

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



Evaluación de las características físico químicas en frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad; Pinto Saltillo de dos periodos 2009 y 2010

Por:

Edgar Bolaños Silvestre

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para obtener el Título de:

Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Buenavista, Saltillo Coahuila, México

Mayo 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Evaluación de las características físico químicas en frijol (*Phaseolus vulgaris*)
variedad; Pinto Saltillo de dos periodos 2009 y 2010

Por:

Edgar Bolaños Silvestre

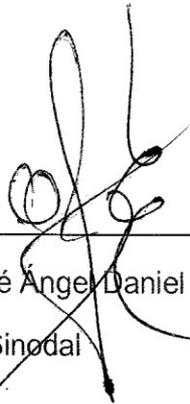
Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos



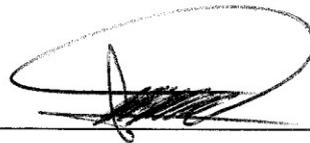
Lic. Laura Olivia Fuentes Lara

Presidente del jurado



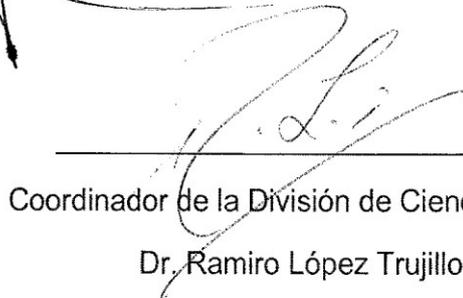
M.C José Ángel Daniel González

Sinodal



Dr. Heliodoro de la Garza Toledo

Sinodal



Coordinador de la División de Ciencia Animal

Dr. Ramiro López Trujillo

Buenvista, Saltillo Coahuila, México

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



COORDINACION DE
CIENCIA ANIMAL

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** primeramente por darme la vida y fortalecer mi espíritu y estar siempre a mi lado en los momentos más difíciles y por ayudarme a terminar una meta más de satisfacción en mi vida.

Al **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** por abrirme las puertas y brindarme los conocimientos adquiridos para la formación de esta ingeniería.

Al **M.C. José Ángel Daniel González** por darme la oportunidad de demostrar mis conocimientos en este trabajo de tesis, sus consejos, conocimientos y su amistad brindada.

Al **T.L.Q. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel** por su valiosa amistad que siempre ha demostrado, ayuda y paciencia en el laboratorio en la elaboración de este trabajo, sino también por los malos ratos que le hice pasar en la estancia en la Universidad.

A la **Lic. Laura Olivia Fuentes Lara** por todo el apoyo incondicional que me brindo para poder realizar el presente trabajo de investigación. Así también por sus enseñanzas en clases.

Al **Dr. Heliodoro de la Garza Toledo** por apoyarme en la elaboración de este trabajo y la amistad brindada en el transcurso de la Universidad

A mis compañeros de cuarto en el internado **Paraíso No. 4** que me brindaron su amistad y apoyo a lo largo de mi estancia en la Universidad: **Daniel (Che-p), Carlos (Pinturas), Alejandro (la Flaca), Eliseo (Cheo) y Cesar**. Y a mis amigos de trabajo que me apoyaron mientras cursaba la Universidad: **Arnulfo Tranquilino Salas Aguirre, Ing. José Luis**.

DEDICATORIAS

A mis Padres

Javier Bolaños Vázquez y Adelaida Silvestre Moreno

Por darme la vida y darme la oportunidad de seguir estudiando a nivel licenciatura, por ensañarme el mejor camino de la vida que es el estudio y las principios que me inculcaron desde niño; a todo ese amor que me brindaron y esa confianza que me han demostrado en todo el trascurso de mi vida y de esta forma lograr un proyecto más en mi vida, y deseo de todo corazón que Dios nuestro señor los bendiga hoy, mañana y siempre.

A mi esposa

Roció Isabel Alvarado Plascensia

Por regalarme los siete hermosos años de mi vida y estar conmigo en las buenas y en las malas en la estancia en la Universidad, por su comprensión y su paciencia conmigo y tener su apoyo incondicional en lo largo de estos siete años, por enseñarme que todo se puede en esta vida con dedicación y con esfuerzo, a ti muchas gracias por estar todos estos años junto a mí.

A mis Hermanos

Cirilo, Jonathan y el más chico de todos Marco Uriel

Por brindarme todo su apoyo, cariño y amor incondicional de hermanos, para poder terminar este trabajo de tesis y por ser motivo de superación, siempre estarán en mi mente y en mi alma los quiero y los admiro, que Dios los bendiga y me los cuide en donde quiera que se encuentren.

A mis abuelitos:

Estefanía, Inocencio y Aurora

Por la bendición que siempre y en cada momento he tenido de Ustedes, por el cariño y amor que han demostrado y por ser principales pilares de mi hermosa familia, y que Dios nuestro señor los bendiga siempre.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo General.....	3
1.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Origen y generalidades del frijol.....	4
2.1.1 Importancia del grano de frijol.....	6
2.2. Frijol Pinto Saltillo.....	6
2.2.1 Estructura de la semilla.....	7
2.2.2 Textura de la semilla de frijol.....	8
2.3. Composición química.....	8
2.3.1 Carbohidratos.....	9
2.3.2 Fibra.....	9
2.3.3 Proteína.....	10
2.3.4 Lípidos.....	11
2.3.5 Minerales y vitaminas.....	12
2.4. Factores antinutricionales.....	12
2.4.1 Polifenoles.....	12

2.4.2 Taninos.....	13
2.4.3 Fitatos.....	15
2.4.4 Inhibidor de proteasas.....	16
2.4.5 Oligosacáridos.....	16
2.5 Proceso de remojo.....	17
2.6 Proceso de cocción.....	18
2.7 Aporte nutricional y nutracéutico.....	19
2.7.1 Los frijoles contribuyen a prevenir enfermedades crónicas.....	19
2.7.2 Efectos específicos de la fibra.....	20
2.7.3 Efectos de los falatos.....	21
2.7.4 Efecto del magnesio.....	22
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1 Descripción del sitio experimental.....	23
3.2 Materia prima.....	23
3.2.1 Remojo.....	23
3.2.2 Tiempo de cocción de la muestra.....	23
3.3 Preparación y conservación de la muestra.....	25
3.4 Equipos y reactivos.....	25
3.5. Análisis bromatológico.....	25
3.5.1 Determinación de materia seca total.....	26
3.5.2 Determinación de contenido de cenizas.....	26
3.5.3 Determinación de proteína (macro Kjeldahl).....	27
3.5.4 Determinación de contenido de grasa total método (Soxleth)..	28
3.5.5 Determinación de fibra cruda.....	29
3.5.6 Carbohidratos totales.....	30

