

## EFFECTO DE LA CASCARA SOBRE EL MECANISMO DE ENDURECIMIENTO DEL FRIJOL COMUN *(Phaseolus vulgaris)<sup>1</sup>*

*Leonardo F. de León,<sup>2</sup> Ricardo Bressani<sup>3</sup> y Luiz G. Elías<sup>4</sup>*

**Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá  
(INCAP),  
Guatemala, Guatemala, C.A.**

### RESUMEN

Se utilizó frijol negro (*Phaseolus vulgaris*), de la variedad Tamazulapa para observar los cambios físicos y químicos que ocurren durante el almacenamiento del frijol con o sin cáscara, y así determinar el papel que la cáscara juega en este proceso. Se prepararon muestras de cotiledones y de frijol entero, las cuales se almacenaron durante seis semanas a 37°C y 90% de humedad relativa, al final de cuyo término la muestra de frijol entero se dividió en dos submuestras. Una de ellas quedó intacta, y la otra se decorticó manualmente. La cinética de endurecimiento para las tres muestras fue totalmente diferente y el grano con cáscara se endureció a mayor velocidad. El tiempo de cocción (TC) del frijol entero aumentó de 99 minutos a más de 480 minutos en seis semanas. El de los cotiledones aumentó de 45 a 111 minutos. En el período de las seis semanas el TC de los cotiledones almacenados como semilla entera, pero evaluados sin la cáscara, aumentó de 45 a 103

---

Manuscrito original recibido: 15-3-90.

1 Este trabajo fue financiado con fondos del Proyecto Frijol/Caupí-CRSP-Título XII.

2 Científico de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP.

3 Coordinador de Investigación de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Apartado Postal 1188, Guatemala, Guatemala, C.A.

4 Jefe de la citada División.

minutos. En el grano entero y en los cotiledones la absorción de agua disminuyó, aunque la disminución fue mucho mayor en los cotiledones, probablemente por la gran capacidad de absorción que tiene la cáscara. Como resultado del almacenamiento, la fibra neutro-detergente (FND) disminuyó, únicamente en el grano entero (de 18.07 a 14.64 mg/100 g), mientras que la fibra ácido detergente (FAD), o sea la celulosa y la lignina, no sufrieron cambios significativos. Por otro lado, los pectatos solubles disminuyeron en ambas muestras, y el contenido de taninos (como ácido tánico) se redujo significativamente en el frijol almacenado con cáscara (de 3.28 a 1.64 mg/g). Los datos obtenidos sugieren que la cáscara juega un rol significativo en el proceso de endurecimiento del frijol durante el almacenamiento.

## INTRODUCCION

Las leguminosas en general, y el frijol común en especial, son alimentos altamente consumidos por las poblaciones, principalmente en el área rural de Latino América. Ello se debe a su costo relativamente bajo, y a su gran aceptabilidad, por lo que se le denomina "la carne de los pobres" (1, 2). Este alimento es una buena fuente de proteínas, minerales y vitaminas (3). En términos generales, cerca del 30% de la proteína de la dieta de estas poblaciones proviene del frijol (3). Sin embargo, estas leguminosas son susceptibles al proceso de endurecimiento, debido principalmente a un inadecuado almacenamiento, siendo las altas temperaturas, las elevadas humedades del grano y del ambiente, y un tiempo prolongado de almacenamiento, los factores más determinantes (4).

A pesar de conocerse muy bien los factores que propician el endurecimiento, se sabe muy poco acerca del mecanismo por el cual esto ocurre. En general, existen varias hipótesis que tratan de explicar el mecanismo, pero no existe consenso entre los investigadores (2, 4-6).

El proceso de endurecimiento es complejo y, en todo caso, es lícito suponer que está involucrado más de un tipo de tejido de la semilla, y que está ocurriendo más de una reacción bioquímica.

La cáscara también puede ser uno de los factores causales de este endurecimiento. Por esta razón, se llevó a cabo el presente trabajo, con miras a determinar el papel que juega la cáscara en el mecanismo de endurecimiento del frijol, y establecer asimismo, los cambios físicos y químicos ocurridos tanto en el frijol con cáscara, como en el cotiledón y en la cáscara propiamente dicha, durante el almacenamiento.

## MATERIAL Y METODOS

### *Material*

Para la realización del presente trabajo se utilizó frijol común (*Phaseolus vulgaris*) variedad Tamazulapa, cosecha 1987, el que se

mantuvo en un cuarto frío a una temperatura de 4°C hasta el momento de su uso.

## Métodos

### 1. *Eliminación de la Cáscara del Frijol*

La cáscara del frijol se eliminó manualmente con el objeto de no desgastar el grano de frijol, al igual que para no separar los dos cotiledones del mismo; de esta forma se prepararon muestras de cotiledones y de frijol entero.

### 2. *Almacenamiento de las Muestras*

Tanto el frijol con cáscara como el frijol descascarado (sólo cotiledón de frijol) fueron empacados en bolsas de polietileno y almacenados en desecadoras con una humedad relativa de 90%. Las desecadoras se colocaron en un cuarto a temperatura controlada, a 41°C, para mantener la temperatura constante en un valor de 37°C dentro de la desecadora. Las muestras permanecieron en estas condiciones por un período de seis semanas, después del cual el frijol entero se dividió en dos submuestras. Una de ellas quedó intacta y la otra se decorticó manualmente. Posteriormente, las muestras fueron almacenadas en cuarto frío a 4°C hasta el momento de ser analizadas.

