

**Evaluación cuantitativa y sensorial de la
calidad culinaria de variedades comerciales y
líneas mejoradas de frijol rojo
(*Phaseolus vulgaris*)**

Grifith Samuel Lizarraga

Honduras
Diciembre, 2004.

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

**Evaluación cuantitativa y sensorial de la
calidad culinaria de variedades comerciales
y líneas mejoradas de frijol rojo
(*Phaseolus vulgaris*)**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Agroindustria en el Grado
Académico de Licenciatura.

Presentado por

Grifith Samuel Lizarraga

Honduras
Diciembre, 2004.

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
naturales o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Grifith Samuel Lizarraga

Honduras
Diciembre, 2004

DEDICATORIA

A Dios por darme la bendición de seguir adelante y poner mi familia, amigos y demás en mi camino.

A la comunidad Salesiana por las bases morales que me enseñaron.

A mi Madre por las enseñanzas y el esfuerzo emprendedor que me ha demostrado toda su vida.

A mis hermanos y familia por todas las experiencias vividas y las que faltan por vivir.

A Yeni, por ser el apoyo y el soporte de mi vida en Zamorano.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por indicarme el camino correcto.

A mi Madre por ser un ejemplo de esfuerzo y amor a la familia toda mi vida y por la oportunidad que me dio en Zamorano, te amo.

A mi Abuelita por las haladas de orejas que hicieron que comprendiera la disciplina de la vida que son las lecciones jamás olvidadas.

Al Arquitecto, Ingeniero e Ingeniera Lizarraga por todo el tiempo y las experiencias que nos hicieron ser una familia unida.

A mis Tías Cruz María y Ginita por apoyarme cuando las necesité.

A Yeni: MEKA! Por descubrir junto a su mano todos los ocasos, las noches estrelladas y lunas de marfil que Zamorano nos ofreció, te Quiero Meka.

A Leonel López por su amistad incondicional.

A Luis Eduardo “el rábano” por ser un excelente amigo.

Al Dr. Javier Bueso por su tiempo y dirección de este proyecto.

Al Ing. Edward Moncada por su enseñanza y ejemplificación de un verdadero profesional.

Al Dr. Juan Carlos Rosas por compartir su conocimiento y dedicación.

Al Dr. Raúl Espinal por ser un ejemplo a seguir y permitirme imitar cinco minutitos de su tiempo.

A Zamorano por la decisión de ampliar su ancho de banda y cancelar los p2p.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

Al Programa Bean/Cowpea CRSP (Donación USAID No. GDG-G-00-00012-00) por el apoyo parcial en la ejecución de este estudio.

RESUMEN

Lizarraga. Griffith. 2004 Evaluación cuantitativa y sensorial de la calidad culinaria de variedades comerciales y líneas mejoradas de frijol rojo (*Phaseolus vulgaris*). Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agroindustrial. El Zamorano, Honduras. 26 p.

Actualmente los agricultores cultivan variedades de frijol criollas de granos rojos claros brillantes y excelentes tiempos de cocción (rosadas), y mejoradas de tonos de rojo más oscuro (retintas). Durante años el desarrollo de nuevas variedades ha estado enfocado a buen comportamiento agronómico, valor comercial del grano y resistencia a enfermedades, pero actualmente los estudios se están adaptando a combinar éstas características con exigencias culinarias. El tiempo de cocción menor a una hora es una de las exigencias culinarias que definen la preferencia del consumidor. La mayoría de estudios relacionados con tiempos de cocción se han evaluado por métodos sensoriales que no reportan datos cuantificables y varían con cada panelista. Por esta razón se hizo necesario evaluar metodologías cuantitativas con variedades comerciales de frijol estableciendo relaciones entre la fuerza de compresión, porcentaje de humedad y viscosidad del caldo con la textura sensorial del grano de frijol a diferentes tiempos de cocción. Para validar esta metodología se evaluaron seis líneas mejoradas previo a la liberación. Un frijol se consideró cocido cuando la fuerza de compresión bajó a 0.5 KN, la humedad del granó alcanzó 46% y la viscosidad del caldo llegó a $1.3-1.4 \times 10^{-3}$ Pa·s. La variedad con mejor tiempo de cocción fue Catrachita, llegando a la textura deseada antes de los 50 minutos. Las líneas avanzadas experimentales MER-2226-41 y SRC1-12-1-43 también contaron con tiempos de cocción menores a 50 minutos, lo que las califica favorablemente con base a este criterio de calidad culinaria.

Palabras clave: tiempo de cocción, curva de cocción, fuerza de compresión.

CONTENIDO

	Portadilla	i
	Autoría	ii
	Hoja de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos	v
	Agradecimiento a patrocinadores	vi
	Resumen.....	vii
	Contenido.....	viii
	Índice de cuadros	x
	Índice de figuras.....	xi
	Índice de anexos.....	xii
1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	JUSTIFICACIÓN	2
1.2	LÍMITES Y LIMITANTES DEL ESTUDIO	2
1.3	OBJETIVOS	2
1.3.1	General.....	2
1.3.2	Específicos	2
2	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1	EL FRIJOL EN HONDURAS	3
2.2	TIEMPO DE COCCIÓN	3
2.2.1	Textura	4
2.2.2	Absorción de agua.....	4
2.3	CALDO DEL GRANO DE FRIJOL	5
2.3.1	Viscosidad del caldo	5
3	MATERIALES Y MÉTODOS	6
3.1	LOCALIZACIÓN.....	6
3.2	MATERIAL BIOLÓGICO.....	6
3.3	EQUIPO DE LABORATORIO	7
3.3.1	Cocinetas.....	7
3.3.2	Ollas	7
3.3.3	Instron 4444	7
3.3.4	Viscosímetro (Brookfield)	7
3.3.5	Horno a 105° C y Balanza de Precisión.....	7
3.3.6	Cristalería y material didáctico	7
3.4	TIEMPO DE COCCIÓN	7
3.5	TEXTURA DEL GRANO	8

3.5.1	Textura Real.....	8
3.5.2	Textura Subjetiva.....	8
3.6	HUMEDAD DEL GRANO.....	8
3.7	VISCOSIDAD DEL CALDO.....	8
3.8	ANÁLISIS SENSORIAL.....	8
3.9	CALIDAD DE COCCIÓN.....	9
3.10	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	9
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
4.1	EVALUACIÓN CULINARIA DE VARIEDADES COMERCIALES DE FRIJOL ROJO.....	10
4.1.1	Curva de textura del grano.....	10
4.1.2	Curva de humedad del grano.....	11
4.1.3	Curva de viscosidad del grano.....	12
4.2	EVALUACIÓN CULINARIA DE LÍNEAS MEJORADAS (COVA 2004).	14
4.2.1	Curva de textura del grano.....	14
4.2.2	Curva de humedad del grano.....	14
4.2.3	Curva de viscosidad del grano.....	15
4.3	ANÁLISIS SENSORIAL.....	16
4.3.1	Intervalos de Cocción.....	16
5	CONCLUSIONES	18
6	RECOMENDACIONES	19
7	BIBLIOGRAFÍA	20
8	ANEXOS	22

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Precios promedio (en US \$) por quintal de frijol rojo de seda y retinto en Honduras, El Salvador y Estados Unidos.	3
2.	Opiniones sobre la textura y dureza del grano de frijol por los agricultores de Lavaderos y Tabla Grande. Honduras, 1999.....	4
3.	Líneas avanzadas de frijol de grano rojo.	6
4.	Variedades criollas y mejoradas en el comercio.....	6
5.	Correlación de Textura, humedad, viscosidad contra textura sensorial.....	13
6.	Medias comparativas de pruebas sensoriales	16
7.	Propuestas de grados de cocción en frijol.....	16
8.	Clasificación de variedades comerciales de acuerdo a tiempo de cocción.....	16
9.	Clasificación de líneas mejoradas de acuerdo al tiempo de cocción	17