3.6 Diseño experimental.....	31
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1 Tiempo de cocción de la muestra.....	32
4.2 Determinación de la humedad de las muestras a analizar.....	33
4.3 Resultados del análisis bromatológico del frijol.....	34
5. CONCLUSIONES.....	39
6. RECOMENDACIONES.....	40
7. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Tiempo de cocción de la variedad de frijol Pinto Saltillo de diferente año de cosecha.....	32
Cuadro 2: Valores promedio de los tratamientos de cocción obtenidos en el análisis de materia seca total (%).	34
Cuadro 3: Valores promedio de los tratamientos de cocción obtenidos en el análisis de cenizas (%).	35
Cuadro 4: Valores promedio de los tratamientos de cocción obtenidos en el análisis de proteína (%).	36
Cuadro 5: Valores promedio de los tratamientos de cocción obtenidos en el análisis de extracto etéreo (%).	37
Cuadro 6: Valores promedio de los tratamientos de cocción obtenidos en el análisis de fibra cruda (%).	37
Cuadro 7: Valores promedio de los tratamientos de cocción obtenidos en el análisis de carbohidratos (%).	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica de los principales hallazgos del frijol Común (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) y años de antigüedad.....	5
Figura 2: Estructura de la semilla del frijol.....	7
Figura 3: Tiempo que tarda el 50% de frijoles en cocerse (TC50)...	24
Figura 4: Resultados de humedad obtenidos a lo largo de 100 min de cocimiento a temperaturas de 95°C del frijol Pinto Saltillo.....	33

RESUMEN

Se determinaron los tiempos de cocción en el cocedor Mattson, del frijol Pinto Saltillo grano originado en los ciclos de producción primavera verano 2009 y primavera verano 2010, y su respuesta variante respecto a los porcentajes nutricionales. En este estudio se evaluaron cuatro tiempos de cocción 25, 50, 75, 100 minutos. Con un pre tratamiento de 15 horas de remojo en agua purificada.

A los dos periodos de producción del frijol antes mencionado, se les realizó el análisis bromatológico, determinando las propiedades nutricionales resultantes de los diferentes tiempos de cocción, de acuerdo a los métodos A.O.A.C. 1990 (Association of Official Analytical Chemists), evaluando los parámetros; proteína, carbohidratos, lípidos, cenizas, fibra cruda y materia seca total.

En el presente trabajo los resultados obtenidos son: en el tiempo 75 minutos los nutrientes citados se expresan con mayor porcentaje, a excepción de la proteína donde el mayor porcentaje 23.22%, se presenta a tiempos de 100 minutos de cocción en la producción 2010 y de 17.35% para el 2009.

Esta información es básica para el procesamiento doméstico e industrial del frijol, evitando la degradación de nutrientes, por el exceso de cocción del frijol y el ahorro de combustible.

PALABRAS CLAVE: frijol, periodos de cosecha, análisis bromatológico, tiempo de cocción.

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) representa uno de los alimentos de mayor importancia en México, ya que aunado con el maíz aportan prácticamente la totalidad de las proteínas vegetales que consumen los estratos sociales de bajo ingreso de la ciudad y del campo, ocupando un lugar predominante dentro de la dieta.

Actualmente esta leguminosa se enfrenta a modificaciones importantes ante una sociedad cambiante lo cual está ejerciendo presiones diversas de la cadena de producción, comercialización, transformación y consumo (SIAP-SAGARPA 2009). Por otro lado se ha identificado la existencia de un mercado de consumo en crecimiento acelerado para el frijol procesado.

Existen diferentes variedades de frijol y su valor comercial y consumo es influenciado por características como tamaño, color y uniformidad del grano, además del tiempo de cocción, sabor y espesor del caldo (3). Por otra parte, el valor nutrimental de esta leguminosa está determinado en gran medida por el contenido de proteína y su digestibilidad, este grano es una de las principales fuentes de nutrientes para la población de escasos recursos.

El frijol constituye un producto de gran importancia en la dieta del pueblo mexicano, se destinan a su siembra 2.3 millones de hectáreas. De esta superficie, 2.0 millones son sembradas en temporal y el resto bajo riego. Sin embargo, el rendimiento promedio nacional es de 567 kilogramos por hectárea, haciendo necesaria la búsqueda de variedades más rendidoras que satisfagan la demanda de este alimento y que además, sean resistentes a sequía, plagas y enfermedades (INIFAP 2006).

En México la clase comercial de fríjol tipo pinto es apreciado por su sabor y consistencia después de la cocción (*Rosales et al., 2006*), por lo que se tiene una demanda anual aproximada de 370 mil toneladas (*Sánchez et al., 2001*). El grano tipo pinto de la variedad sembrada tradicionalmente tiene vida de anaquel reducida, debido al oscurecimiento rápido de la testa. Para solucionar este problema el INIFAP desarrollo la variedad Pinto Saltillo, que tiene testa de color crema clara que no se oscurece.

De la misma manera, en el norte de México los tipos de fríjol que tienen más aceptación por parte del consumidor son: pintos, bayos, y flor de mayo

1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el tiempo de cocción sin afectar el contenido nutrimental del frijol

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los contenidos nutricionales con respecto al tiempo de cocción.
- Comparar las diferencias de cocción y contenido nutricional respecto a los diferentes periodos de producción.

1.3. HIPÓTESIS

Existiera diferencia física respecto a la época de producción del frijol Pinto Saltillo, en la aplicación de la cocción tradicional e industrial.