### 3. *Análisis Físico y Químico*

**Análisis físicos** — Se determinó el tiempo de cocción utilizando el cocinador Mattson modificado (2). La dureza del frijol fue medida mediante el Ottawa Texture Measuring System (OTMS) como fuerza de corte, y la absorción de agua se midió después de poner el frijol en remojo en agua durante cuatro horas (7).

**Análisis químicos** — Se determinaron los componentes de la fibra dietética siguiendo el método propuesto por Goering y Van Soest (8). Los polifenoles fueron determinados como ácido tánico (9) y los pectatos solubles e insolubles mediante el método recomendado por Dietz y Rouse (citado por Kon (10)). El contenido de ácido fítico fue establecido por el método de Wheeler y Ferrel (11) y el de almidón mediante el método de Holm *et al.* (12). Se determinó sodio (Na) y potasio (K) mediante absorción atómica, y las soluciones de cenizas fueron preparadas siguiendo el procedimiento de la AOAC (13).

### 4. *Análisis Estadístico*

Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente por análisis de varianza y pruebas de Tukey (14).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se muestra el efecto del almacenamiento del frijol bajo condiciones drásticas de temperatura y humedad relativa, sobre su tiempo de cocción. Lo primero que se aprecia en esta Tabla es el efecto que la cáscara ejerce sobre el tiempo de cocción del frijol. Esto significa que en el caso del frijol fresco, la cáscara contribuye con cerca del 55% del tiempo de cocción del frijol. Por otro lado, en el caso del frijol almacenado, la cáscara contribuye con más de 75% del tiempo de cocción del frijol. Este hecho revela dos fenómenos: 1) La cáscara es la primera barrera para la cocción del frijol, y es factor responsable en gran medida de la dureza o del largo tiempo de cocción del frijol, y 2) En la cáscara ocurren reacciones enzimáticas y/o químicas que hacen que ésta se haga más resistente o más dura y afecte en mayor grado el tiempo de cocción y la dureza del frijol (Tabla 2). Esto puede comprobarse al analizar el incremento en el tiempo de cocción del cotiledón (aumentó de 45 a 111 minutos), y el tiempo de cocción del grano entero (aumentó de 99 a más de 480 minutos). Jackson y Varriano-Marston (2) notificaron resultados similares a este respecto.

**TABLA 1**

**TIEMPO DE COCCION (MINUTOS) DE FRIJOL FRESCO  
Y ENDURECIDO COCINADO EN EL MATTSON**

<b>Tipo de frijol</b>	<b>Tiempo de almacenamiento (semanas)</b>	
	<b>0</b>	<b>6</b>
Con cáscara	<b>99 ± 1<sup>c</sup></b>	<b>&gt; 480 -</b>
Sin cáscara (sólo cotiledón)	<b>45 ± 3<sup>d</sup></b>	<b>111 ± 1<sup>b</sup></b>
Sin cáscara <sup>1</sup> (sólo cotiledón)	<b>45 ± 3<sup>d</sup></b>	<b>103 ± 0<sup>d</sup></b>

<sup>1</sup> Frijol almacenado con cáscara y descascarado para análisis. Las letras diferentes denotan diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ).

Otros datos importantes de subrayar en la Tabla 1 son que el tiempo de cocción del frijol cuando fue almacenado como grano entero y descascarado para análisis, fue menor que el correspondiente al cotiledón almacenado, y esta diferencia fue estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ). Ello indica que el cotiledón dentro de la cáscara del frijol se endurece a menor velocidad y que la cáscara es la que sufre mayor endurecimiento, hecho que sustenta lo comentado anteriormente. En la Tabla 2 se exponen y confirman estos

resultados, expresados como dureza (fuerza de corte) determinada en el OTMS.

TABLA 2

**DUREZA (N)<sup>1</sup> DE FRIJOL FRESCO Y ENDURECIDO,  
DETERMINADA EN EL OTTAWA TEXTURE MEASURING  
SYSTEM (OTMS)**

<b>Tipo de frijol</b>	<b>Tiempo de almacenamiento (semanas)</b>	
	<b>0</b>	<b>6</b>
<b>Con cáscara</b>	<b><math>82.94 \pm 26.30^a</math></b>	<b><math>89.81 \pm 11.54^a</math></b>
<b>Sin cáscara (sólo cotiledón)</b>	<b><math>54.82 \pm 12.40^a</math></b>	<b><math>80.05 \pm 17.87^a</math></b>
<b>Sin cáscara<sup>2</sup> (sólo cotiledón)</b>	<b><math>54.82 \pm 12.40^a</math></b>	<b><math>61.16 \pm 9.05^a</math></b>

1 Expressada como fuerza de corte.

2 Frijol almacenado con cáscara y descascarado para análisis.

a Las letras diferentes denotan diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ).