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

1.	Cambios de textura en tres variedades criollas comerciales y Catrachita durante la cocción.	10
2.	Cambios en textura de tres variedades mejoradas de frijoles comerciales durante la cocción.	11
3.	Cambios en porcentaje de humedad del grano en tres variedades criollas y Catrachita durante la cocción.	11
4.	Cambios en porcentaje de humedad del grano en tres variedades mejoradas durante la cocción	12
5.	Cambios en viscosidad del caldo del grano de frijol rojo en tres variedades criollas y Catrachita durante la cocción	12
6.	Cambios en viscosidad del caldo del grano de frijol rojo en tres variedades mejoradas durante la cocción	13
7.	Cambios de textura en seis líneas mejoradas de frijol durante la cocción.	14
8.	Cambios en porcentaje de humedad del grano en seis líneas mejoradas durante la cocción	15
9.	Cambios en viscosidad del caldo del grano de frijol rojo en seis líneas mejoradas durante la cocción	15

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo

1.	Demanda anual potencial (qq) de frijol rojo centroamericano en Estados Unidos.....	23
2.	Pedigrí de incremento de líneas de frijol rojo con valor comercial.....	24
3.	Incremento para estudio de aceptación comercial	25
4.	Pedigrí de líneas mejoradas	26

1. INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en Centroamérica forma parte de la dieta básica de sus habitantes por el aporte de nutrientes que brinda, conteniendo fibra, carbohidratos y proteínas (MEIC, 2004). Esta leguminosa es consumida junto con productos elaborados a base de maíz (elotes, tortillas, tamales), conformando una dieta con proteína y carbohidratos de bajo costo en comparación con la proteína de origen animal. Asimismo, el frijol es una fuente adecuada de carbohidratos que representa más de 50% del peso de la semilla (Jacinto, 1999).

El consumo anual per cápita de frijol en Honduras es de 23 kg, pero este puede llegar hasta el doble en las zonas rurales. La mayoría de los productores de frijol tienen acceso limitado a los mercados, por la falta de transporte, caminos inadecuados y lejanía de las ciudades principales. Por estas razones, la mayor parte de la producción es vendida a intermediarios en las fincas. El precio promedio del frijol en los meses de Diciembre 2003 y Enero 2004 fue de \$ 14 - \$17 por quintal (100 libras); pero los precios fluctúan considerablemente debido a cosechas estacionarias y su demanda anual (Anexo 1). Esto quiere decir que la cosecha del frijol se rige bajo un ciclo de producción bianual, y ese ciclo de producción determina la escasez o demanda que el mercado va reflejar. Aún así, el frijol figura entre los 10 primeros cultivos de importancia económica en Honduras (Bueso, 2004).

En Honduras se consume, mayoritariamente, el frijol rojo criollo (incluyendo las mejoradas antiguas o “acriolladas”) constituidos por variedades desarrolladas por los agricultores a través del tiempo, hecho por el cual no se cuenta con descriptores de tales variedades, logrado a partir de un proceso de domesticación y selección continua. El consumo del frijol rojo se debe a la costumbre y cultura de la población (Rosas, 2001).

La suavidad para la cocción y el contenido de proteína son características importantes para el mejoramiento de frijol. Según Campos y Pérez (1998), los consumidores desean un frijol de hidratación rápida, de bajo tiempo de cocción, que produzca un caldo con buena apariencia, sabor y textura, y con grano de cáscara (testa) delgada. Por otra parte, la semilla de frijol también presenta factores antinutricionales que incluyen inhibidores enzimáticos, hemaglutininas, factores de flatulencia, taninos y ácido fítico (Durandhar y Chang, 1990). La cocción elimina por completo las hemaglutininas, mientras que el inhibidor de tripsina es el factor más resistente al calor (Antunes y Sgarbieri, 1980).

Anteriormente, el mejoramiento del cultivo de frijol estaba enfocado principalmente a desarrollar variedades con alto rendimiento y resistencia a patógenos. Sin embargo, la demanda de los consumidores ha motivado el desarrollo de variedades con mejor calidad nutrimental y de cocción (Jackson y Varriano-Martson, 1981). La existencia de variabilidad genética para el tiempo de cocción, la capacidad de absorción de agua (factor que en algunos casos es indicador del tiempo de cocción), el contenido de proteínas y almidón en la semilla de diferentes variedades de frijol (Jacinto, 1993), sugiere que a través del mejoramiento genético es posible obtener frijoles con la calidad deseada.

Los tiempos de cocción óptimos con los que se cuentan no son cuantificables, todos son de orden sensorial y subjetivo, por lo que se desea normalizar cuantitativamente los tiempos de cocción de las variedades comerciales. Con esto se obtendrá una base de datos para poder

comparar y reducir el tiempo de investigación, en aspectos culinarios, de líneas en mejoramiento de frijol. También aporta al desarrollo de metodologías para evaluar cualidades culinarias con otros granos que puedan clasificarse según su tiempo de cocción.

1.1 JUSTIFICACIÓN

- Actualmente no se cuenta con procedimientos cuantificables para comparar y definir tiempos reales de cocción de frijol rojo.
- Los métodos actuales de evaluación culinaria se limitan a pruebas sensoriales que pueden variar por no ser precisos.
- Se requiere normalizar curvas de cocción y establecer mediciones para evaluar la cocción
- Es necesario desarrollar una escala de calidad de grano de frijol tomando en cuenta su tiempo de cocción, calidad de caldo, textura del grano y humedad alcanzada por el grano.

1.2 LÍMITES Y LIMITANTES DEL ESTUDIO

- Las pruebas fueron hechas en una localidad a 800 msnm.
- Los tiempos de cocción fueron evaluados a presión atmosférica.
- Cantidad de granos disponibles para los estudios.
- Poca disponibilidad de datos cuantificables para ser comparados.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

El objetivo del presente estudio fue evaluar cuantitativa y sensorialmente la calidad culinaria de siete variedades comerciales y seis líneas mejoradas de frijol, e identificar las sobresalientes.

1.3.2 Específicos

- Valorar el comportamiento de granos de frijol en humedad, textura y viscosidad del caldo durante su tiempo de cocción.
- Evaluar la relación entre la textura del grano, humedad del grano, textura sensorial y viscosidad del caldo durante la cocción.
- Comparar la textura cuantificada, por texturómetro (INSTRON 4444), con la textura sensorial, para establecer el punto óptimo de cocción.
- Elaborar una escala con grados de calidad para poder calificar las variedades con mejores tiempos de cocción.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EL FRIJOL EN HONDURAS

Los granos básicos tienen una enorme trascendencia para la nutrición y la seguridad alimentaria en el país (CENTA, 2000). La preferencia de consumo de frijoles rojos por la población hondureña, varía de 351 a 370 gramos de frijol por familia al día (SAG, 2001). En Centroamérica se han realizado pruebas de tiempo de cocción en algunos centros de investigación llegando a identificar algunos factores que influyen en ésta característica (MEIC, 2004).

La mayoría del frijol común en Honduras es producido en pequeñas fincas ubicadas en terrenos de laderas y suelos marginales, donde predominan los sistemas de producción de bajos insumos y escasa mecanización y riego. Los agricultores todavía utilizan variedades criollas, de manera extensiva por las características que prefieren los consumidores. Sin embargo, debido a la alta susceptibilidad (principalmente a enfermedades causadas por virus) de estas variedades, cerca del 40% de productores emplean variedades mejoradas, más resistentes a enfermedades y de mayor rendimiento (Rosas, 2001). Sin embargo, la mayoría de las variedades mejoradas hasta el momento no tienen un color adecuado para el mercado. Se están desarrollando variedades de frijoles a partir de las criollas para obtener un balance a las exigencias de los agricultores (mayor tolerancia a enfermedades y rendimientos) y los consumidores (color, sabor y cocción).

El Cuadro 1 muestra datos de precios de frijol rojo y retinto en Honduras, El Salvador y Estado Unidos.

Cuadro 1. Precios promedio (en US \$) por quintal (45.4 Kg) de frijol rojo de seda y retinto en Honduras, El Salvador y Estados Unidos.

Clase	Granel ^(a)		Clasificado y embolsado ^(b)	
	Honduras	Honduras	El Salvador	Estados Unidos
Rojo de Seda	17.2	38.9	45.0	158.0
Retinto	14.0	32.7	36.5	126.0

Fuente: Bueso (2004).

^(a) Precio al por mayor en Diciembre del 2003 en Tegucigalpa.

^(b) Precio de frijol embolsado de calidad regular en supermercado.

2.2 TIEMPO DE COCCIÓN

Es el tiempo requerido para que por lo menos el 90% de los granos de la muestra sometidos a la prueba de cocción, alcancen su cocimiento. Se define como frijol cocido cuando el grano presenta una textura granular y suave para el paladar (Pérez, 2002).