Existiera diferencia química - nutricional respecto a la época de producción del frijol Pinto Saltillo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen y generalidades del frijol

Los estudios arqueológicos revelan que el frijol, del género *Phaseolus* se origina en el continente americano⁴. Al respecto se han encontrado evidencias con antigüedad de 500 a 8 mil años en algunas regiones de México⁵, Estados Unidos⁶ y Perú⁷ (figura 1.1). No obstante, existe un relativo acuerdo respecto a su origen: México, es sitio de donde se diseminan las primeras semillas hacia el sur del continente americano, sitio en el que llega a cultivarse (Voyses, 1983:3; Voyses, 2000: 9; Paredes et al., 2006: 61). Destacan que es posible identificar a este país como lugar de origen por encontrar prototipos de especies silvestres de los 5 grupos más cultivados: *P. vulgaris*, «frijol común»; *P. acutifolius*, «frijol tépari»; *P. lunatus*, «frijol lima»; *P. coccineus*, «frijol escarlata»; y *P. polyanthus*, «frijol anual».

La familia *leguminosae* es una de las tres familias más grandes con 600 géneros y 12,000 especies. En esta familia están representadas todas las principales formas de crecimiento: hierbas, tanto anuales como perenes, arbustos, enredaderas y árboles, que están distribuidas en todo el mundo, en climas tropicales y templados, sus raíces tienen nudosidades que encierran bacterias del género *Rhizobium*, por lo cual viven en simbiosis, lo que les faculta para fertilizar el suelo con compuestos nitrogenados, por lo cual se practica el cultivo mixto, como maíz-frijol y caña de azúcar-frijol (Cruz, 1996; Graham et al, 1997; Vaquero, 1986).

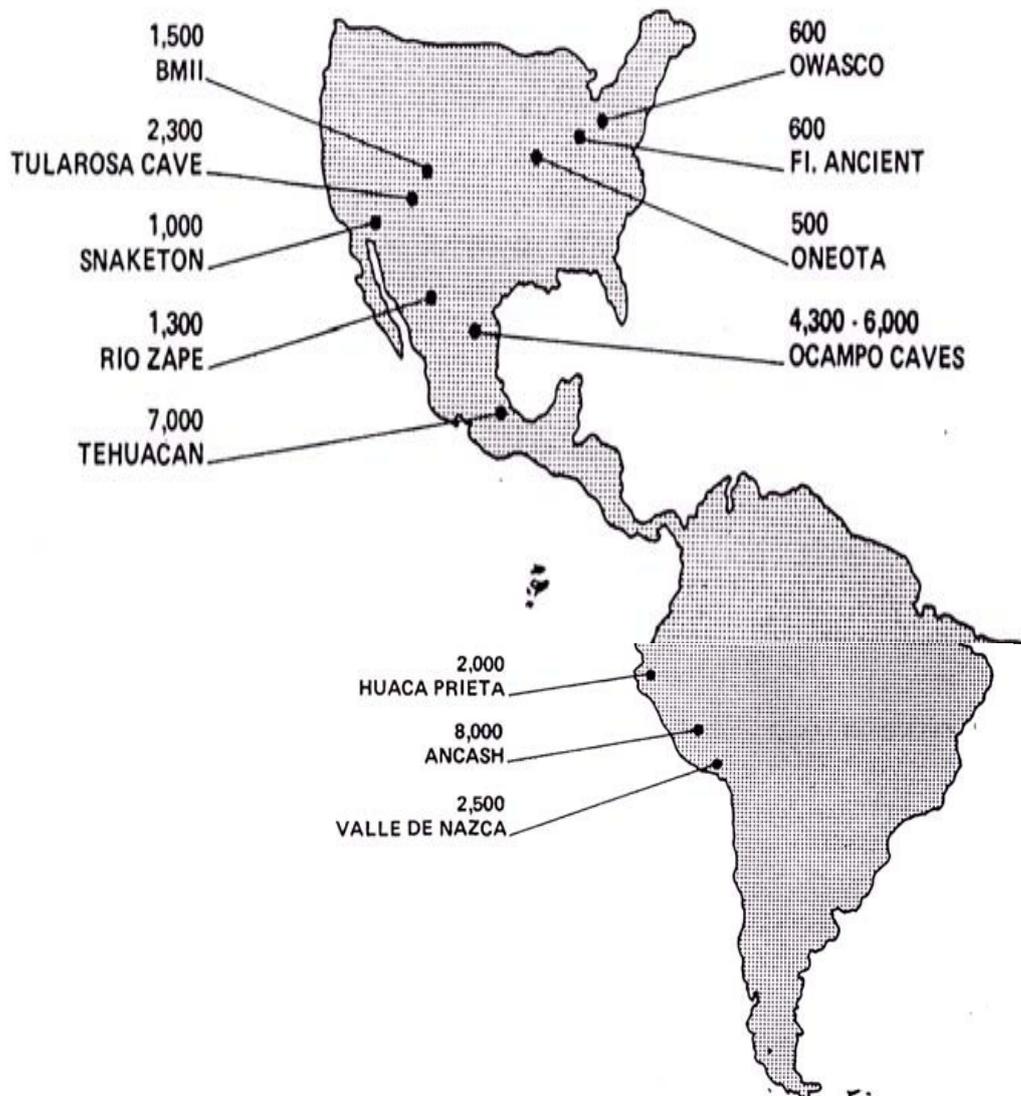


Figura 1. Ubicación geográfica de los principales hallazgos del frijol Común (*Phaseolus vulgaris* L.) y años de antigüedad

Fuente: Adaptado de Debouck e Hidalgo (1985)

2.1.1 Importancia del grano de frijol

Es un alimento fundamental en la dieta de la población mexicana, sobre todo para las clases más desprotegidas del país. Las leguminosas son buenas candidatas para mejorar estas condiciones por su bajo costo y por ser de dos a tres veces, más ricas en proteínas que los granos de cereales (*Sallunkhe, 1985*) también las leguminosas son fuentes de vitaminas y minerales. Por otro lado, contienen una variedad de constituyentes tóxicos, como flavonoides, alcaloides, y algunas proteínas poco comunes. Afortunadamente, muchas de las toxinas se eliminan durante el remojo en agua y en la cocción.

Asimismo el frijol es un producto estratégico dentro del desarrollo rural en México, ya que ocupa el segundo lugar en cuanto a superficie sembrada nacional y representa además la segunda actividad agrícola más importante del país por el número de productores dedicados al cultivo (*SAGARPA, 2002*).

2.2 Fríjol Pinto Saltillo

Pinto Saltillo, tiene una testa de color crema clara que no oscurece y manchas de color café; proviene de la cruce múltiple, donde intervinieron las variedades de Hidalgo 77, MAN 30, Michoacán 91^a, BAT 76, BAT 93, y G5653, y fue liberada en el 2001 por el campo experimental INIFAP Saltillo.