Es importante también señalar que las cinéticas de endurecimiento del frijol entero y de los cotiledones fueron totalmente diferentes (Figuras 1 y 2), ya que el frijol entero mostró mayor velocidad de endurecimiento comparado con la velocidad de endurecimiento de los cotiledones, lo cual se explica en base al endurecimiento de la cáscara. Esto permite inferir que en el frijol pueden estar ocurriendo dos tipos de endurecimiento, uno a nivel de la cáscara, el que posiblemente es el más significativo, y el otro a nivel del cotiledón. Esto confirma lo informado por algunos autores (15, 16) quienes han indicado la existencia de dos tipos de "hard shell": uno, relacionado a la impermeabilidad de la cáscara, y el segundo, relacionado con la impermeabilidad del cotiledón.

Los resultados de absorción de agua del frijol, expresados en base seca se aprecian en la Tabla 3. Es importante resaltar que la capacidad de absorción de agua, tanto en el frijol entero, como en el cotiledón, disminuyó como resultado del almacenamiento; sin embargo, la disminución fue mucho mayor en el cotiledón. Esto puede deberse a la alta capacidad de absorción que tiene la cáscara, lo cual se muestra también en esta Tabla. Es interesante observar también que el cotiledón del frijol que fue almacenado con cáscara y descascarado para análisis, presentó una mayor absorción de agua comparado al cotiledón endurecido. Esto muestra que la cáscara aunque es

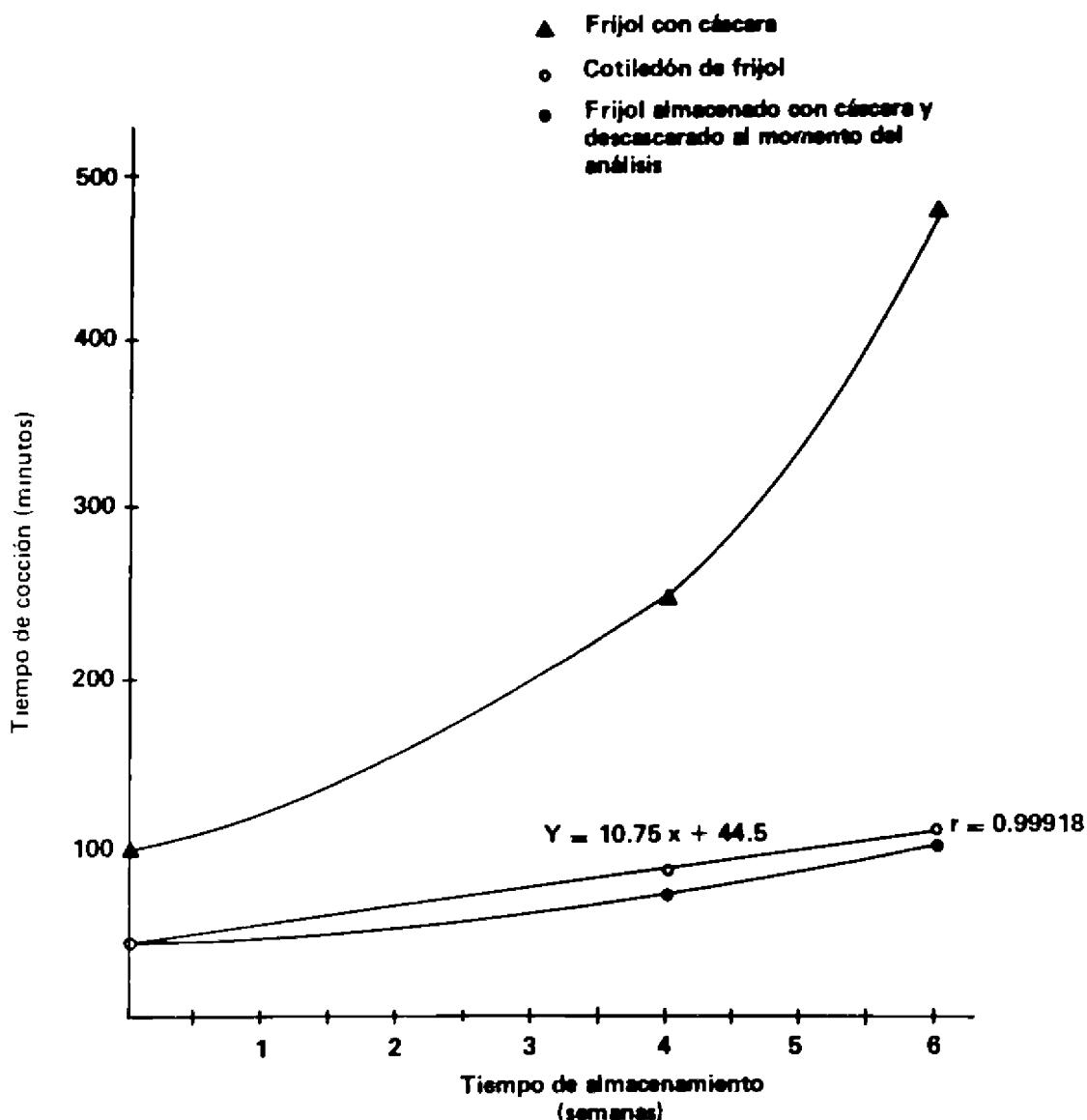


FIGURA 1

**Cinética de endurecimiento del frijol común, con y sin cáscara, almacenados a 37°C y 90% de humedad relativa**

la mayor responsable por el largo tiempo de cocción del frijol, sirve como barrera protectora contra el endurecimiento del cotiledón.