El aumento en el tiempo de cocción es uno de los problemas más graves que se presentan durante el almacenamiento del frijol (*Phaseolus vulgaris*). El aumento en el tiempo de cocción trae consigo menor aceptabilidad por el consumidor, mayor gasto de energía y

tiempo para su preparación, pérdida de valor nutritivo y disminución o, en casos extremos, pérdida total de su valor comercial (Mora, 1989).

El tiempo de cocción está influenciado por la resistencia de la cáscara para absorber agua durante el remojo previo a la cocción. Esta resistencia se produce al almacenar el grano a alta temperatura y a baja humedad. A este fenómeno se le conoce como cáscara dura. También, puede ocurrir que al almacenar a alta temperatura y alta humedad, los cotiledones no se suavicen durante la cocción aunque el frijol absorba agua. A esto se le conoce como endurecimiento (Reyes-Moreno, 1989).

Según, Vargas (1999) los agricultores prefieren que los frijoles se cocinen en una hora. Los productores manifestaron que mientras más rápido se cocine el grano hay mayor ahorro en combustible; sin embargo, ellos aceptan que es poco probable obtener variedades que se puedan cocinar en menos tiempo.

2.2.1 Textura

La textura se mide para simular la masticación o la resistencia a los dientes, que sensibilizan la textura, a una determinada cantidad de granos en la boca. En investigaciones relacionadas a tiempo de cocción se ha utilizado una cocina Mattson la cual utiliza principios de punción donde se coloca una determinada cantidad de granos de frijol a cocinar en agua en constante ebullición. Se determina la total cocción cuando el 50% de las muestras han sido atravesadas por las agujas que ejercen presión en un solo punto del grano (Jacinto, 1993).

Durante años se ha debatido el método ideal para determinar la textura en frijoles, ya sea por punción o por compresión.

Cuadro 2 Opiniones sobre la textura y dureza del grano de frijol por los agricultores de Lavaderos y Tabla Grande. Honduras, 1999.

	%	
Textura	Lavaderos	Tabla Grande
Sin Granulos	88.9	100.0
Granulosa	11.1	0.0
Dureza		
Semi-duro	51.9	18.5
Blando	48.1	74.1
Muy Blando		7.4

2.2.2 Absorción de agua

Según Valladares (1996), es la cantidad de agua absorbida por el grano durante determinado tiempo en remojo, expresada como porcentaje del peso total del grano.

$$\% \text{ Absorción} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} * 100$$

Donde W_1 es el peso inicial del grano y W_2 es el peso de la muestra en un intervalo de tiempo en remojo.

Según Vargas (1999) el grano puede clasificarse en granos con cáscara dura o suave, según valores de referencia establecidos.

2.3 CALDO DEL GRANO DE FRIJOL

Según Vargas (1999), los agricultores manifiestan entre sus preferencias de consumo en primer lugar al sabor de caldo, el que se obtiene independientemente del color. En la mayoría de casos, están dispuestos a aceptar diferencias en el color de grano, siempre que reúna las características de buen sabor. También que la ligosidad en el caldo no es deseada, esta se puede ver a través del tiempo, al formarse una adhesividad entre los granos que hace inaceptable y de mal gusto para el consumidor.

2.3.1 Viscosidad del caldo

Es la resistencia que ofrece un líquido a fluir, entre más viscoso sea un líquido mayor será su capacidad de retener partículas en suspensión (Tyvand, 1997).

Según Vargas (1999), pasado más tiempo el frijol cocido empieza a dañarse adquiriendo el grano características indeseables de rancidez y ligosidad (adhesividad).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

El estudio se realizó en el Centro de Evaluación de Alimentos de la Escuela Agrícola Panamericana (Zamorano), ubicada a 30 km. de Tegucigalpa, Honduras, 14° latitud norte y 87° longitud oeste, con una precipitación de 1100 mm por año, temperatura promedio de 24°C y una altura de 800 msnm.

3.2 MATERIAL BIOLÓGICO

El Cuadro 3 muestra las líneas avanzadas de frijol obtenidos de cruces incluyendo variedades comerciales y líneas mejoradas.

Cuadro 3. Líneas avanzadas de frijol de grano rojo.

No.	Línea
1	SRC 1-12-1-43
2	SRC 2-18-1
3	SRC 2-21-5
4	SRS 6-6
5	SRS 56-3
6	MER 2226-41

Se utilizaron, también, variedades establecidas comercialmente (Cuadro 4) para evaluar cuantitativamente las características que el mercado ya prefiere. Las variedades criollas preferidas son Paraisito, Seda y Desarrural por su color rojo brillante características de calidad preferida por la población hondureña. También se incluyeron las variedades mejoradas Catrachita, Amadeus 77, Tio Canela 75 y Dorado que poseen características de alto rendimiento y resistencia a virosis (Acosta et al., 1995; Campos y Pérez, 1998). Las variedades criollas tienen una pobre resistencia a enfermedades, lo que resulta en bajos rendimientos en el campo.

Cuadro 4: Variedades criollas y mejoradas en el comercio.

No.	Variedad	Color	Criolla/Mejorada
1	Paraisito	Rojo claro	Criolla
2	Seda	Rojo claro	Criolla
3	Desarrural	Rojo claro	Criolla
4	Catrachita	Rojo claro	Mejorada
5	Amadeus 77	Rojo	Mejorada
6	Tio Canela 75	Rojo	Mejorada
7	Dorado	Retinto	Mejorada

3.3 EQUIPO DE LABORATORIO

3.3.1 Cocinetas

Se utilizaron cocinetas marca Fisher Scientific modelo 11-500-75L1 con una escala de 1 a 10, con superficie plana para tener mayor contacto con la olla y por ende mejor intercambio calórico.

3.3.2 Ollas

Ollas de aluminio con capacidad de 1.5 litros y que permita intercambio de calor a los frijoles.

3.3.3 Instron 4444

Se utilizó un Instron 4444® para medir la fuerza (KN) requerida para comprimir 10 granos, de frijol 25 milímetros, simulando la presión que se aplica al masticar en la boca.

3.3.4 Viscosímetro (Brookfield)

Se utilizó un viscosímetro de Brookfield marca DV-II para medir la fuerza de cizallamiento que permite que los líquidos viscosos opongan resistencia a una fuerza de torque que se aplica con un disco número 2.

3.3.5 Horno a 105° C y Balanza de Precisión

Para medir la humedad por el método gravimétrico se utilizó horno Fisher Scientific, el secado duró 24 horas y para pesar las muestras se utilizó balanza analítica marca Metler AE-200.

3.3.6 Cristalería y material didáctico

Incluye beakers, termómetros (graduados en °C), sujetadores, cuchara de madera, parafilm, papel toalla, bandejas plásticas, paquetes de software (Merlin®, SAS®, Office tools).

3.4 TIEMPO DE COCCIÓN

El tiempo de cocción de cada línea se determinó por triplicado en una muestra de 100 gramos de frijol sin remojo previo y se utilizó calentadores eléctricos Fisher Scientific. Según Mora (1994) el tiempo de cocción se realiza con ollas de 6 litros de capacidad y un peso de 500 gramos de frijol; y se considera el grano cocido cuando el 70 % de las muestras analizadas logran partirse con facilidad entre el dedo pulgar e índice. El tiempo de cocción se registró cuando el agua dentro de la olla llegaba a su punto de ebullición. La cocción óptima se determinó cuando una muestra de 10 granos de frijoles alcanzaban una compresión de 0.5 KN de resistencia al deformarse el 80% de su estructura. Los frijoles fueron colocados según el área circular de la cabeza de compresión (General Compresión Head) del Texturómetro Instron 4444®. También se compararon en una prueba sensorial de

uno a cinco para demostrar textura subjetiva y luego compararla con las magnitudes reales del texturómetro Instron4444® (Textura Real).

3.5 TEXTURA DEL GRANO

La textura se midió con el Texturómetro Instron 4444® con “General Compresión Head” a partir de lecturas cada 10 minutos, después de la ebullición del agua. Se determinaron dos tipos de textura:

- Textura Real
- Textura Subjetiva

3.5.1 Textura Real

Demuestra los datos obtenidos en Kilonewtons (KN) de las muestras medidas por el Texturómetro Instron 4444, deformando el 80% de la estructura del grano y midiendo cada grano con un pie de rey, para utilizar 25 milímetros cada vez que el grano aumentaba su humedad y uniformizar el movimiento del cabezal del texturómetro en cada muestra.

