

Cuadro 5. Contenido de Fibra Diética y Digestibilidad de Nitrógeno de Alimentos Consumidos en Centroamérica g/100 g.

	%FI	%FS BS	%FDT BF	D	In V%
Papa cruda con cáscara (<i>Solanum tuberosum</i>)	6.52	1.22	7.74	1.63	70.6
Papa cruda sin cáscara	5.56	2.44	11.49	2.86	75.2
Papa cocida con cáscara	9.05	1.68	7.24	1.71	79.9
Papa cocida sin cáscara	7.13	2.29	9.42	2.07	82.5
Yuca cruda (<i>Manihot esculenta</i> var. crantz)	6.52	0.15	6.67	1.79	---
Yuca cocida	8.82	2.16	10.98	2.11	---
Plátano crudo (<i>Musa paradisiaca</i>)	6.11	1.89	7.99	1.74	---
Plátano cocido	6.12	2.51	8.63	1.31	---
Plátano frito	6.55	2.28	8.83	2.05	---

EFFECTO DE LA CASCARA SOBRE EL MECANISMO DE ENDURECIMIENTO
DEL FRIJOL COMUN (*Phaseolus vulgaris*)

L.F. de León*, R. Bressani y L.G. Elías

INTRODUCCION

El presente trabajo fue realizado con el objeto de determinar el papel que juega la cáscara sobre el mecanismo de endurecimiento del frijol y establecer 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. Con esto se pretende contribuir a aclarar el problema de endurecimiento del frijol, para posteriormente buscar mecanismos para tratar de resolver dicho problema.

MATERIALES Y METODOS

Materiales

* Científico, División Ciencias Agrícolas y de Alimentos, INCAP, Apartado Postal 1188, Guatemala, Guatemala, C.A.

Para la realización del presente trabajo se utilizó frijol común (*Phaseolus vulgaris*) variedad Tamazulapa cosecha 1987, manteniendo en 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 fue eliminado manualmente con el objeto de no desgastar el grano de frijol, al igual que para no separar los dos cotiledones del mismo.

2) Almacenamiento de las muestras.

Tanto frijol con cáscara como frijol descascarado (sólo cotiledón de frijol) fueron empacadas en bolsas de polietileno y almacenados en desecadoras con una humedad relativa de 90%. Las desecadoras fueron puestas en cuarto de temperatura controlada, la cual estuvo a 41°C para mantener la temperatura dentro de la desecadora constante en un valor de 37°C las muestras permanecieron en estas condiciones por un tiempo de 6 semanas, después del cual fueron sacadas, analizadas y conservadas en cuarto frío a 4°C.

3) Análisis Físicos y Químicos

a) Análisis Físicos: Se determinó el tiempo de cocción utilizando el Cocinador Mattson, la dureza del frijol mediante el Ottawa Texture Measuring y la absorción de agua medida después de poner en remojo el frijol en agua durante 4 horas.

b) Análisis químicos: Se determinaron los componentes de la fibra dietética siguiendo el método propuesto por Goering and Van Soest (4). Los polifenoles fueron determinados como ácido tánico y los pectatos solubles e insolubles: mediante el método recomendado por Dietz y Rouse (citado por Kon (2)). Se determinó Na, Ca, Mg y K mediante absorción atómica, las soluciones de cenizas fueron preparadas siguiendo el método de la AOAC (1).

RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 1 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 de este cuadro es el efecto que tiene la cáscara sobre el tiempo de cocción del frijol. Esto significa que para el caso de este tipo de frijol fresco, la cáscara contribuye con cerca del 55% del tiempo de cocción del frijol, lo que indica que la cáscara es la primera barrera para la cocción del frijol y es responsable en gran medida por la dureza o el largo tiempo de cocción del frijol.

Por otro lado, en este Cuadro 1, se puede ver que el frijol con cáscara tiene un comportamiento muy diferente al comportamiento del cotiledón, es decir, que el frijol con cáscara tiene una velocidad de endurecimiento mayor comparada a la velocidad de endurecimiento del

cotiledón, igualmente el cotiledón del frijol almacenado con cáscara y descascarado para análisis se endureció menos que el cotiledón solo, esto puede ser apreciado más fácilmente en la Figura 1, en la cual se muestra la cinética de endurecimiento del frijol con y sin cáscara. Lo anterior muestra el papel que juega la cáscara en el mecanismo de endurecimiento del frijol.