Todo lo expuesto ilustra claramente una buena relación entre absorción de agua y dureza o tiempo de cocción del frijol, lo que permite inferir que la pérdida de la capacidad de absorción de agua está muy ligada al problema de endurecimiento del frijol, en concordancia con los resultados informados por Elías (4), Jones y Boulter (17) y por Jackson y Varriano-Marston (2).

Finalmente, en la misma Tabla 3 se muestra la pérdida de la capacidad de absorción de agua de la cáscara del frijol debido al saneamiento, es decir, que la cáscara del frijol endurecido absorbe menos agua en comparación con la cáscara del frijol fresco. Este fenómeno puede deberse a reacciones químicas o enzimáticas que ocurren a nivel de la cáscara y que la vuelven elástica o impermeable al agua.

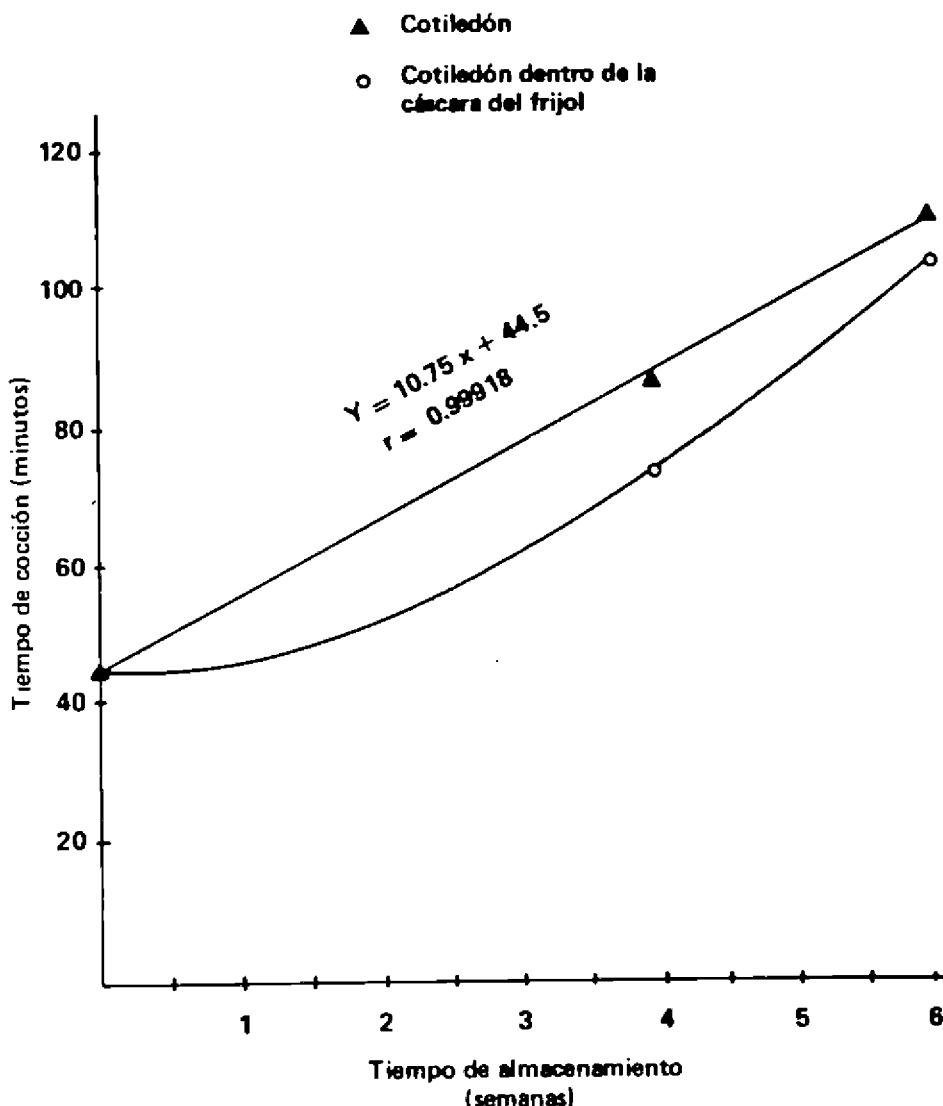


FIGURA 2

**Cinética de endurecimiento del cotiledón de frijol, almacenado a 37°C y 90% de humedad relativa**

Con miras a determinar qué compuestos del frijol están involucradas en el mecanismo de endurecimiento, y establecer también cómo estos cambios ocurren en las diferentes partes del grano, se analizaron, en primer lugar, los componentes de la fibra dietética. Los resultados obtenidos se informan en la Tabla 4. El componente de la fibra mayormente modificado fue el de la fibra neutro-detergente (FND), la que disminuyó en el grano de frijol entero como resultado del almacenamiento. Sin embargo, este componente de la fibra no fue grandemente modificado en el cotiledón, aunque acusó cierta tendencia a disminuir como resultado del almacenamiento. Por otra parte, en la cáscara hubo una disminución significativa de la FND causada por el almacenamiento, lo que puede indicar que los mayores cambios estructurales ocurrieron a nivel de la cáscara.