3.5.2 Textura Subjetiva

Demuestra los datos obtenidos de la evaluación sensorial, para especificar rangos de comparación con textura real.

3.6 HUMEDAD DEL GRANO

Se molieron 5 granos cada 10 minutos, después de la ebullición del agua. Se tomó su peso con un crisol previamente secado y se colocó en un horno a 105 °C durante 24 horas. El diferencial en porcentaje de peso se tomó como porcentaje de humedad.

3.7 VISCOSIDAD DEL CALDO

Se midió con el Viscosímetro Brookfield model DV-II (Pa·s) cada 10 minutos, después de la ebullición del agua. Cada muestra realizada contaba con 50 mL de caldo, el cual se regresaba al recipiente.

3.8 ANÁLISIS SENSORIAL

Según MEIC (2004), se considera grano cocido, el que ceda fácilmente a una presión moderada entre los dedos índice y pulgar, y presentan una consistencia pastosa suave que vaya de una consistencia fina hasta ligeramente grumosa. Aquel grano que al oprimirse entre los dedos, sus cotiledones escapan o se fraccionen se tomarán como no cocido. Partiendo de este enunciado, se utilizó un panel entrenado de cinco personas para evaluar la dureza del frijol en diferentes tiempos para establecer rangos de textura. El dato que se obtuvo se le llamó textura subjetiva.

Se utilizó una escala de intervalos con valores de uno a cinco que detalla a continuación:

- 1 Muy duro: El grano no muestra ningún síntoma de deformación en su estructura.
- 2 Duro: Se separan los cotiledones del grano y presentan pequeñas porciones granuladas y pastosas en los extremos.
- 3 Intermedio: Se puede aplastar con facilidad el frijol pero muestra gránulos que no se terminaron de suavizar.

- 4 Blando: El grano se aplasta con facilidad y no contiene variaciones de textura en toda su estructura.
- 5 Muy blando: El grano no tiene la estructura de frijol totalmente definida y al aplastarlo sólo se siente la estructura granulosa y presenta alta sinéresis al aplastarse.

3.9 CALIDAD DE COCCIÓN

Según Jacinto (1999), la calidad de cocción en frijol se define como la variedad con los mejores tiempos de cocción y mayor suavidad (mejor textura).

3.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis de varianza utilizando un diseño de medidas repetidas en el tiempo para el tiempo de cocción. La comparación de medias se realizó con el método Tukey a 0.05 de probabilidad. Estos análisis se hicieron con el paquete estadístico SAS® v. 8.2.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 EVALUACIÓN CULINARIA DE VARIEDADES COMERCIALES DE FRIJOL ROJO

4.1.1 Curva de textura del grano

Todos los tiempos de cocción se reportaron como minutos después de la ebullición del agua en la olla.

Los resultados de textura en las variedades criollas muestran que la variedad Catrachita se tarda menos en llegar a 0.5 KN de textura, y la variedad Desarrural es la que más se tardó en llegar a ese punto (Figura 1).

La variedad Dorado alcanzó la textura de 0.5 KN entre los 50 y 60 minutos a diferencia del Amadeus 77 y Tio Canela 75 que alcanzó su textura a más de 60 minutos (Figura 2).

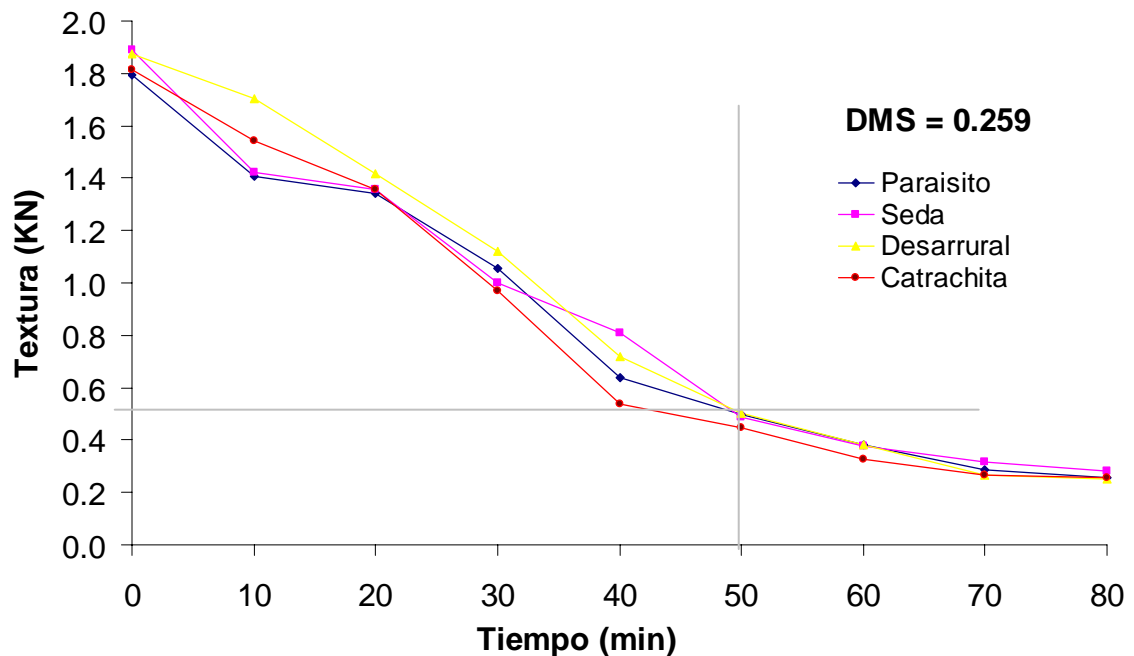


Figura 1. Cambios de textura en tres variedades criollas comerciales y Catrachita durante la cocción.

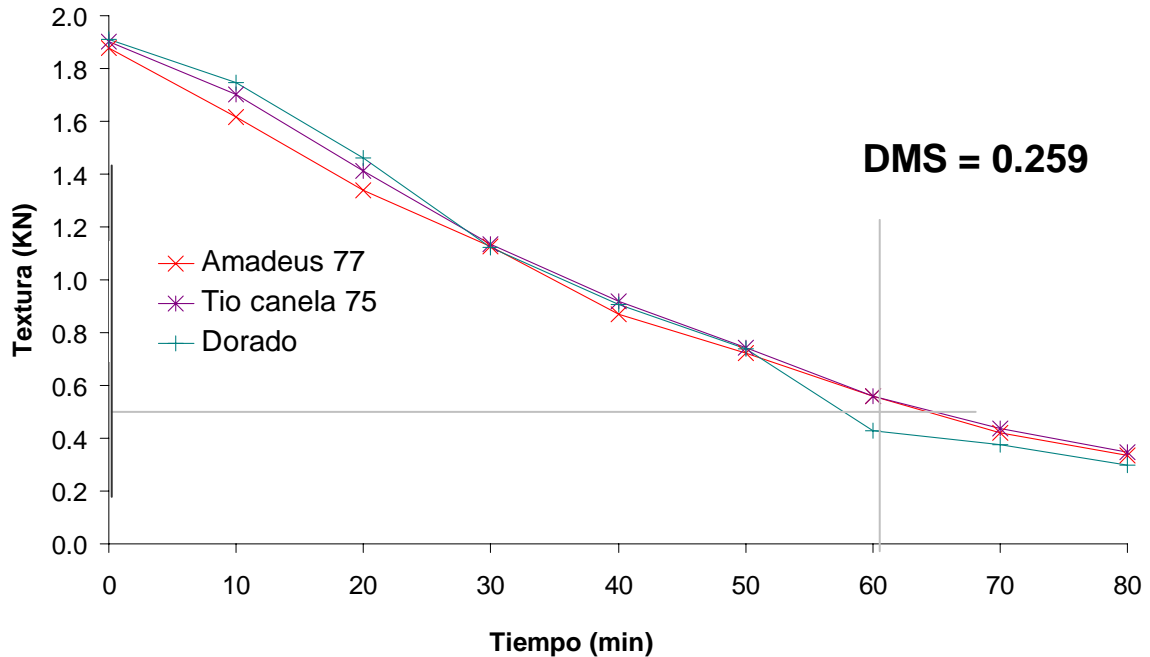


Figura 2. Cambios en textura de tres variedades mejoradas de frijoles comerciales durante la cocción.