Esta variedad se obtuvo como resultado de la colaboración entre el INIFAP y el Centro de Investigación de Agricultura Tropical (CIAT), llevado a cabo con el propósito de obtener variedades resistentes a enfermedades como

son: antracnosis, roya, tizón común, tizón de halo y pudrición de raíz; además de lograr variedades de grano de tipo comercial y con tolerancia a sequia.

2.2.1 Estructura de la semilla de frijol

Las partes anatómicas que conforman el frijol se muestran en la figura numero 2. La capa externa de la semilla es la testa o cubierta y está compuesta por una cutícula delgada la cual cubre la capa de células de pared gruesa llamada células empalizadas.

El hilio es una cicatriz ovalada y se hace evidente en la superficie de la semilla en la parte media del borde.

El micrópilo es una pequeña abertura de la testa junto al hilio y el rafé es una arruga arriba del hilio opuesta al micrópilo.

Los cotiledones forman la parte principal del frijol respecto al peso y el volumen y muestran una estructura altamente organizada; esta contiene células parenquimatosas enlazadas por una pared celular, la lámina media y un envoltorio vascular ocasional, compuesto por un gran número de células empaçadas.

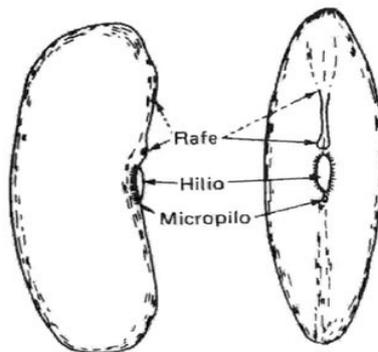


Figura 2 Estructura de la semilla del frijol

2.2.2 Textura de la semilla de frijol

La textura del frijol y sus nutrimentos en general, son resultado de su microestructura, la cual depende de la fuerza física existente entre los componentes químicos celulares (*Stanley, 1986, Lui, 1995*).

Durante el procesamiento requerido para su consumo la microestructura se modifica de forma tal que el producto vegetal se suaviza, en el caso del frijol su procedimiento involucra dos etapas. **La primera** es un proceso de absorción de agua ocurrida durante el remojo de la misma, de tal manera que existe una cierta correlación entre la capacidad de hidratación y la dureza de la semilla y la **segunda**, ocurre durante la cocción de la semilla, durante dicho proceso el frijol se suaviza, desarrolla un sabor y aroma agradable y pierde toxicidad (ya que el tratamiento térmico es suficiente para inactivar los inhibidores de tripsinas, fitohemaglutininas, factores bociogénicos, glucósidos cianogénicos, factores de flatulencias, entre otros) volviéndose digerible (*Bourges, 1987b; Mendoza, 1992*)(*Bernal et al, 1997; Anzaldúa-Morales et al, 1996; Clemente et al 1998; Díaz, 1989*).

2.3 Composición química

La disponibilidad de nutrimentos de las leguminosas dependen de su contenido y factores tales como manejo poscosecha, métodos y condiciones de procesamientos, presencia de factores antinutricionales y / o tóxicos y posible interacción de nutrimentos con otros componentes (*Salunke et al., 1985*). La composición química de las leguminosas está regida por la variedad, localización geográfica y condiciones ambientales de crecimiento.

2.3.1 Carbohidratos

Los carbohidratos constituyen la fracción principal en los granos de las leguminosas (60% del peso seco). Los polisacáridos más importantes de las leguminosas son el almidón, los polisacáridos de la pared celular (fibra dietética) y los oligosacáridos, que se encuentran en cantidades pequeñas aunque significativas (*Bravo et al., 1998*).

El contenido de carbohidratos en los frijoles es de 50 a 60% en peso seco, se encuentran oligosacáridos de la familia de las rafinosa (rafinosa, estaquiosa y varbascosa) cuyo contenido varía de 2 a 6%. Otros carbohidratos del frijol son pectinas, arabinogalactanas y xiloglucanos (*Sathe et al., 1985*).

2.3.2 Fibra

Las semillas de las leguminosas presentan contenidos de fibra dietética que varía entre 14 y 19%, el cual es mayor que el encontrado en otros granos como los cereales (*Pak et al., 1990*) debido a estos valores el frijol es considerado como una fuente importante de fibra dietética. A finales de los 80's empezó el auge acerca de la importancia de la fibra dietética en la alimentación humana, desde entonces ha recibido gran atención tanto por científicos, como por consumidores, debido a que diversos estudios han demostrado que su consumo está relacionado con ciertos efectos benéficos a la salud (*Scheeman, 1988; Hughes, 1991*).

2.3.3 Proteína

El porcentaje de proteína está bien estudiado en cultivos de frijol común comercial, con un intervalo de valores desde 16 a 33%, dichos valores están reportados para diversas variedades de frijol (*Osborn, 1988*).

Las variedades del porcentaje de proteína no solo depende de los genes que controlan la síntesis y acumulación de proteína específica, sino también de genes que controlan otros factores, tales como adquisición de nutrientes, maduración, producción de semillas, tamaño de la semilla, síntesis y acumulación de almidón en la semilla (*Osborn, 1988*). Además, también de factores ambientales, tales como localización geográfica y tiempo de cosecha, tal vez todos estos factores influyan en el contenido de proteínas en el frijol (*Sathe et al., 1985*).

Las principales proteínas en las semillas de frijol común son denominadas faseolina, lectinas y argelinas (*Osborn, 1988*). La faseolina es la principal fracción proteínica del frijol cultivado y representa 40 a 60% de la proteína total. La lecitina también llamada hemaglutininas o fitohemaglutininas son glicoproteínas con la única propiedad de enlazar azúcares y proteínas que contienen azúcares. Además de la aglutinación de eritrocitos y leucocitos, las lectinas pueden interactuar con otros tipos de células (*Lis y Sharon, 1972*). En la familia leguminoseae se ha demostrado que más de 600 especies y variedades contienen lectinas. Las lectinas representan de 2 a 10% de la proteína de la semilla, sugiriendo que pueden jugar un papel importante en la fisiología de la planta (*Etzler, 1986*).