En términos generales, los otros componentes de la fibra dietética (fibra ácido-detergente, lignina y celulosa), no sufrieron modificaciones durante el almacenamiento, aun cuando la fibra ácido-deter-

TABLA 3

**% DE ABSORCION DE AGUA (BASE SECA) EN FRIJOL  
COMUN SOMETIDO A ALMACENAMIENTO ACELERADO**

Tipo de frijol	Tiempo de almacenamiento (semanas)	
	0	6
Con cáscara	110.0 ± 0.7 <sup>b</sup>	104.0 ± 2.1 <sup>c</sup>
Sin cáscara (sólo cotiledón)	108.9 ± 1.0 <sup>b</sup>	68.8 ± 1.1 <sup>c</sup>
Sin cáscara <sup>1</sup> (sólo cotiledón)	108.9 ± 1.0 <sup>b</sup>	83.9 ± 2.3 <sup>d</sup>
Cáscara de frijol	430.0 ± 43.3 <sup>a</sup>	371.9 ± 39.2 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Frijol almacenado con cáscara y descascarado para análisis. Las letras diferentes denotan diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ).

gente (FAD) sí aumentó levemente en el grano entero, en el cotiledón y en la cáscara.

Al parecer, estos resultados indican que la fibra dietética y sus componentes pueden estar jugando un papel importante en el endurecimiento del frijol, ya que posiblemente algunos de estos componentes, por ejemplo la fibra neutro-detergente, pueden estar reaccionando con otros compuestos del frijol. No obstante, todavía se están llevando a cabo estudios confirmatorios al respecto.

Por otro lado, en la Tabla 5 se presenta el contenido de taninos (expresado como ácido tánico) en el frijol fresco y en el frijol almacenado. Según se observa, los taninos disminuyeron significativamente ( $P < 0.05$ ) como resultado del almacenamiento, y esta disminución ocurrió principalmente en la cáscara, que es la parte anatómica donde están concentrados. Ello muestra claramente que existe una relación entre los taninos y la dureza del frijol, ya que los taninos pueden reaccionar con algunos componentes del frijol, tales como proteínas y carbohidratos. Por otro lado, pueden dar lugar a polimerización (16), lo que está relacionado con la dureza del frijol. Resultados similares han sido notificados por González de Mejía (5), quien mostró que existen correlaciones negativas durante el almacenamiento entre tiempo de cocción y contenido de taninos, ya que durante el almacenamiento los taninos pueden migrar hacia el interior del grano, oxidarse, y así intervenir en el proceso de endurecimiento. La migración de los taninos hacia el grano pudo determinarse en el presente estudio, ya que los cotiledones almacenados como grano entero, acusaron un mayor contenido de taninos, comparado con el que contenían los cotiledones frescos.

**TABLA 4****CAMBIOS EN LA COMPOSICION DE LA FIBRA DIETETICA  
COMO RESULTADO DEL ALMACENAMIENTO DEL FRIJOL**

<b>Tipo de frijol</b>	<b>Componente de la fibra dietética (mg/100 g de muestra seca)</b>			
	<b>Fibra neutro detergente</b>	<b>Fibra ácido detergente</b>	<b>Lignina</b>	<b>Celulosa</b>
<b>Cotiledón fresco</b>	<b>28.28<sup>a</sup></b>	<b>8.66</b>	<b>2.97</b>	<b>5.93</b>
<b>Cotiledón endurecido</b>	<b>27.88<sup>a</sup></b>	<b>8.93</b>	<b>2.76</b>	<b>6.31</b>
<b>Cotiledón endurecido<sup>1</sup></b>	<b>18.58<sup>b</sup></b>	<b>2.88</b>	<b>0.98</b>	<b>2.53</b>
<b>Frijol con cáscara fresco</b>	<b>18.07<sup>a</sup></b>	<b>2.97</b>	<b>0.85</b>	<b>2.48</b>
<b>Frijol con cáscara endurecido</b>	<b>14.64<sup>b</sup></b>	<b>3.66</b>	<b>1.09</b>	<b>2.68</b>
<b>Cáscara de frijol fresca</b>	<b>60.13<sup>a</sup></b>	<b>53.23</b>	<b>16.47</b>	<b>37.77</b>
<b>Cáscara de frijol endurecido</b>	<b>58.07<sup>a</sup></b>	<b>53.47</b>	<b>17.23</b>	<b>37.28</b>

<sup>1</sup> Frijol almacenado con cáscara y descascarado para análisis.

Las letras diferentes denotan diferencias estadísticamente significativas (P &lt; 0.05).

**TABLA 5****TANINOS (COMO ACIDO TANICO EN mg/g DE MATERIA SECA)  
EN FRIJOL COMUN ANTES Y DESPUES  
DEL ALMACENAMIENTO ACELERADO**

<b>Tipo de frijol</b>	<b>Tiempo de almacenamiento (semanas)</b>	
	<b>0</b>	<b>6</b>
<b>Con cáscara</b>	<b>3.28 ± 0.23<sup>a</sup></b>	<b>1.64 ± 0.06<sup>a</sup></b>
<b>Sin cáscara (sólo cotiledón)</b>	<b>1.03 ± 0.23<sup>b</sup></b>	<b>2.22 ± 0.13<sup>d</sup></b>
<b>Sin cáscara<sup>1</sup></b>	<b>1.03 ± 0.23<sup>b</sup></b>	<b>1.40 ± 0.00<sup>c</sup></b>
<b>Cáscara de frijol</b>	<b>19.48 ± 0.67<sup>a</sup></b>	<b>10.28 ± 0.27<sup>b</sup></b>

<sup>1</sup> Frijol almacenado con cáscara y descascarado para análisis.