4.1.2 Curva de humedad del grano

La variedad Catrachita llegó a 46% de humedad en 45 minutos. La variedad criolla que más se tardó en llegar a esta humedad fue la variedad Seda (Figura 3). Mientras que la variedad mejorada Dorado se tardó 55 minutos en llegar a 46% de humedad, las variedades Amadeus 77 y Tio Canela 75 llegaron a esa humedad con un minuto de diferencia (Figura 4).

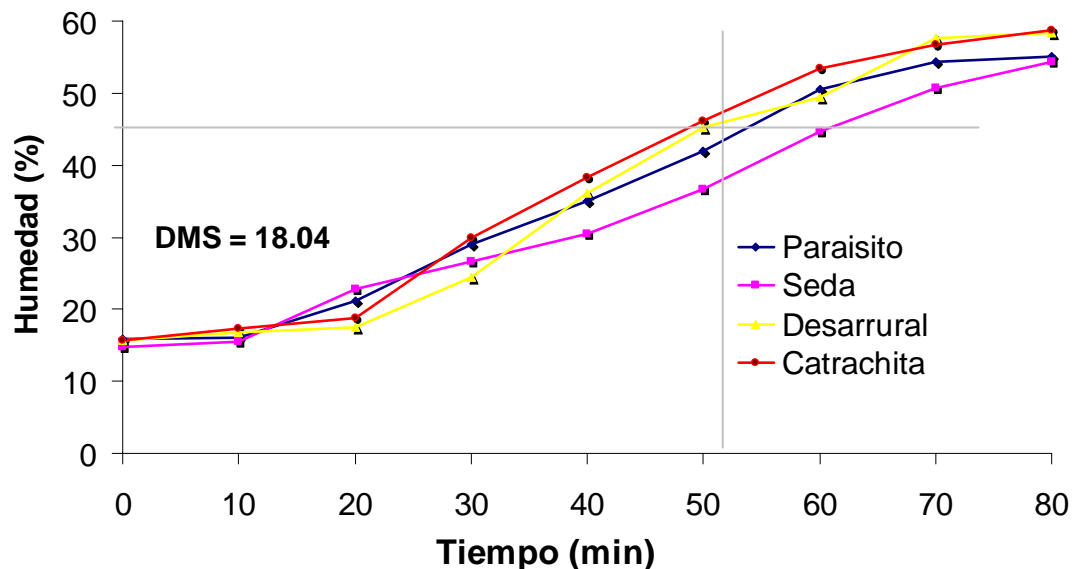


Figura 3. Cambios en porcentaje de humedad del grano en tres variedades criollas y Catrachita durante la cocción.

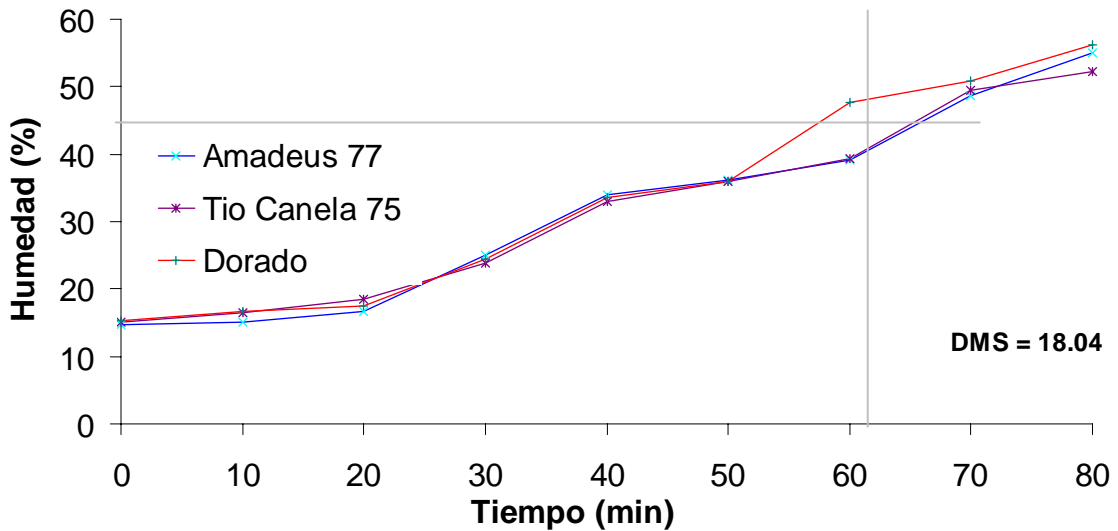


Figura 4. Cambios en porcentaje de humedad del grano en tres variedades mejoradas durante la cocción.

4.1.3 Curva de viscosidad del grano

La Figura 5 y 6 muestran los cambios de viscosidad para las variedades criollas y las mejoradas. La variedad Catrachita se tardó menos de 50 minutos en llegar a su rango óptimo de viscosidad ($1.3-1.4 \text{ Pa}\cdot\text{s} \times 10^{-3}$) y la variedad mejorada Dorado se tardó 60 minutos.

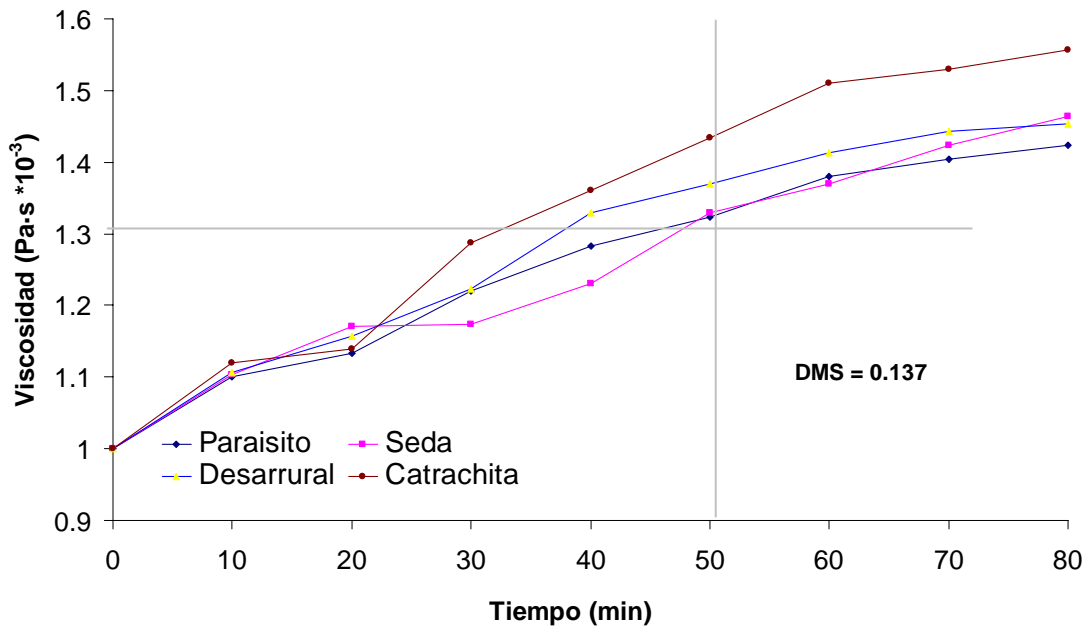


Figura 5. Cambios en viscosidad del caldo del grano de frijol rojo en tres variedades criollas y Catrachita durante la cocción.