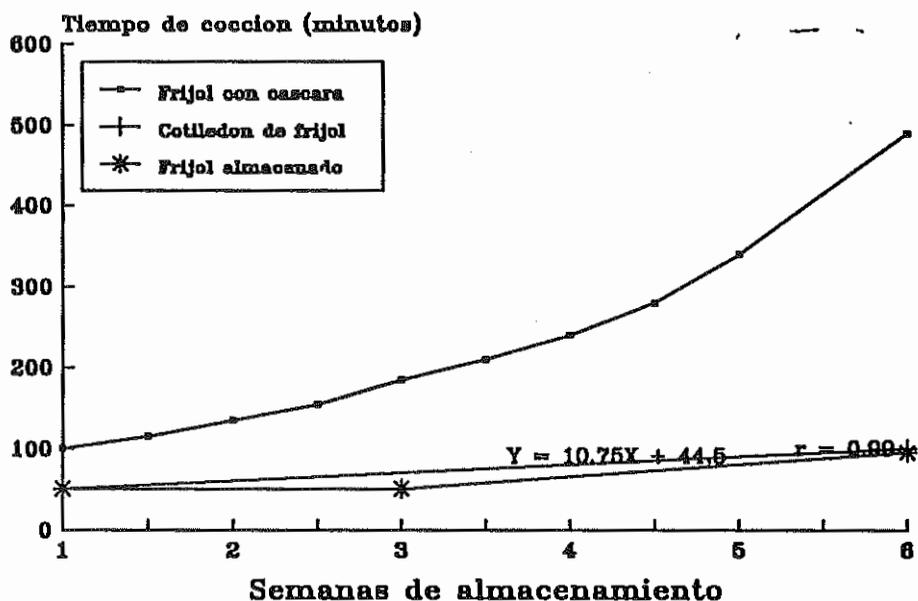


Figura 1. Cinética de endurecimiento del frijol común con y sin cáscara almacenados a 37°C y 90% HR.

Al analizar los datos del tiempo de cocción del frijol, se observa que en el frijol con cáscara el tiempo de cocción aumentó más de 380 minutos, mientras que para el caso del cotiledón, el aumento en el tiempo de cocción fue únicamente de 65 minutos, esto indica que la cáscara posiblemente tuvo un endurecimiento equivalente a más de 320 minutos de cocción. En base a estos resultados, se infiere que en el frijol pueden estar ocurriendo dos tipos de endurecimiento: uno a nivel de la cáscara, el cual posiblemente sea el más significativo, y el otro a nivel del cotiledón.

A final del período de almacenamiento, se encontró que la cáscara contribuyó con un 78.5% del tiempo de cocción del frijol, lo que muestra un aumento significativo si comparamos con la contribución que la cáscara tuvo en el tiempo de cocción del frijol fresco, el cual fue de 55%.

Por último, en el Cuadro 1, se muestran el tiempo de cocción del cotiledón de frijol almacenado con cáscara, es decir, este frijol fue almacenado con cáscara y descascarado para análisis. Es importante indicar que este cotiledón tuvo un tiempo de cocción ligeramente menor al reportado por el cotiledón almacenado sin cáscara. Esto viene a confirmar lo dicho anteriormente en cuanto a que el mayor grado de endurecimiento del frijol está ocurriendo a nivel de la cáscara, posiblemente la cáscara tiende a volverse más resistente (elástica) o más impermeable al agua conforme el frijol permanece almacenado.

El Cuadro 2 resume los resultados de absorción de agua del frijol. Es importante mencionar que la capacidad de absorción de agua del frijol disminuyó como resultado del almacenamiento, la capacidad de absorción de agua disminuye drásticamente y significativamente. 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, lo cual muestra 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. Finalmente, en este Cuadro se muestra la pérdida de la capacidad de absorción de agua por parte de la cáscara durante el almacenamiento, es decir, que la cáscara de frijol endurecido absorbe menos agua comparado a la que absorbe la cáscara de frijol fresco. Esto indica que en la cáscara pueden estar sucediendo algunas reacciones relacionadas con el mecanismo de endurecimiento del frijol.