Las letras diferentes denotan diferencias estadísticamente significativas (P &lt; 0.05)

También es importante indicar que los cotiledones almacenados presentaron un contenido de taninos mucho mayor que los cotiledones frescos, lo que por ahora no podemos explicar, ya que aparentemente existen precursores que se están formando durante este tiempo y en estas condiciones de almacenamiento.

Los cambios que ocurrieron en el contenido de pectatos en el frijol se exponen en la Tabla 6. Los resultados indican que en el caso del grano entero y de los cotiledones, los pectatos solubles en agua disminuyeron, siendo esta disminución mayor y significativa ( $P < 0.05$ ) en el caso de los cotiledones. En cuanto a la cáscara, los pectatos solubles en agua aumentaron, aunque este incremento no fue estadísticamente significativo. Por otra parte, los pectatos insolubles (solubles en EDTA y en NaDH) aumentaron en el grano entero, en el cotiledón y en la cáscara como resultado del almacenamiento, siendo este aumento más notorio en el grano entero y en la cáscara. Estos resultados confirman la teoría de que, cambios en las substancias pécticas son los factores responsables de los cambios en las propiedades de cocción de los frijoles (10, 18, 19). Además, Mattson *et al.* (citados en 6) sugieren que la suavidad del frijol durante la cocción depende de la formación de pectinas (pectatos) solubles en agua debido a un intercambio de cationes divalentes (Ca y Mg) con iones monovalentes entre substancias pécticas y fitatos. Consecuentemente, se forman fitatos insolubles de calcio (Ca) y magnesio (Mg) y pectatos de sodio (Na) y potasio (K), en la lamela media, causando la fácil separación entre las células y la suavidad de los frijoles cocidos. El caso contrario ocurre como resultado del almacenamiento, es decir, se suscita una formación de pectatos de Ca y Mg insolubles.

El contenido de ácido fítico en el frijol (Tabla 7) disminuyó en el grano entero y en la cáscara, mientras que en el cotiledón aumentó significativamente ( $P < 0.05$ ) como resultado del almacenamiento. Algunos autores (10, 18, 19) han encontrado una relación directa entre el contenido de ácido fítico y el tiempo de cocción, principalmente en lenteja, y han informado una disminución de ácido fítico como resultado del almacenamiento. Esto está fundamentado básicamente en el intercambio iónico que ocurre entre los pectatos y los fitatos.

Por otra parte, el contenido de almidón en el frijol no cambió durante el almacenamiento (Tabla 8), lo que indica que este componente del frijol no está relacionado con el problema del endurecimiento. No obstante, se podría pensar que no hay cambios en el contenido total, pero sí en la forma de este almidón y en algunas de sus propiedades como resultado del almacenamiento, y da origen o contribuye en algunas reacciones responsables del endurecimiento.

Finalmente, en la Tabla 9 se expone el efecto del almacenamiento y el papel que la cáscara desempeña en el contenido de sodio y potasio del frijol. Es importante destacar que el contenido de Na disminuyó significativamente ( $P < 0.05$ ) en la cáscara durante el almacenamiento. Este hallazgo confirma estudios previos realizados por De León (20) en el sentido de que dicho mineral puede estar jugando un rol importante en el fenómeno de endurecimiento del frijol.

## TABLA 6

**CONTENIDO DE PECTATOS (g/100 g MUESTRA SECA)  
EN FRIJOL COMUN ANTES Y DESPUES DEL  
ALMACENAMIENTO ACELERADO**

Tipo de frijol		Pectatos solubles en		
		Agua	EDTA	NaOH
Con cáscara	fresco	<b>1.33 ± 0.18<sup>b</sup></b>	<b>0.12 ± 0.02<sup>f</sup></b>	<b>1.80 ± 0.01<sup>l,j</sup></b>
	endurecido	<b>0.97 ± 0.01<sup>b</sup></b>	<b>1.47 ± 0.01<sup>c</sup></b>	<b>2.45 ± 0.15<sup>h,i</sup></b>
Sin cáscara (sólo cotiledón)	fresco	<b>2.44 ± 0.16<sup>a</sup></b>	<b>0.15 ± 0.06<sup>f</sup></b>	<b>1.36 ± 0.32<sup>j</sup></b>
	endurecido	<b>1.16 ± 0.08<sup>b</sup></b>	<b>0.23 ± 0.03<sup>f</sup></b>	<b>1.02 ± 0.22<sup>i</sup></b>
Sin cáscara <sup>1</sup>	fresco	<b>2.44 ± 0.16<sup>a</sup></b>	<b>0.15 ± 0.06<sup>f</sup></b>	<b>1.36 ± 0.32<sup>j</sup></b>
	endurecido	<b>1.31 ± 0.02<sup>b</sup></b>	<b>0.05 ± 0.01<sup>f</sup></b>	<b>1.36 ± 0.71<sup>f</sup></b>
Cáscara de frijol	fresco	<b>1.04 ± 0.02<sup>b</sup></b>	<b>0.41 ± 0.03<sup>e</sup></b>	<b>4.21 ± 0.23<sup>e</sup></b>
	endurecido	<b>1.78 ± 0.01<sup>b</sup></b>	<b>0.48 ± 0.01<sup>d</sup></b>	<b>3.53 ± 0.14<sup>a,h</sup></b>

1 Frijol almacenado con cáscara y descascarado para análisis.  
Las letras diferentes denotan diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ).