Se ha sugerido que las lectinas son responsables de al menos en parte de la toxicidad y bajo nivel nutritivo de los frijoles crudos y mal cosidos (*Bender, 1983*). Las lectinas de frijol son compuestos termolábiles, por lo que son inactivadas bajo condiciones de tratamientos térmicos húmedo, aunque no se eliminan en su totalidad (*Thompson et al., 1983*). Las argelinas son proteínas que fueron localizadas en frijol común, en la población de Argelia (Guerrero, México), aunque también encontrarse en líneas que contienen faseolina y lactina. La composición química de la argelinas es muy parecida a la de las lectinas, aunque la argelina contienen más metionina, cisteína y residuos básicos de aminoácidos y más residuos glucosilados (*Osborn et al., 1988*).

2.3.4 Lípidos

El frijol común contiene entre 1 a 3 % de lípidos, dependiendo de la especie (*Sathe et al., 1985*). El contenido total de lípidos podría variar dependiendo de la variedad, localización, clima, condiciones ambientales y el tipo de tierra en la cual crece (*Worthington et al., 1972*).

Los lípidos de los frijoles tienen una variedad de ácidos grasos y contienen cantidades sustanciales de ácidos grasos esenciales (*Patte et al., 1982*), oléico (7 a 10%), linoléico y linolénico (37 a 54%). Los ácidos grasos poliinsaturados tales como linoléico y linolénico, no pueden ser sintetizados por animales y humanos, y estos dos ácidos son requeridos para un crecimiento normal de la estructura celular, la función de todos los tejidos, y síntesis de prostaglandinas (*Lehninger, 1975*). Estos también contienen ácidos grasos saturados, siendo principalmente al ácido palmítico, en un intervalo de 10 a 15% del total de lípidos.

2.3.5 Minerales y vitaminas

Las leguminosas son buena fuente de minerales totales como calcio, hierro, cobre, zinc, potasio y magnesio, el potasio contribuye con el 25 a 30% del contenido total de minerales en la semilla. Asimismo, contiene una cantidad importante de fósforo que está presente como ácido fítico. Las leguminosas son ricas en vitaminas y aportan a la dieta cantidades considerables de tiaminas, riboflamina y niacina (*Salunkhe et al., 1985*).

2.4. Factores antinutricionales

El fríjol común contiene factores antinutricionales y sustancias tóxicas, incluyendo polifenoles, taninos, fitatos, inhibidores enzimáticos, lectinas, factores de flatulencias y compuestos cianogénicos (*Sgarbieri y Whitaker, 1982*).

2.4.1 Polifenoles

Los polifenoles comprenden un gran número de compuestos químicos que tienen al menos un anillo aromático y uno o más grupos hidroxilos junto a otros sustituyentes; pueden ser divididos en dos grandes grupos: taninos y ligninas.

Los efectos de antinutricionales de los taninos han sido reportados principalmente en animales (*Reddy et. Al., 1985*). *Price y Butler (1980)* revisaron los efectos de varios tipos de taninos y los agruparon en los

siguientes categorías: depresión de la ingesta de alimentos, formación de complejos con la proteínas de la dieta y con otros componentes de los alimentos, inhibición de enzimas digestivas, incremento de la excreción de proteínas endógena, efecto sobre el tracto digestivo y toxicidad de los taninos absorbidos y sus metabolitos.

2.4.2 Taninos

Los taninos condensados (proantocianidinas) son compuestos polifenoles de los alimentos pertenecientes al grupo de los flavonoides (*Derache, 1990; Saura Calixto et al., 2007*). Los flavonoides son un grupo diverso de metabolitos que tienen un sistemas de anillos heterocíclicos derivado de la fenilalanina (B) y de la biosíntesis del poliquétido (A y C) (*Hegerman, 2002*).

Los taninos se pueden dividir en condensados e hidrolizables. Los dos grupos de taninos difieren en sus estructuras químicas de los monómeros de taninos.

Los taninos más estudiados son los basados en el flaven-3- ol como la epicatequina y la catequina. Se extraen con compuestos polares y se caracterizan por su facultad de combinarse con proteínas, disminuyendo así el valor biológico de este; también disminuye la disponibilidad del hierro, forman complejos con el cromo y metales pesados. Su dosis diaria es de 500 mg/día, dosis que es fácil mente superada en dietas alimentarias que se consideran normales.

Cardador-Martínez et al. (2002b) reporta que los taninos condensados representan en la cascarilla de frijol muestran capacidad antioxidante. De acuerdo a *Rocha- Guzmán et al. (2007)* los taninos condensados e hidrolizables de alto peso molecular han mostrado ser antioxidantes más efectivos que los fenoles simples.

El contenido de taninos disminuye con el tiempo en el grano, probablemente debido a reacción de oxidación que pueden sufrir durante el almacenamiento por la acción de la polifenoloxidasas (*Bibao Reboledo, 2000*). Una vez que estos compuestos se oxidan pueden polimerizarse y/o acomplejarse con proteínas, vitaminas e hidratos de carbono, favoreciéndose estas uniones en condiciones de elevada temperatura y humedad relativa. De acuerdo a *Aparicio-Fernández et al. (2005b)* la harina y la cáscara del frijol que no han recibido tratamiento térmico tienen un contenido de taninos de 13.7 ± 1.2 y 222.41 ± 16 mg de (+)-catequina equivalente/g, respectivamente. En cuanto al contenido de taninos en el frijol sometido a tratamiento térmico reporta que es de 4.1 ± 0.4 mg de (+) catequina equivalente/g. Existen variaciones en el contenido de taninos de acuerdo a la variedad de frijol, pero también cabe destacar que los taninos son metabolitos secundarios de la planta por los que presencia en la planta se ve afectada por las condiciones ambientales e incluso dentro de una misma variedad se encuentran variaciones dependiendo de regiones donde se encuentre e incluso la temperatura del año que fue sembrada.

El efecto de los tratamientos de cocción sobre el contenido de taninos no está totalmente dilucidado; sin embargo, varios autores (*Van der Poel, 1990; Barampama & Simard, 1993; Shimelis & Rakshit, 2007*) reportan diferentes

reducciones en el contenido de taninos después de someterse a tratamientos térmicos. De acuerdo a *Aparicio-Fernández et al. (2005b)*, los taninos se reducen en un 70% después de cocer el frijol por 2.5 horas a temperatura de ebullición.

Tanto las lectinas como los inhibidores de tripsinas disminuyen durante los procesos de cocción debido al proceso de desnaturalización y lo hacen aún más si el grano es sometido a un previo remojo (*Shimelis & Rakshit, 2007*).