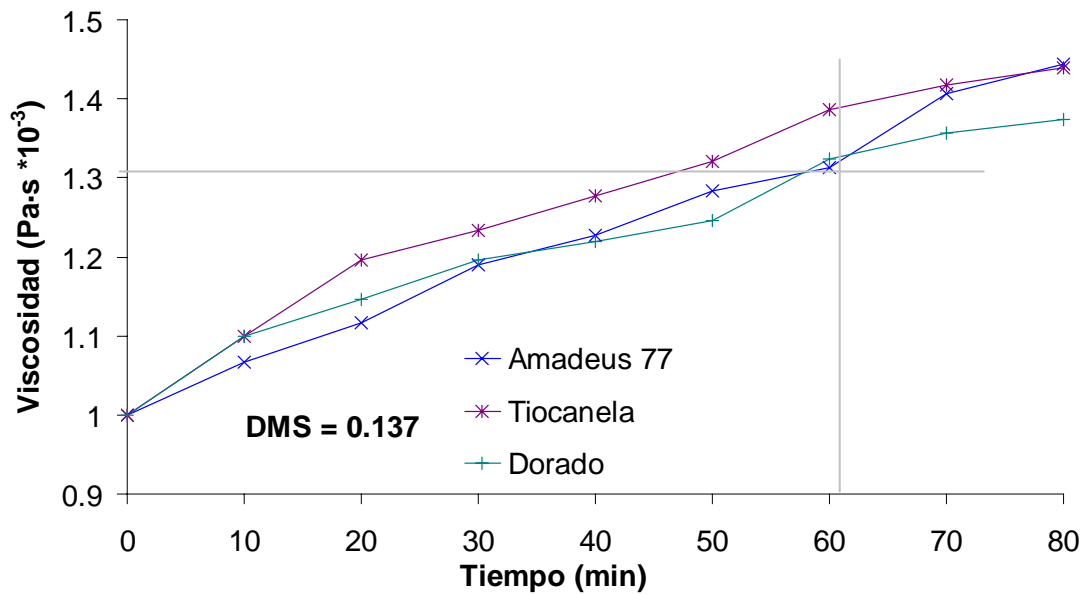


Figura 6. Cambios en viscosidad del caldo del grano de frijol rojo en tres variedades mejoradas durante la cocción.

El Cuadro 5 muestra las correlaciones que existe entre la textura, humedad, viscosidad y textura sensorial, lo que nos indica que la opinión del mercado, acerca del tiempo de cocción de los frijoles, se puede medir con los datos de fuerza de compresión, humedad o viscosidad del caldo de los granos.

Cuadro 5. Correlación de Textura, humedad, viscosidad contra textura sensorial.

	Textura	Humedad	Viscosidad	Textura sensorial
Textura	1	-0.95007 <.0001	-0.95105 <.0001	-0.95364 <.0001
Humedad	-0.95007 <.0001	1	0.93394 <.0001	0.93594 <.0001
Viscosidad	-0.95105 <.0001	0.93394 <.0001	1 0.94368	0.94368 <.0001
Textura sensorial	-0.95364 <.0001	0.93594 <.0001	<.0001	1 <.0001

4.2 EVALUACIÓN CULINARIA DE LÍNEAS MEJORADAS (COVA 2004)

4.2.1 Curva de textura del grano

La curva de textura mostrada en la Figura 7 muestra los extremos de cocción y la ubicación de las líneas mejoradas. Se demostró que las líneas mejoradas MER-2226-41 y SRC1-12-1-43 alcanzan su textura óptima antes de los 50 minutos.

Las líneas mejoradas SRC2-21-5 y SRS-56-3 son las más tardadas en alcanzar la textura deseada.

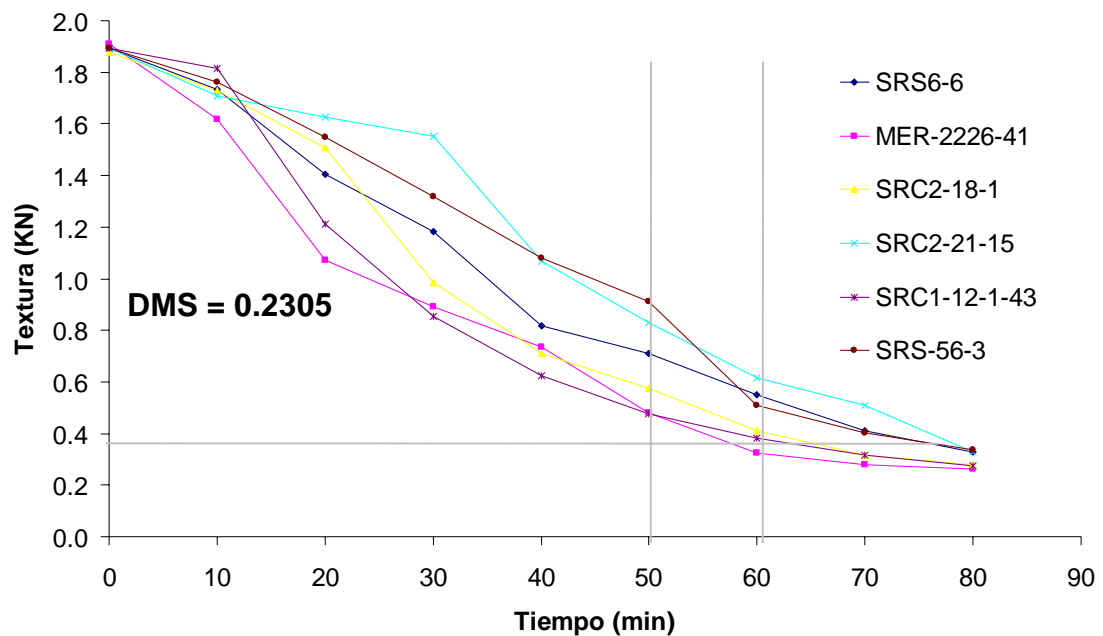


Figura 7. Cambios de textura en seis líneas mejoradas de frijol durante la cocción.

4.2.2 Curva de Humedad del grano

Las líneas mejoradas MER-2226-41 y SRC1-12-1-43 llegaron a 46% de humedad antes de los 50 minutos y las líneas mejoradas SRS-56-3 y SRC2-21-15 tardaron más de 60 minutos (Figura 8).

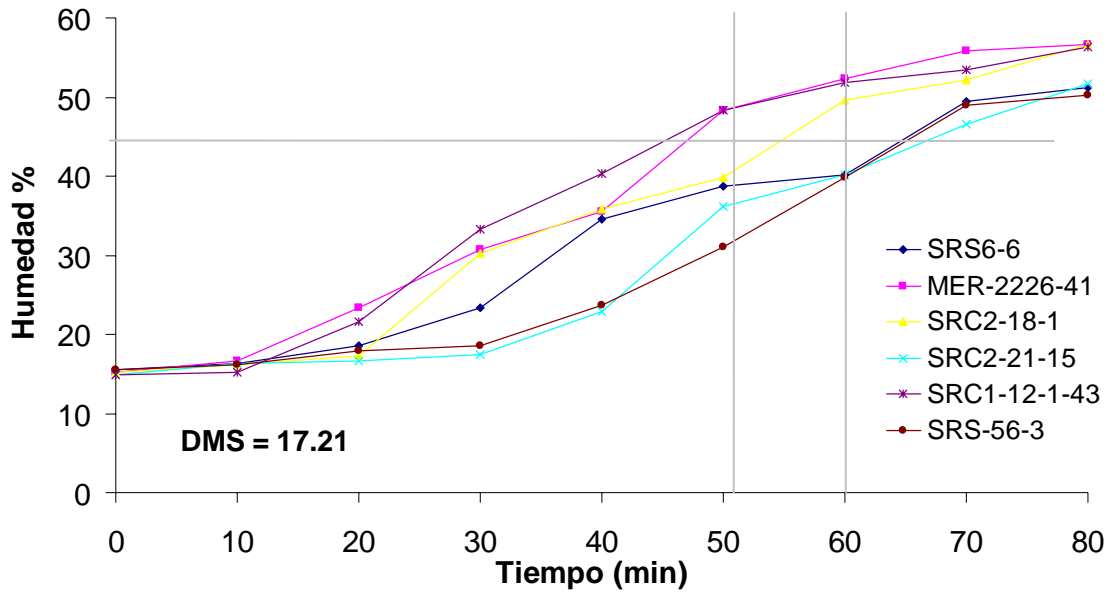


Figura 8. Cambios en porcentaje de humedad del grano en seis líneas mejoradas durante la cocción.

4.2.3 Curva de viscosidad del grano

Las líneas mejoradas MER-2226-41 y SRC1-12-1-43 llegaron al rango de viscosidad de 1.3-1.4 pa·s x10⁻³ en menos de 50 minutos (Figura 9).