Para tratar de determinar que compuestos del frijol están involucrados en el mecanismo de endurecimiento, se determinaron los componentes de la fibra dietética, los resultados son reportados en el Cuadro 3. Es de interés indicar que para el caso del cotiledón la fibra neutro detergente disminuyó y fue la más afectada por el almacenamiento. Los cambios que ocurrieron en el cotiledón dentro de la cáscara del frijol fueron diferentes a los que ocurrieron en el frijol con cáscara, ya que por ejemplo la fibra neutro detergente disminuyó grandemente cuando se analizó solo cotiledón, mientras que para frijol con cáscara esta fracción de la fibra tendió a aumentar y las otras fracciones como son la fibra ácido detergente, la lignina y la celulosa disminuyeron, contrario a lo ocurrido solo para cotiledón.

Analizando los cambios ocurridos únicamente en la cáscara se puede observar que en la cáscara de frijol endurecido, la fibra neutro detergente fue la que más cambios mostró tendiendo a disminuir, mientras que la celulosa aumentó ligeramente.

Estos resultados parecen indicar que la fibra dietética y sus componentes pueden estar jugando un importante papel en el endurecimiento del frijol ya que posiblemente algunos de estos componentes como por ejemplo la fibra neutro detergente, pueden estar reaccionando con otros compuestos del frijol.

Con base a los resultados discutidos previamente, se puede concluir preliminarmente que la cáscara juega un importante papel en el mecanismo

de endurecimiento del frijol y que existen dos tipos de endurecimiento en el frijol: uno a nivel de la cáscara y otro a nivel del cotiledón, siendo el endurecimiento de la cáscara el de mayor significancia.

Es importante indicar que el contenido de taninos, expresados como ácido tánico (Cuadro 4), disminuyó como resultado del almacenamiento del frijol. Puede verse en este Cuadro que los taninos presentes, en la cáscara disminuyeron durante el almacenamiento y que el cotiledón tendió a ganar estos taninos, esto muestra el papel de la cáscara y el de los taninos en el endurecimiento del frijol.

En el Cuadro 5 se muestran los cambios ocurridos en los pectatos contenidos en el frijol. Los resultados obtenidos indican que los pectatos solubles en agua disminuyen con el almacenamiento del frijol y por el contrario, los pectatos insolubles (solubles en EDTA) tienden a aumentar, esto confirma hipótesis previas sobre uno de los mecanismos del endurecimiento del frijol (3.6). Es importante indicar que en el frijol con cáscara los cambios en pectatos solubles fueron mínimos, sin embargo, el cambio en los pectatos insolubles fue muy grande.

Finalmente, en el Cuadro 6 se muestra el efecto del almacenamiento y el papel que puede tener la cáscara sobre el contenido de minerales del frijol. Es importante indicar que el contenido de sodio (Na) disminuyó significativamente en la cáscara durante el almacenamiento, esto parece confirmar estudios previos realizados por de León (2) en el sentido de que este mineral puede estar jugando un rol importante en el fenómeno de endurecimiento del frijol.

En base a los resultados obtenidos se puede concluir que la cáscara juega un papel importante en el proceso de endurecimiento del frijol y que es en esta parte anatómica donde pueden estar ocurriendo los mayores cambios, por lo tanto, es importante tomar en cuanto esta parte del grano al realizar los diferentes ensayos físicos y químicos, principalmente los relacionados a la determinación del tiempo de cocción y dureza del grano.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. 1975. Washington, D.C. Official Methods Of Analysis of the Association of Agricultural Chemists. 12th. Ed. Washington, D.C. 1975.
- 2) DE LEON, L.F. " Soluciones salinas: una tecnología económica para la utilización del frijol común (*P.vulgaris*) endurecido. Tesis (Maestro), ISAC. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacias, INCAP/CESNA. Curso de postgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Guatemala, 1987. pp.93.
- 3) KON, S. 1968. "Pectic substances of dry beans and their possible correlation with cooking time". J. Food Sci. 33:437-438.

- 4) GOERING, H.K. and P.J. VAN SOEST. 1970. Forage fiber analysis. Agriculture Handbook No. 379. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture. USA. 1970.
- 5) HOLM, *et al.* 1986. Starch. 36(7):224-226.
- 6) MOSCOSO, W. 1981. "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.

Cuadro 1. Tiempo de cocción (minutos) de frijol fresco y endurecido cocinado en el Mattson.