2.4.3 Fitatos

Al referirse a este grupo de compuesto es común encontrar en la literatura los términos ácido fítico, fitina y fitatos. El ácido fítico se encuentra localizado en los cotiledones, con escasa o nula presencia en testa (*Deshpande et al., 1982*), siendo la principal reserva de fósforo, ya que contiene alrededor de 80% de mismo. Los niveles de ácido fítico han sido relacionados con la calidad de cocción y el desarrollo del endurecimiento en leguminosas (*Bernal-Lugo et al., 1990; Bernal-Lugo et al., 1991*). En leguminosas, las interacciones ácido fítico-proteína son uno de los principales factores que merman su valor nutricional (*Knucklen et al., 1985*). El ácido fítico inhibe enzimas como pepsina, α -amilasa, y tripsina, sin embargo se ha reportado que no interfiere con la digestibilidad *in vivo* o *in vitro* de proteínas (*Deshpande y Damoradan, 1989*).

2.4.4 Inhibidores de proteasa

Los inhibidores de proteasa tienen por función impedir la actividad de enzimas proteolíticas durante de la digestión (*Sgarbieri y Whitaker, 1982*), constituyen de 0.2 a 2.0% de la proteína soluble total de la semilla de frijol. Los inhibidores de tripsina aislados de los frijoles son proteínas de bajo peso molecular. Todos tienen alto contenido de ácidos aspártico, serina y cisteína y un bajo contenido de valina, metionina, fenilalanina, tirosina y triptófano.

La mayoría de los inhibidores de tripsina son capaces de inhibir simultáneamente, tanto tripsina como quimiotripsina. Aunque hay discrepancia sobre la estabilidad de los tipos principales de inhibidores de tripsina, Bilbao Reboredo (2000) reporto que los inhibidores de tripsina y sustancias peptídicas se logra cuando se someten a cocción húmedo por 15 minutos o tratamientos de remojo y cocción (*Derache,1990;González de Mejía et al., 2005*) lo cual reportan que los frijoles mejora definitivamente la calidad nutricional, debido a que durante la cocción de los frijoles, los inhibidores de proteasas son destruidos rápidamente (*Antunes y Sgarbieri, 1979*).

2.4.5 Oligosacáridos

Las semillas de leguminosas contienen compuestos que producen flatulencias; estos son oligosacáridos de la familia de la rafinosa entre los cuales se incluyen a la rafinosa, estaquinosa y verbasco. Estos no son digeridos por el hombre debido a la ausencia de la enzima β (1-6) galactosa en la mucosa intestinal y por ello no son absorbidos en la sangre, pero son

metabolizados por la microflora del tracto intestinal, produciendo dióxido de carbono, hidrógeno y pequeñas cantidades de metano (*Salunke et al., 1985*).

2.5 El proceso del remojo

Los cambios del remojo son dependientes de la absorción de agua (*Safa-Dedeh y Stanley, 1979*), lo que se realiza en dos pasos. Primero la penetración de agua a través de la testa, y en seguida la penetración y difusión uniforme del agua en los cotiledones; de esta forma, la testa es la primera barrera que enfrenta el agua antes de pasar hacia el interior de la semilla (*Safa-Dedeh y Stanley, 1979*).

Con respecto a la presencia del agua a través de la testa, *Safa-Dedeh y Stanley (1979)* reportan que los cambios de textura asociados por el remojo y la absorción de agua en las leguminosas son influenciados por características anatómicas como estructura y grosor de la testa, tamaño del hilio y naturaleza y tamaño del micrópilo.

Durante el proceso de remojo de la semilla a temperatura ambiente, se dan los siguientes eventos: los granos de almidón se hidratan y aumenta su volumen, *Safa-Dedeh y Stanley (1979)*, entonces la adhesión intercelular de la semilla disminuye a causa de la hidratación de los polisacáridos de la pared celular, lo que de cómo resultado la disminución de la dureza de la semilla.

2.6 Proceso de cocción

El proceso de cocción es tradicional en la preparación de los frijoles para su consumo. Durante el proceso de cocción, ocurren cambios estructurales y químicos en la semilla de frijol. En este tratamiento térmico, el calor aplicado induce a la semilla los cambios estructurales que conducen a su ablandamiento, dichos cambios son: la gelatinización de los gránulos de almidón, que se realizan paulatinamente conforme se incrementa la temperatura hasta llegar aproximadamente a los 65°C, remoción parcial de los polifenoles, y la ruptura y termo-solubilización de la lamina media, todo esto conduce a daños mecánicos como puede ser el estadillo celular, y finalmente, a la pérdida de la rigidez o dureza (*Bernal et al, 1997, Jones and Boulter, 1983, Ng et al, 1997, Safe-Dedeh y Stanley, 1979, Waldron et al 1997*).

La suavización de la semilla, depende principalmente de los cambios físicos de sus constituyentes celulares, como son los almidones, proteínas, lípidos, los polifenoles y desde el punto de vista estructural, la pared celular y su lamina media (*Bernal et al, 1997, Mendoza, 1992, Waldron et al 1997*).

Por otra parte, el efecto del calor por el proceso de cocción, inicialmente altera las propiedades físicas de la semilla, como pérdida de firmeza y ruptura de la membrana celular, ambos asociados a la pérdida de presión de turgor, además del ablandamiento adicional por un incremento en la separación celular (*Waldron et al 1997*).

2.7. Aporte nutricional y nutracéutico

El frijol es una importante fuente de proteínas, calorías, vitaminas del complejo B y minerales. El nivel de proteínas es de 14-33 % y se caracteriza porque es deficiente en aminoácidos azufrados y triptófano pero contiene grandes cantidades de lisina. Tiene 1.5-6.2 % de lípidos con diferentes ácidos grasos, especialmente monoinsaturados y poliinsaturados, como oleico, linoleico y linolénico. Últimamente se ha prestado mucha atención al frijol debido a su potencial nutracéutico; ayuda a prevenir o reducir enfermedades cardiovasculares, cáncer y diabetes. El ácido fólico es un potente nutracéutico y el frijol es una excelente fuente del mismo. Asimismo es una buena fuente de calcio, fósforo, hierro, magnesio y zinc; el contenido de calcio y magnesio es menor al recomendado, pero éstos pueden contribuir en la prevención de osteoporosis, cáncer de colon e hipertensión, y disminuyen el riesgo de contraer problemas relacionados con el sistema vascular y disfunciones del cerebro.