Con base en los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

1. Existen dos tipos de endurecimiento en el frijol durante el almacenamiento: uno a nivel de la cáscara, y otro a nivel del cotiledón, siendo el endurecimiento de la cáscara el de mayor significancia.
2. Los compuestos químicos mayormente relacionados con el endurecimiento del frijol son los taninos, los pectatos, la fibra neutro-detergente y el sodio, y muchos de los cambios en estos componentes ocurren a nivel de la cáscara.
3. La cáscara juega un papel importante en el endurecimiento del frijol, por lo que esto debe tenerse en cuenta al realizar los diferentes ensayos físicos y químicos, principalmente los relacionados con la determinación del tiempo de cocción y dureza del grano.

TABLA 7

**CONTENIDO DE ACIDO FITICO (g/100 g MUESTRA SECA)  
EN FRIJOL COMUN, ANTES Y DESPUES  
DE ALMACENAMIENTO ACELERADO**

<b>Tipo de frijol</b>	<b>Tiempo de almacenamiento (semanas)</b>	
	<b>0</b>	<b>6</b>
Con cáscara	<b>1134.81 ± 16.08<sup>a</sup></b>	<b>1046.95 ± 8.37<sup>a</sup></b>
Sin cáscara (sólo cotiledón)	<b>1195.26 ± 54.20<sup>a</sup></b>	<b>1719.29 ± 4.92<sup>b</sup></b>
Sin cáscara <sup>1</sup> (sólo cotiledón)	<b>1195.26 ± 54.20<sup>a</sup></b>	<b>1196.97 ± 12.16<sup>a</sup></b>
Cáscara de frijol	<b>96.27 ± 9.50<sup>a</sup></b>	<b>89.50 ± 5.77<sup>a</sup></b>

**1 Frijol almacenado con cáscara y descascarado para análisis.  
Las letras diferentes denotan diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ).**

TABLA 8

**CONTENIDO DE ALMIDON (g/100 g MUESTRA SECA)  
EN FRIJOL COMUN, ANTES Y DESPUES  
DEL ALMACENAMIENTO ACELERADO**

<b>Tipo de frijol</b>	<b>Tiempo de almacenamiento (semanas)</b>	
	<b>0</b>	<b>6</b>
Con cáscara	<b>38.03 ± 4.69<sup>a</sup></b>	<b>33.92 ± 0.69<sup>a</sup></b>
Sin cáscara (sólo cotiledón)	<b>34.82 ± 0.00<sup>a</sup></b>	<b>39.56 ± 0.29<sup>a</sup></b>
Sin cáscara <sup>1</sup> (sólo cotiledón)	<b>34.82 ± 0.00<sup>a</sup></b>	<b>34.89 ± 4.36<sup>a</sup></b>
Cáscara de frijol	<b>2.49 ± 0.15<sup>a</sup></b>	<b>2.04 ± 1.51<sup>b</sup></b>

**1 Frijol almacenado con cáscara y descascarado para análisis.  
Las letras diferentes denotan diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ).**

TABLA 9

**CONTENIDO DE SODIO Y POTASIO (mg/100 g MUESTRA SECA) EN  
FRIJOL COMUN ANTES Y DESPUES  
DEL ALMACENAMIENTO ACELERADO**

Tipo de frijol	Tiempo de almacenamiento (semanas)			
	0	6	Na	K
Con cáscara	69.70 ± 2.36 <sup>b</sup>	1525.00 ± 24.00 <sup>a</sup>	69.14 ± 6.12 <sup>b</sup>	1610.00 ± 28.00 <sup>a,b</sup>
Sin cáscara (sólo cotiledón)	73.53 ± 8.75 <sup>b</sup>	1636.00 ± 21.00 <sup>a</sup>	68.78 ± 0.31 <sup>b</sup>	1719.00 ± 5.00 <sup>a</sup>
Sin cáscara <sup>1</sup> (sólo cotiledón)	73.53 ± 8.75 <sup>b</sup>	1636.00 ± 21.00 <sup>a</sup>	67.63 ± 6.38 <sup>b</sup>	1827.00 ± 133.00 <sup>a</sup>
Cáscara de frijol	107.13 ± 0.09 <sup>a</sup>	761.00 ± 1.00 <sup>a</sup>	73.48 ± 9.93 <sup>b</sup>	831.51 ± 29.00 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Frijol almacenado con cáscara y descascarado para análisis.

Las letras diferentes denotan diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ).