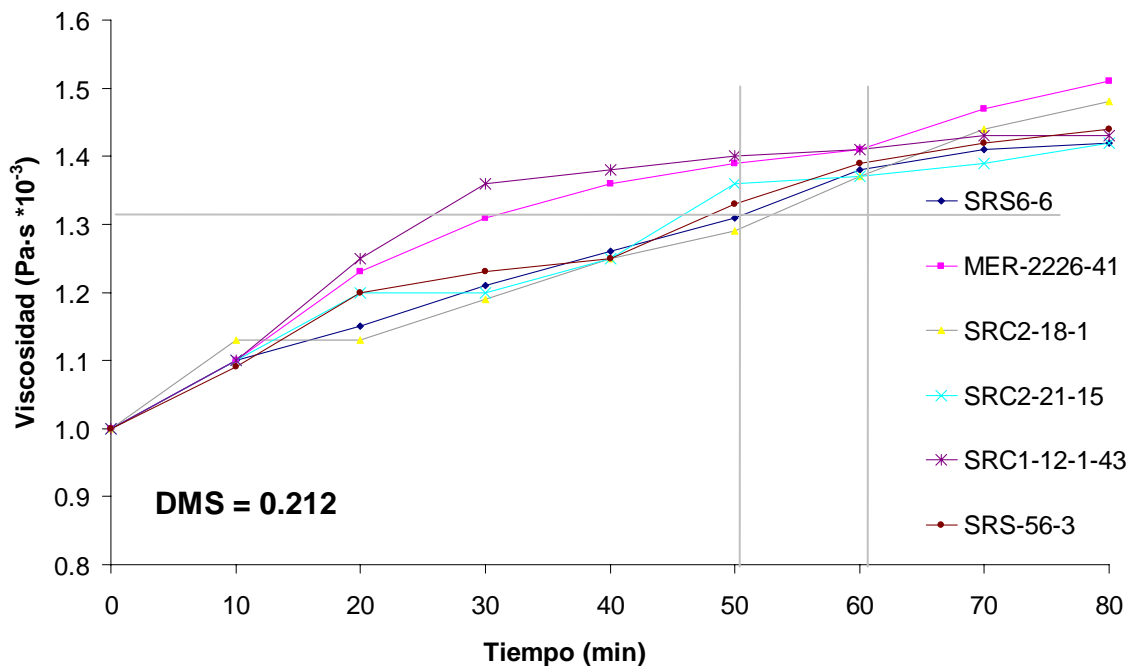


Figura 9. Cambios en viscosidad del caldo del grano de frijol rojo en seis líneas mejoradas durante la cocción.

4.3 ANÁLISIS SENSORIAL

El Cuadro 6 muestra la comparación de los niveles de la textura tomada por los panelistas (Subjetiva) con una escala de 1 a 5 (1= muy duro y 5 = muy suave). El momento en que se determina que la muestra está cocida se muestra en la columna de estado, que indica que a partir de que el frijol ha alcanzado la textura de 0.502 KN o menos, se considera un frijol cocido.

Cuadro 6. Medias comparativas de pruebas sensoriales

Textura Subjetiva	Fuerza de compresión (KN)	Estado
Muy Duro	1.618	Crudo
Duro	1.114	Crudo
Intermedio	0.708	Crudo
Suave	0.502	Cocido
Muy Suave	0.308	Cocido

4.3.1 Intervalos de Cocción

Si el punto de cocción se encuentra cuando la textura alcanza 0.502 KN o menos, se puede comparar con los rangos de tiempo para las variedades comerciales. En el Cuadro 7 se hace una propuesta de grados de frijol según tiempo de cocción, con tres grados de calidad de cocción A, B y C. Siendo A un frijol con tiempo de cocción menor a 50 minutos, B frijoles con tiempo de cocción entre los 51 y 60 minutos de cocción, y finalmente frijoles grado C con tiempos de cocción mayores a 61 minutos. En el Cuadro 8 podemos ubicar las variedades comerciales de grado A (Catrachita, Paraisito y Desarrural) grado B (Amadeus 77 y Seda) y finalmente grado C (Dorado y Tio Canela 75).

Cuadro 7. Propuesta de grados de cocción en frijol.

Grado	Tiempo de Cocción (min)
A	Menor a 50
B	51 a 60
C	Mayor a 61

Cuadro 8. Clasificación de variedades comerciales de acuerdo a tiempo de cocción.

Variedades	Tiempo de cocción (min)	Grado
Catrachita	Menor a 50	A
Paraisito	Menor a 50	A
Desarrural	Menor a 50	A
Seda	51 a 60	B
Amadeus 77	51 a 60	B
Dorado	Mayor a 61	C
Tio Canela 75	Mayor a 61	C

En el Cuadro 9 se observa los grados según calidad de cocción de las líneas mejoradas. Se puede observar que las líneas SRC1-12-1-43 y MER-2226-41 pertenecen al grado A, la línea SRC2-18-1 al grado B, y finalmente, las líneas SRS6-6, SRS-56-3 y SRC2-21-5 al grado C.

Cuadro 9. Clasificación de líneas mejoradas de acuerdo al tiempo de cocción.

Líneas Mejoradas	Tiempo de cocción (min)	Grado
SRC1-12-1-43	Menor a 50	A
MER-2226-41	Menor a 50	A
SRC2-18-1	51 a 60	B
SRS6-6	Mayor a 61	C
SRS-56-3	Mayor a 61	C
SRC2-21-5	Mayor a 61	C

5. CONCLUSIONES

- El frijol que requirió 0.5 KN para ser comprimido 80% a 25 milímetros de distancia de la cabeza de compresión y alcanzó 46% de humedad fue considerado como cocido por los panelistas.
- Las comparaciones de textura sensorial establecieron el punto óptimo de cocción.
- Para establecer el punto óptimo de cocción se puede utilizar cualquiera de los tres métodos utilizados de fuerza de compresión, porcentaje de humedad y viscosidad del caldo del grano de frijol, por ser consistentes.
- Las líneas mejoradas MER-2226-41 y SRC1-12-1-43 tuvieron los mejores tiempos de cocción de acuerdo a su fuerza de compresión, porcentaje de humedad y viscosidad del caldo del grano frijol.
- Se establecieron tres grados de calidad en frijoles según su tiempo de cocción para poder usarse de referencia en diferentes líneas mejoradas que se quieren llegar a comercializar.

6. RECOMENDACIONES

- Utilizar mayor cantidad de granos para estudios posteriores.
- Determinar tiempos óptimos de cocción corregidos a diferentes alturas sobre el nivel del mar.
- Validar los tiempos de cocción con diferentes tiempos de remojo previo.
- Realizar un estudio de vida útil de frijoles en caldo según las prácticas realizadas en el área rural.
- Normalizar métodos de cocción a nivel rural para determinar condiciones óptimas de cocción en estas zonas.
- Utilizar granos de frijol que se caractericen por tener tiempos de cocción muy altos.

7. BIBLIOGRAFÍA

Antunes, P. L. and C. Sgarbieri V. 1980. Effect of heat treatment on the toxicity and nutritive value of dry bean (*Phaseolus vulgaris* var. Rosinha (G2) protein. J. Agric. Food Chem. 28: 935-938.

Bueso F.J. 2004. Plan de estímulo de la producción de frijol rojo para consumo local y exportación usando nuevas variedades de alto rendimiento y óptima calidad de granos. Procesamiento Agroindustrial. Tegucigalpa, Honduras. 12 p.

Campos E., A. y P. Pérez G. 1998. Bayo Mecentral-90 variedad de frijol de temporal para los Valles Altos de la Mesa Central. INIFAP. Folleto Técnico Núm. 14, Chapingo, México. 14 p.

CENTA 2000. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Variedades de frijol. San Miguel, El Salvador. 21 p.

Durandhar, N. V. and C. K. Chang. 1990. Effect of cooking on firmness, trypsin inhibitors, lectins and cystine/cysteine content of navy and red kidney beans (*Phaseolus vulgaris*). J. Food Sci. 55: 470-474.

Jacinto H., C., J. A. Acosta G. y J. Ortega A. 1993. Caracterización del grano de variedades mejoradas de frijol en México. Agricultura Técnica en México 19: 167-179.

Jacinto H., 1999. Caracterización de una población de líneas endogámicas de frijol común por su calidad de cocción y algunos componentes nutrimentales. Departamento de Investigación de Alimentos, Instituto Politécnico Nacional (IPN). Mexico, D.F, 9 p.

Jackson, M. G. and E. Varriano-Marston. 1981. Hard-to-cook phenomenon in beans: Effects of accelerated storage on water absorption and cooking time. J. Food Sci. 46: 799-803.

MEIC (Ministerio de Economía, Industria y Comercio). 2004. RTCR 384:2004 Reglamento Técnico Para Frijol en Grano. San José, Costa Rica. 15 p.