2.7.1 Los frijoles contribuyen a prevenir enfermedades crónicas

Las enfermedades cardiovasculares, diabetes y el cáncer, contribuyen serios problemas de morbilidad en el país¹⁰. Los frijoles contribuyen a la prevención y el tratamiento de estas patologías, tanto por su aporte de micronutrientes (particularmente ácido fólico y magnesio) como por su alto contenido de fibra, aminoácidos azufrados, taninos, fitoestrógenos y aminoácidos no esenciales.

2.7.2 Efectos específicos de la fibra

La fibra comprende un grupo heterogéneo de polisacáridos tales como celulosa, pectina y de algunos otras sustancias que no corresponden al grupo de carbohidratos tales como ligninas, cuya características genérica es que no pueden ser digeridos por el organismo humano.

Una dieta alta en fibra contribuye a mejorar el perfil lipídico, dado que disminuye la absorción intestinal de ácidos grasos y colesterol, tanto de la dieta como en el colesterol reciclado proveniente de la bilis. Por otra parte, la fibra soluble libera, por efecto de fermentación, ácidos grasos de cadena corta, los cuales parecen ejercer un efecto inhibitor de la síntesis endógeno del colesterol^{23, 24}. Todos esos efectos se refuerzan debido a que, en general, las dietas altas en fibra tienden a ser bajas en grasa y carbohidratos simples¹⁹.

De esta forma, los alimentos rico en fibra dietética, tales como los fríjoles, tiene el potencial de disminuir el riesgo de enfermedad cardiovascular desde diversas rutas: 1) por su efecto reductor de colesterol y los triglicéridos; 2) por su contribución al control glicémico, la *Diabetes Mellitus* y las complicaciones cardiovasculares asociados; 3) por su parte al mantenimiento de un peso adecuado.

Con respecto al cáncer, numerosos estudios tanto epidemiológicos como experimentales^{16, 25, 26, 27} han demostrado una asociación inversa entre el consumo de fibra y el cáncer de colon. El efecto se explica porque acelera el tránsito intestinal, aumenta el volumen fecal y la frecuencia de defecaciones, así como por que influye en el metabolismo bacteriano, disminuyendo la formación y/o absorción de meta bolitos cancerígenos^{16, 25, 26}. *Bruce, Wolever y*

*Giacca*²⁷, recomiendan que la insulina y los triglicéridos pueden tender a incrementar el crecimiento de lesiones precursoras de cáncer de colon, proponen de nuevo, que el control de la hiperinsulinemia y la menor absorción de grasa, (ambos favorecidos por la fibra) ejercen un efecto protector sobre el cáncer de colon.

2.7.3 Efecto de los folatos

Los folatos intervienen, como parte de un complejo enzimático en los procesos asociados con la reproducción celular. Así, tienen un efecto positivo sobre el mantenimiento de los tejidos, sobre todo aquellos que requieren de un rápido recambio. Uno de los posibles mecanismos que explican este efecto es la intervención del folatos en la metilación de compuestos tales como purinas y timidinas que, si no están disponibles, alteran la integridad y reparación del DNA¹¹. Se plantea que esta alteración aumenta la carcinogénesis, al afectar la expresión de genes supresores de tumores y de pro-to-oncogenos. Esto pudiera explicar su contribución en la disminución de riesgo de desarrollar cáncer en determinados tejidos. Diversos estudios han demostrado una asociación positiva entre niveles altos de folatos y una menor incidencia de cáncer de colon.

Adicionalmente, la deficiencia de folatos provoca un incremento en los niveles de homocisteína, la cual causa deterioros relacionados con la formación de placas de ateroma. Esto justifica el aporte de folatos en la prevención de la enfermedad cardiovascular.

2.7.4 Efecto del magnesio

El magnesio tiene un papel importante en al menos 300 reacciones enzimáticas esenciales. Posiblemente, debido a esos diversos roles, existen aun contradicciones con respecto a su posible contribución en la prevención y tratamiento en algunas enfermedades¹⁸. No obstante, es claro que el magnesio forma parte de numerosas enzimas, algunas de las cuales constituyen potentes antioxidantes en la cadena respiratoria que lleva a la generación de ATP y agua a nivel de la mitocondria.

Además, funciona en la activación de aminoácidos y la síntesis y degradación del DNA¹⁹. Estos roles lo identifican como un nutriente importante con respecto a la prevención del cáncer. Por otra parte, el magnesio parece ejercer un efecto protector contra la hipertensión y, consecuentemente, los problemas cardiacos¹⁷.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del sitio experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Nutrición y Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN) ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, cuyas coordenadas geográficas son 25° 22' latitud norte y 101° 01' longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 1754 msnm.

3.2. Materia prima

Se utilizaron granos secos de frijol Pinto Saltillo (*Phaseolus vulgaris*) cosechados en los periodos primavera verano 2009 y 2010.

Donados por el CCDTS de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro de Saltillo, Coahuila.

3.2.1 Remojo

En el laboratorio de nutrición y alimentos se realiza la mecánica de remojo. El grano a analizar se deposita en un vaso de precipitado al cual se le agrega agua purificada a temperatura ambiente, en un volumen de 25 mililitros procediendo a cubrir el vaso con papel aluminio por un periodo de 15 horas.

3.2.2 Tiempo de cocción de las muestras

Posterior al remojo se lleva el grano a cocción en un cocedor Mattson modificado, el cual consta de:

A.- 25 agujas de acero inoxidable, con un peso de 100 gramos por aguja, las cuales tienen punta roma.

B.- Tres discos del mismo material inoxidable, dos de estos discos con perforaciones equidistante para sostén y distribución de las agujas y el tercero con 25 alvéolos o cavidades para sostén y distribución de 25 granos de frijol.

C.- Un recipiente metálico, el cual contiene discos y agujas en el cual son llevado a cocción los frijoles, usando agua purificada.

Durante el proceso de cocción, se considera cosido al momento de comprimir las agujas al grano, registrando y contabilizando para su análisis el tiempo de cocción, cuando cada uno de los granos es comprimido por las agujas. Con estos datos se construyen gráficas de tiempo de cocción para obtener el TC₅₀, que es el tiempo necesario para que el 50% de las agujas hubieran comprimido los granos de frijol.

