alta temperatura (35 C.) aceleran el proceso de endurecimiento del frijol.

La combinación de una alta humedad relativa (85%) y una baja temperatura (15 C.), disminuyó el grado de endurecimiento en las cuatro variedades de frijol utilizadas en este experimento.

Se considera a la variedad Bayo Blanco como la más "resistente" y a la variedad Ojo de Cabra como la mas "susceptible" al endurecimiento en las condiciones de almacenamiento de 85% de humedad relativa y temperaturas de 15, 26 y 35 C.

Experimento 3.

Las variedades de frijol alcanzaron diferentes contenidos de humedad en equilibrio, cuando se almacenaron en la humedad relativa de 75% y a 26 C., con un rango entre las siete variedades de 14.2 a 16.1%.

Las variedades Bayo Menudo y Negro San Luis fueron las más "resistentes" y la variedad Pastilla la más "susceptible" al endurecimiento en la humedad relativa de 75% y 26 C..

En general las variedades de frijol probadas en los tres experimentos tienen comportamiento diferente, con respecto a su grado de endurecimiento, si se les almacena bajo diferentes condiciones de humedad, temperatura y tiempo.

AREA 2.

Experimentos 1, 2 y 3.

El grado de dureza de una variedad de frijol cuando está recién cosechada, no indica cual vaya a ser el grado de dureza que la variedad alcance después de un determinado tiempo de almacenamiento.

AREA 3.

Experimento 1.

Las siete variedades de frijol alcanzaron diferentes contenidos de humedad en equilibrio cuando se almacenaron en la humedad relativa de 100% y a 41 C., con un rango de 16.1 a 25.1%

Las variedades Ojo de Cabra, Pastilla y Pinto Nacional se comportaron como "susceptibles" y las variedades Bayo Menudo y Negro San Luis como las "resistentes" en esta prueba de endurecimiento acelerado.

Experimento 2.

Las quince variedades de frijol alcanzaron diferentes contenidos de humedad en equilibrio en la humedad relativa de 85% y 41 C., con un rango de 16.1 a 19.0%.

Las variedades Amarillo, Michigan 78, Michigan 800 y Negro Chiapas se comportaron como "resistentes" y las variedades Bayo 400, Negro Huasteco y Negro Veracruz como "susceptibles".

El color de una variedad no indica si esta tiene por característica ser "resistente" o "susceptible" al endurecimiento.

Las pruebas de endurecimiento acelerado realizadas bajo condiciones de 85 y 100% de humedad relativa y a 41 C., son una buena alternativa para diferenciar, en un tiempo corto, variedades "resistentes" de "susceptibles" al endurecimiento.

AREA 4.

Experimento 1.

La variedad Negro Jamapa se endureció de 90 a 180 minutos, y las variedades Ojo de Cabra y Flor de Mayo se endurecieron de 120 a 210 minutos cuando se almacenaron por 40 días en una humedad relativa de 85% y 35 C..

La variedad Negro Jamapa no se endureció ni mostró disminución en su tiempo de cocción, durante los 150 días que duró almacenada en la humedad relativa de 85% y a 15 C..

Las variedades Ojo de Cabra y Flor de Mayo disminuyeron en 30 y 60 minutos respectivamente su tiempo de cocción cuando se almacenaron por 150 días en una humedad relativa de 85% y a 15 C..

Experimento 2.

La variedad Negro Jamapa incrementó en 60 minutos su tiempo de cocción después de 30 días de almacenamiento en una humedad relativa de 75% y a 26 C..

Las variedades Flor de Mayo y Negro Jamapa incrementaron en 60 y 90 minutos, respectivamente, su tiempo de cocción después de 30 días de almacenamiento en una humedad relativa de 75% y 35 C..

Las variedades de frijol Negro Jamapa y Flor de Mayo con un contenido de humedad del grano entre 8.5 y 7.1%, no aumentaron su tiempo de cocción después de 30 días de almacenamiento a 26 y 35 C..

La variedad Flor de Mayo no aumentó su tiempo de cocción después de 30 días de almacenamiento en una humedad relativa de 75% y a 26 C..

Las variedades Flor de Mayo y Negro Jamapa equilibraron su contenido de humedad entre 21.6 y 22.6%, cuando se almacenaron en una humedad relativa de 85% y a 15 C..

Las variedades Flor de Mayo y Negro Jamapa mostraron un decremento en su tiempo de cocción cuando fueron almacenaron en una humedad relativa de 85% y a 15 C..

Cuando las variedades Negro Jamapa y Flor de Mayo se endurecieron en una humedad relativa de 75% y a 35 C., no se observó ninguna disminución en su tiempo de cocción cuando se almacenaron posteriormente en una humedad relativa de 85% y a 15 C., sino que al contrario, desde los 40 días de almacenamiento ya no se cocieron.

Hay condiciones de almacenamiento como una humedad relativa de 75% y 20 C., que causan endurecimiento en grano de frijol, que al ser almacenado nuevamente en una humedad relativa de 85% y 15 C., recupera su condición inicial de endurecimiento, e incluso baja su tiempo de cocción inicial.