Tipo de Frijol	Tiempo de Almacenamiento (semanas)		
	0	4	6
Con cáscara	99 ± 1	247 ± 61	> 480
Sin cáscara (Solo cotiledón)	45 ± 3	86 ± 1	111 ± 1
Sin cáscara* (solo cotiledón)	45 ± 3	73 ± 3	103 ± 0

* Frijol almacenado con cáscara y descascarado para análisis.

Cuadro 2. Absorción de agua del frijol común comedido a almacenamiento acelerado.

Tipo de Frijol	Tiempo de Almacenamiento (Semanas)	
	0	6
Con cáscara	96.3 ± 0.6	91.3 ± 1.8
Sin Cáscara (Sin cotiledón)	95.4 ± 0.8	59.3 ± 0.9
Sin Cáscara* (sin cotiledón)	95.4 ± 0.8	72.9 ± 2.0
Cáscara de frijol	374.1 ± 37.5	323.4 ± 34.1

* Frijol almacenado con cáscara y descascarado para análisis.

Cuadro 3. Cambios en la composición de la fibra dietética como resultado del almacenamiento del frijol.

Tipo de Frijol	Component.de la Fibra Diet.(mg/100 g)			
	FND	FAD	Lignina	Celulosa
Cotiledón fresco	18.73	2.90	0.99	2.55
Cotiledón endurecido	17.78	2.93	0.84	2.44
Cotiledón endurecido*	14.50	3.62	1.08	2.65
Frijol con cáscara fresco	27.31	9.08	2.81	6.42
Frijol con cáscara endurecido	28.32	8.67	2.89	5.94
Cáscara de frijol fresco	52.27	46.27	14.32	32.83
Cáscara de frijol endurecido.	50.49	46.49	14.98	32.41

* Frijol almacenado con cáscara y descascarado para análisis.

FND = Fibra Neutro Detergente

FAD = Fibra Acido Detergente

Cuadro 4. Taninos (como ácido en mg/g materia seca) en frijol común antes y después del almacenamiento acelerado.

Tipo de Frijol	Tiempo de Almacena.(semanas)	
	0	6
Con cáscara	3.28 ± 0.23	1.64 ± 0.06
Sin cáscara (sólo cotiledó)	1.03 ± 0.23	2.22 ± 0.13
Sin cáscara* (sólo cotiledón)	1.03 ± 0.23	1.40 ± 0.00
Cáscara de frijol	19.48 ± 0.67	10.26 ± 0.27

* Frijol almacenado con cáscara y descascarado para análisis.

Cuadro 5. Contenido de pectatos (g/100 g muestra) en frijol común antes y después del almacenamiento acelerado.

Tipo de Frijol		Pectatos Solubles en		
		Agua	EDTA	H de S
Con cáscara	Fresco	1.16±0.16	0.10±0.02	1.58±0.01
	Endurecido	0.85±0.10	1.29±0.01	2.15±0.13
Sin cáscara (sólo cotil.)	Fresco	2.14±0.13	0.13±0.05	1.19±0.28
	Endurecido	1.00±0.07	0.21±0.03	0.88±0.19
Sin cáscara * (Sólo cotil.)	Fresco	2.14±0.13	0.13±0.05	1.19±0.28
	Endurecido	1.14±0.02	0.05±0.01	0.96±0.31
Cáscara de Frijol.	Fresco	0.90±0.00	0.36±0.02	3.66±0.20
	Endurecida	1.56±0.00	0.42±0.02	3.07±0.13

* Frijol almacenado con cáscara y descascarado para análisis.

Cuadro 6. Contenido de sodio y potasio (mg/100 g muestra) en frijol común (*P.vulgaris*) antes y después del almacenamiento acelerado.

Tipo de Frijol	Tiempo de Almacenamiento (Semanas)			
	0		6	
	Na	K	Na	K
Con cáscara	61.23±2.1	1335 ±2.12	60.68±5.4	1357±24.8
Sin cáscara (Solo cotil.)	64.43±7.7	1434±19.4	59.25±6.0	1481± 4.2
Sin cáscara* (solo cotil.)	64.43±7.7	1434±19.4	58.77±5.5	1488±26.2
Cáscara de- Frijol	93.16±0.1	562.±0.7	63.87±8.6	723±25.5

* Frijol almacenado con cáscara y descascarado para análisis.