Mora, M. A. 1987. Variables relacionadas con la determinación del tiempo de cocción de frijol. Costa Rica. Agronomía costarricense 6 (1/2) : 91-94.

Mora, M. A. 1994. Influencia de diferentes temperaturas y contenido de humedad sobre el tiempo de cocción de frijol (*Phaseolus vulgaris*) almacenado durante 18 meses. Agronomía costarricense 6 (1/2) : 87-89.

Perez C.A. 2002. Caracterización del frijol común por su calidad de cocción. Laboratorio de Calidad de Frijol. México, D. F. 9 p.

- Reyes, J. M. Moreno C. 1989. Biodisponibilidad del almidón en dos variedades comerciales de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y en frijoles industrializados. México, D.F. 9 p.
- Rosas J.C. 2001. Aplicación de metodologías participativas para el mejoramiento genético de frijol en Honduras. Agron. Mesoam. 12(2): 219-228.
- Rosas J.C., Gallardo O., Jiménez J. 2003. Mejoramiento del frijol común mediante enfoques participativos en Honduras. Agronomía Mesoamericana 14 (1) : 1-9.
- SAG 2001. Productos alimenticios para Latinoamérica. Frijol. Consultado Febrero 2004 (en línea). Disponible en: http://www.sag.gob.hn/dicta/Paginas/frijol_agronegocios.htm
- SAS Institute 1988. SAS/STAT User's Guide. Release 6.03 SAS Institute Inc. Cary, NC. 1028 p.
- Tyvand, J. D. 1997. Viscosidad en fluidos plásticos. Conceptos. Barcelona, España. 243 p.
- Vargas, F. H. 1999. Niveles de aceptación de germoplasma mejorado de frijol evaluado por pequeños agricultores mediante metodologías participativas en la región del Yeguaré, Honduras. Francisco Morazán, Honduras. 65 p.
- Watts B.M., Ylimaki G.L., Jeffery L.E. y Elias L.G. 1992. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Ottawa, Canadá. 170 p.
- White, J. W. 1985. Conceptos básicos de fisiología del frijol. In: Frijol: Investigación y Producción. López, M., F. Fernández, y A. V. Schoohoven (eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. p: 43-78.

8. ANEXOS

Anexo 1. Demanda anual potencial (qq ^a) de frijol rojo centroamericano en Estados Unidos.

Nacionalidad	Población (b)	Consumo Semanal (c)	Demanda Anual
Salvadoreños	659,600	2.68	204,271
Nicaragüenses	178,500	2.02	41,666
Hondureños	219,300	1.06	25,341
Total	1,057,400		271,278

a 1 qq = 45.4 Kg.

b Datos del INS de inmigrantes centroamericanos del 2002.

c Consumo semanal (lbs) de una familia promedio (4.5 integrantes)

Fuente: Plan de Estímulo de la Producción de Frijol Rojo Para Consumo Local y Exportación Usando Nuevas Variedades de Alto Rendimiento y Óptima Calidad de Granos, Francisco Bueso (2004).

Anexo 2. Pedigrí de incremento de líneas de frijol rojo con valor comercial

Línea	Población	Pedigrí
1	PPB 12	Concha Rosada / SRC 1-1-18 / UPR 9609-2
2,3,18	SRC 1-12-1	DOR 476 // XAN 155 / DOR 364
4-6	BCH 9901	Tío Canela-75 // SRC 1-1-18 / SRC 1-12-1
7	BC3 9911	SRC 1-12-1 / SRC 1-18-1 // UPR 9825-46-1
8	SRC 2-27	DICTA 151 / Tío Canela-75
9,10	MPN 101	Estela 150 / SRC 2-15
11	X069-157-8-5-6-1	Tío Canela-75 / VAX 6
12	MR 13425-17-3	RAB 612 x (DICTA 122 x SAM 1) F1/-(NN)Q-(NN)P-7Q-MC
13	MH 54	PR 9750-92//MUS PM31//DOR303/T968
14	PRF 9804	((MD 30-75 / DICTA 105) (9177-214-1 / MD 30-75 /// APN 83 / CNC/// XR 16492 / V 8025 // A 429 / K2))
15	BCH 9901	Tío Canela-75 // SRC 1-1-18 / SRC 1-12-1
16, 19	SRC 2-18	SRC 1-12-1 / Tío Canela-75
17	PPB 11	Concha Rosada / SRC 1-1-18 / SRC 1-2-12
20-22	MER 2211	Amadeus 77 / Catrachita
23	MER 2212	Milenio / Amadeus 77
24	MER 2218	Milenio / DICTA 17
25	MER 2222	Amadeus 77 / Raven
26	MER 2224	Amadeus 77 / Rojo Lila
27-31	MER 2225	Bribri / Amadeus 77
32-37	MER 2226	SRC 1-12-1-47 / Amadeus 77
38-41	MER 2227	Milenio / Marciano
42-45	MER 2228	Tío Canela 75 / Marciano
46-47	MER 2229	MD 23-24 / Marciano
48-56	MFP 2241	Amadeus 77 / Paraisito
59	PR 0310-74	VAX 3 / PR 9607-29
61	SRS 6	DICTA 17 / Amadeus 77
62	SRS 4	DOR 390 / BAT 477

Fuente: Incremento para estudio de aceptación comercial (PIF 04-02).

Anexo 3. Incremento para estudio de aceptación comercial

No.	Identificación	No.	Identificación
1	PPB 12-16 MC	37	MER 2226-46
2	SRC 1-12-1-48	38	MER 2227-41
3	SRC 1-12-1-92	39	MER 2227-42
4	BCH 9901-14	40	MER 2227-44
5	BCH 9901-36	41	MER 2227-46
6	BCH 9901-71	42	MER 2228-1
7	BC3 9911-31	43	MER 2228-2
8	SRC 2-27-30	44	MER 2228-15
9	MPN 101-110	45	MER 2228-17
10	MPN 101-141	46	MER 2229-17
11	X069-157-8-5-6-1	47	MER 2229-29
12	MR 13425-17-3	48	MER 2241-10
13	MH 54-9	49	MER 2241-21
14	EAP 9804-34	50	MER 2241-33
15	BCH 9901-3	51	MER 2241-34
16	SRC 2-18-74	52	MER 2241-44
17	PPB 11-20 MC	53	MER 2241-59
18	SRC 1-12-1-43	54	MER 2241-85
19	SRC 2-18-1	55	MER 2241-94
20	MER 2211-34	56	MER 2241-100
21	MER 2211-35	57	Paraisito
22	MER 2211-50	58	Rojo de Seda
23	MER 2212-28	59	PR 0310-74
24	MER 2218-22	60	Amadeus 77
25	MER 2222-32	61	SRS 6-6
26	MER 2224-7		
27	MER 2225-20		
28	MER 2225-56		
29	MER 2225-63		
30	MER 2225-67		
31	MER 2225-74		
32	MER 2226-4		
33	MER 2226-10		
34	MER 2226-38		
35	MER 2226-41		
36	MER 2226-42		

Fuente: Incremento para estudio de aceptación comercial, código PIF 04-02.

Ubicación: Zamorano

Tamaño de la parcela: 5 surcos/10 m largo

Procedencia: VIDAC, ECAR rojo, COVA, VISEQ, LINAFA y PIF 03-14

Antecedente: VIDAC, ECAR rojo, COVA, VISEQ, LINAFA y PIF 03-14

Descripción: 13 líneas VIDAC, 3 líneas ECAR, 3 líneas COVA, 2 líneas VISEQ, 1 línea LINAFA y 37 líneas PIF 04-01

Anexo 4. Pedigrí de líneas mejoradas

Las líneas mejoradas:

Nº	Línea	Pedigrí
1	SRC 1-12-1-43	DOR 476 // XAN 1 55 / DOR 364
2	SRC 2- 18-1	Milenio / Tío Canela 75
3	SRC 2-21-5	SRCl-18-1A/Bribri
4	SRS6-6	DICTA 17 /Amadeus 77
5	SRS56-3	Amadeus 77 / SEAS
6	MER 2226-41	Milenio 47 / Amadeus 77
7	Amadeus 77	Testigo Mejorado
8	Variedad criolla	Testigo Local

Fuente: Libro de registros para ensayo de comprobación de variedades de frijol de grano rojo 2004.