### SUMMARY

#### EFFECT OF SEED COAT ON THE HARD-TO-COOK PHENOMENON OF COMMON BEANS (*Phaseolus vulgaris*)

Samples of cotyledons and whole black beans (*Phaseolus vulgaris*), Tamazulapa variety were stored during six weeks at 37°C and 90% relative humidity to establish chemical and physical changes which occur during storage, and to determine the role played by the seed coat in the hard-to-cook phenomenon. After the storage period, samples of whole beans were divided in two subsamples, with and without the seed coat. These two samples and the cotyledons were analyzed for cooking time, water absorption, dietary fiber, tannic acid, soluble pectins and phytic acid. Cooking time of the whole beans increased from 99 to more than 480 minutes in the six-weeks period; for the cotyledons this value increased from 45 to 111 minutes. Cooking time of the dehulled bean, stored as whole bean, increased from 45 to 111 minutes. Cooking time of the dehulled bean, stored as whole bean, increased from 45 to 103 minutes. Water absorption in the whole beans and the cotyledons decreased, although in the cotyledons it was higher, due perhaps to the great absorption capacity of the seed coat. No changes were observed in the dietary fiber content of the cotyledons nor in the beans dehulled after storage. However, in the whole grains neutro-detergent fiber decreased, while acid detergent fiber, cellulose and lignin did not present significant changes. On the other hand, soluble pectates decreased in the whole bean and in the cotyledons; nevertheless the tannin content (as tannic acid) decreased only in the whole beans (from 3.28 to 1.84 mg/g). The data obtained suggest that the seed coat plays a significant role in the hard-to-cook process of hardening of the bean, before and during storage.

## BIBLIOGRAFIA

1. Aguilera, J.M. & D.W. Stanley. A review of textural defects in cooked reconstituted legumes. The influence of storage and processing. *J. Food Processing Preservation*, 9: 145-169, 1985.
2. Jackson, M.E. & E. Varriano-Marston. Hard-to-cook phenomenon in beans: Effects of accelerated storage on water absorption and cooking time. *J. Food Sci.*, 46: 799-803, 1981.
3. Bressani, R. & L.G. Elías. Legume foods. In: *New Protein Foods. Technology*. Vol. 1, A.M. Altschul (Ed.) New York., N. Y., Academic Press, 1974, p. 230-237.
4. Elías, L.G. Conocimientos actuales sobre el proceso de endurecimiento del frijol. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 32(2): 233-257, 1982.
5. González de Mejía, E. Efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre el desarrollo de la dureza del frijol. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 32(2): 258-274, 1982.
6. Moscoso, W. Efecto del almacenamiento a alta temperatura y alta humedad sobre algunas características físicas y químicas del frijol. Presentado en: XXVII Reunión Anual del PCCMCA, Santo Domingo, República Dominicana, 23-27 marzo de 1981.
7. Elías, L.G., A. García-Soto & R. Bressani. *Métodos para Establecer la Calidad Tecnológica y Nutricional del Frijol (*Phaseolus vulgaris*) Producción, Análisis de Calidad, Consumo*. Guatemala, INCAP, 1986, 41 p.
8. Goering, H.K. & P.J. Van Soest. Forage fiber analysis. *Agriculture Handbook No. 379*. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1970.
9. Burns, R.E. Method of tannin analysis for forage crop evaluation. *Tech. Bull.*, 5(32), 1969, 14 p.
10. Kon, S. Pectic substances of dry beans and their possible correlation with cooking time. *J. Food Sci.*, 33: 437-438, 1968.
11. Wheeler, E.L. & R.E. Ferrel. A method for phytic acid determination in wheat and wheat fractions. *Cereal Chem.*, 48(4): 312-320, 1971.
12. Holm et al, *Starch*, 36(7): 224-226, 1986.
13. Association of Official Agricultural Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. Washington, D.C., The Association, 1975.
14. Cochran, W.G. & G.M. Cox. *Diseños Experimentales*. México, Editorial Trillas, 1978, 661 p.
15. García-Vela, L.A. & D.W. Stanley. Protein denaturation and starch gelatinization in hard-to-cook beans. *J. Food Sci.*, 54(5): 1284-1292, 1989.
16. Hincks, M.J. & D.W. Stanley. Lignification: Evidence for a role in hard-to-cook beans. *J. Food Biochem.*, 11: 41-58, 1987.
17. Jones, P.M.B. & D. Boulter. The cause of reduced cooking rate in *Phaseolus vulgaris* following adverse storage conditions, *J. Food Sci.*, 48: 623-649, 1983.
18. Moscoso, W., M.C. Bourne & L.F. Hood. Relationships between the hard-to-cook phenomenon in red kidney bean and water absorption, puncture force, pectin, phytic acid, and minerals. *J. Food Sci.*, 49: 1557-1583, 1984.
19. Rockland, L.B. & F.T. Jones. Scanning electron microscope studies on dry beans: Effects of cooking on the cellular structure of cotyledons in rehydrated large lima beans. *J. Food Sci.*, 39: 342-346, 1974.
20. De León, L.F. Soluciones Salinas: Una Tecnología Económica para la Utilización del Frijol Común (*P. Vulgaris*) Endurecido. Tesis (Magister Scientiae), en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Química y Farmacia, CESNA/INCAP. Guatemala, 1987, 93 p.