Hay condiciones de almacenamiento que endurecen el grano de frijol hasta un cierto grado, que puede ser revertido si el frijol se almacena en una humedad relativa alta (85%) y una baja temperatura (15 C.). Pero si el grado de dureza del grano rebasa ciertos límites, que son particulares para cada variedad, entonces la reversibilidad del endurecimiento ya no es posible en ninguna condición de almacenamiento.

Experimento 3.

La variedad Negro Jamapa incrementó su tiempo de cocción de 180 a 270 minutos después de 15 días de almacenamiento en una humedad relativa de 85% y 40 C..

Después de su endurecimiento en la humedad relativa de 85% y 40 C., la variedad Negro Jamapa mostró una disminución en su tiempo de cocción cuando se almacenó en las humedades relativas de 75 y 85% a 0 y 15 C..

LITERATURA CITADA.

- Aguilera, J.M., Hau, M.I. y Villablanca W. 1986. The effect of solar drying and heating on the hardness of Phaseolus beans during storage. J. Stored Prod. Res. 22(4):243-247.
- Bourne, M.C. 1967. Size, density and hardshell in Dry Beans. Food Technology 21:335-338.
- Bressani, R. 1982. El significado alimentario nutricional del endurecimiento del frijol. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 32(2):308-325.
- Burr, H.J., Kon, S. y Morris, H.J. 1968. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content and temperature and time of storage. Food Technology 23:336-338.
- CONASUPO. 1974. Grupo técnico de servicios a la producción y comercialización. El sorgo. Boletín del Analista. No. 18. 75 p.
- Crean, D.E. C. y Haisman, D.R. 1963. The interaction between phytic acid and divalent cations during the cooking of dried peas. J. Sci. Food Agr. 14:824-833.
- Elias, L. G. 1982. Conocimientos actuales sobre el proceso de endurecimiento del frijol. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 32(2):233-257.
- Esselen, D. y Davis, R. 1942. Dehydrated baked beans. Canner 95:18.
- Feldberg, W.G. 1956. Preparation and evaluation of precooked dehydrated bean. Food Technology 10:53.
- González, M. 1978. Estudios sobre el problema de polifenoles en extractos de Phaseolus vulgaris. INCAP. Guatemala. 88 p.
- González, M. 1982. Efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre el desarrollo de la dureza del frijol. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 32(2):258-274.
- Hincks, M.J. y Stanley, D. W. 1986. Multiple mechanism of bean hardening. J. Food. Tech. 21:731-750.
- Hincks, M.J. y Stanley, D. W. 1987. Lignification: Evidence for a role in hard-to-cook beans. J. Food Biochem 11(1):41-53.
- Jackson, G.M. y Varriano-Marston, E. 1961. Hard-to-cook phenomenon in beans: Effects of accelerated storage on water absorption and cooking time. Journal of Food Science 46:799-803.

Jamieson, M. y Jobber, P. 1974. Manejo de los alimentos. Vol.3. Prevención de pérdidas durante el almacenamiento. Edit. Pax-Mex. 397-564.

Jones, F.M.E. y Boulter, D. 1953. The cause of reduced cooking rate in *Phaseolus vulgaris* following adverse storage conditions. *Journal of Food Science* 48:623-626.

Kon, S. 1979. Effect of soaking temperature on cooking and nutritional quality of beans. *Journal of Food Science* 44:1329-1340.

Kon, S. y Sanshuck, D.W. 1981. Phytate content and its effect on cooking quality of beans. *J. Food Pres.* 5:169-173.

Kumar, K. G., Venkataraman, L. V., Jaya, T.V. y Krishnamurthy, K. S. 1973. Cooking characteristics of some germinated legumes: Changes in phytins, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ and pectins. *Journal of Food Science* 43:85-88.

Lantz, E. M. 1938. Effect of diferent methods of cooking on the vit. B content of Pinto beans. *New Mex. Agr. Exp. Sta. Bull.* 254 p.

Lebedeff, G.A. 1943. Heredity and environment in the production of hardshell seed in common beans (*Phaseolus vulgaris*). *Agr. Exp. Sta. Rio Piedras, P.R. Res. Bull.* 4.

Lolas, G. M. 1975. Phytic acid and other phosphorus compound of beans (*Phaseolus vulgaris*). *J. Agr. Food. Chem.* 23:13-15

Luse, R. 1982. Estudios realizados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) sobre el problema de endurecimiento del frijol. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 32(2):401-414.

Madrid, D.C. 1967. El problema del almacenamiento de productos agrícolas en México. Tesis Profesional. E.N.E. UNAM. 210 pp.

Molina, M.R., De la Fuente, G. y Bressani, R. 1974. Interrelaciones entre tiempo de remojo, tiempo de cocción, valor nutritivo y otras características del frijol (*Phaseolus vulgaris*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 32(2):469-480.

Molina, M.R., Baten, M.A., Gomez-Brenes, R.A., King, R.W. y Bressani, R. 1976. Heat treatment: a process to control the development of the hard-to-cook phenomenon in black beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Food Science* 41:661-666.

Molina, M.R., Trent, F. y Bressani, R. 1976. Studies on the biodeterioration of the black beans. (*Phaseolus vulgaris*) Presentado en XXXVI Annual Meeting of Institute of Food Technologists (IFT) Anaheim, California. June 6-9.

Molina, M.R., Eaton, M.A., Axtell, B. y Bressani, R. 1979. Alternativas para aumentar la disponibilidad y utilización del frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) En: Memoria de la XXV Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. (PCCMA) Vol. 3 Tegucigalpa, Honduras. Secretaría de Recursos Naturales. 12p (trabajo L-17).

Molina, M. R., Rico, M. E., Eaton, M. A. y Bressani, R. 1982. Prevención del endurecimiento del frijol y aprovechamiento del grano endurecido. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 32(2):369-400.

Mora, C. 1982. Estudios realizados por el CIGRAS sobre el endurecimiento del frijol. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 32(2):326-341.

Morris, H.J. y Wood, E.R. 1950. Processing quality of varieties and strains of dry beans. Food Technology 4:247-251.

Morris, H.J. y Wood, E.R. 1956. Influence of moisture content of keeping quality of dry beans. Food Technology 10:225-228.

Morris H.J. 1963. Cooking qualities of dry beans. Sixth Annual Dry Bean Conference. Los Angeles, C. A.

Moscoso, W. 1981. Relationships between the hard-to cook phenomenon in red kidney beans and water absorption, puncture force, pectin, phytic acid and mineral. Dissertation Abstracts International 41:4443

Moscoso, W. 1982. Efecto del almacenamiento a temperatura y humedades altas sobre algunas características físicas y químicas del frijol. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 32(2):343-368.

Moscoso, W., Bourne, M.C. y 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 49:1577.

Muller, F. 1967. Cooking quality of pulses. J. Sci. Food Agr. 18:292.

Muneta, P. 1964. The cooking time of dry beans after extended storage. *Food Technology* 18:1240-1241.

Friestley, D.A. y Leopold, A.C. 1979. Absence of lipid oxidation during accelerated aging of soybean seeds. *Plant. Physiol.* 63:726-729.

Programa Nacional Alimentario (PRONAL). 1983. Poder Ejecutivo Federal. México 270 p.

Ramírez, G.M. 1974. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. CECOSA. 2a. Ed. México. 108 p.

Rockland, L.B. y Metzler, A.E. 1967. Quick cooking Lima and other dry beans. *Food Technology* 21:344-348.

Rockland, L.B. y Jones, F.T. 1974. Scanning electron microscope studies on dry beans. Effects of cooking on the cellular structure of cotyledons in rehydrated large Lima beans. *Journal of Food Science* 39:342-346.

Rosebaum, T.M. y Baker, B.E. 1969. Constitution of leguminous seeds VII Ease of cooking field peas (*Pisum sativum* L.) in relation to phytic content and calcium diffusion. *J. Sci. Food Agr.* 20:709-712.

Rozo, C. 1982. Effect of different conditions of storage on the degree of thermal softening during cooking, cell wall components, and polyphenolic compound of red kidney beans (*Phaseolus vulgaris*). *Dissertation Abstracts International* 41(12):4732.

Sada, G. 1980. Effects of different conditions of storage on germination, texture, nutritional quality and chemical composition of light red kidney beans. (*Phaseolus vulgaris*) *Dissertation Abstracts International* 41:1300.

Sefa-Dedeh, S. y Stanley, D.W. 1979. Textural implications of the microstructure of legumes. *Food Technology* 33:77-83.

Silva, C.A.E. 1980. Soaking and thermal processing effects on black bean quality. *Dissertation Abstracts International* 41(2)509-B.

Silva, C.A.E., Bates, R.P. y Deng, J.C. 1981. Influence of soaking and cooking upon the softening and eating quality of black beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Food Science* 46:1716-1719.

Stanley, D.W. y Aguilera, J.M. 1985. A review of textural defects in cooked reconstituted legumes the influence of structure and composition. J. Food Biochem. 9:277-323.

Stanley, D.W. y Hohlberg, A.I. 1987. Hard-to-cook defect in black beans. Protein and starch considerations. J. Agric. Food. Chem. 35:571-576.

Stewart, R.R. y Bewley, J.D. 1980. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. Plant Physiol. 65:245.

United States Department of Agriculture (USDA). 1979. Grain Equipment Manual GR 916-6. Federal Grain Inspection Service, Standardization Division, Richard- Geabayer A.F.B. Kansas City, Mo.

Varriano-Marston, E. y Jackson, G.M. 1981. Hard-to-cook phenomenon in beans: Structural changes during storage and imbibition. Journal of Food Science 46:1379-1385.

Whitmore, F.W. 1978. Lignin-protein complex catalized by peroxidase. Plant Sci. Letters. 13:241-245.

Winston, P.W. y Bates, D. H. 1960. Saturated solutions for the control of humidity in biological reseach. Ecology 41:232-237.