Grafica del tiempo de cocción

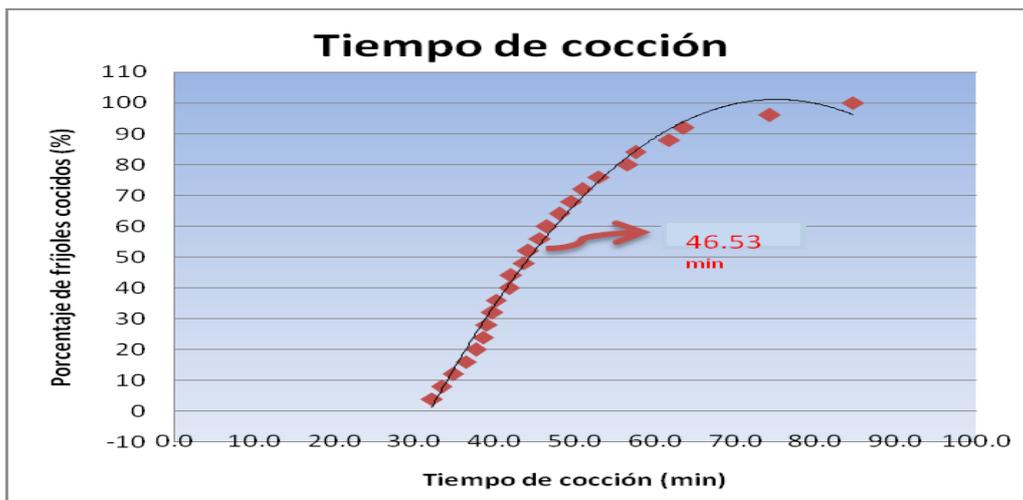


Figura 3 Tiempo que tarda el 50% de frijoles en cocerse (TC50)

3.3 Preparación y conservación de la muestra

Antes de iniciar el protocolo de análisis, la muestra se pasa por un proceso de calentamiento, en una estufa con corriente de aire (Método termo gravimétrico), con temperaturas de mayores a los 60° Celsius por 24 horas para conservar la muestra por más tiempo y evitar pérdidas de sustancias volátiles que se descomponen. Al mismo tiempo calcular el porcentaje de humedad de la muestra.

3.4 Equipos y reactivos

Se utilizaron diferentes tipos de equipos: balanzas analíticas (Ohaus, USA), estufa con circulación de aire a temperaturas de 100-130°C, equipo Kjeldahl, sistema de extracción de grasa Soxhlet, Mufla (Thermolyne 6000, USA) aparato de reflujo. Todos los reactivos utilizados fueron del grado analítico

3.5. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Al final de cocinar los frijoles por un periodo de 100 minutos se determina el contenido nutricional (proteína, carbohidratos, fibra cruda, lípidos, materia seca total y minerales) mediante análisis proximal (A.O.A.C 1990), se tomaron las muestras obtenidas de la determinación de materia seca.

3.5.1 Determinación de materia seca total

Se utilizó el método Termo gravimétrico del manual de técnicas químicas oficiales, A.O.A.C., (1990). La materia seca total se obtiene al evaporar totalmente la humedad, aplicando temperaturas de 100° C.

Para la obtención de materia seca total, se ponen en la estufa crisoles de porcelana durante 24 hrs., con pinzas se sacan los crisoles y se ponen en un desecador con silica gel (para enfría las muestras sin incrementar la humedad) por un periodo de 15 a 20 minutos, transcurrido el tiempos se pesan en una balanza analítica, identificando el numero de crisol. Al unísono se pesan dos gramos de cada muestra sobre papel filtro limpio y destarado, esta muestra se coloca en los crisoles para llevarlos a la estufa con corriente de aire de 100 ° C por 24 horas, después de este periodo se llevan los crisoles al desecador por un periodo de 15 a 20 minutos, para después de ello se pesa el crisol con la muestra para proceder a calcular el porcentaje de materia seca total con la siguiente fórmula:

$$\%MST = \frac{\textit{peso del crisol con muestra seca} - \textit{peso del crisol solo}}{\textit{gramos de muestra}} \times 100$$

3.5.2 Determinación de contenido de cenizas

El término cenizas se refiere a los residuos de la combustión total de una muestra formada por compuestos orgánicos e inorgánicos. Los residuos o cenizas están formadas por diversos minerales resultantes de la incineración de la materia orgánica.

Para calcular las cenizas se utiliza el método seco, donde la muestra se incinera sin producir flama, para ello se utiliza la muestra resultante de la determinación de la materia seca total, la cual se pre incinera en una parrilla eléctrica, a baja temperatura para evitar salpicaduras, retirando el crisol de esta incineración hasta que deje de emitir humo, después se lleva a la mufla a una temperatura de 600° C por un periodo de 2 a 3 horas, para proseguir a enfriar en el desecador y pesar. Para calcular porcentaje de Cenizas se utiliza la siguiente formula.

$$\% C = \frac{\text{peso del crisol con cenizas} - \text{peso del crisol solo}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

3.5.3 Determinación de proteína (Macro Kjeldahl)

Para obtener la cantidad de proteína cruda se utilizo el método Kjeldahl del manual de técnicas químicas oficiales, A.O.A.C., (1990). Éste determina el nitrógeno total de la muestra orgánica y se convierte a proteína cruda multiplicando por el factor 6.25.

Está basada en la combustión humedad de la muestra calentándola con acido sulfúrico concentrado en presencia de catalizadores metálicos y de otros tipos, para efectuar la reducción de nitrógeno orgánico de la muestra de amoniaco, el cual es retenido en solución como sulfato de amonio. La solución de la digestión se hace alcalina y se destila con vapor para liberar el amoniaco que es atrapado en acido bórico valorándose el acido no neutralizado por medio de titulación con ácido sulfúrico.

Para la determinación de Proteína se peso un gramo de muestra sobre un papel filtro quitando el peso del papel, se envolvió y se paso a un matraz Kjeldahl, se le agrego 4 perlas de vidrio (para que este en ebullición constante), se le agrega un catalizador de selenio (mezcla reactiva de selenio), se la agrega 30 ml de ácido sulfúrico concentrado, posteriormente se conecto al aparato Kjeldahl en el sector de digestión.

Después de que se digirió la muestra, se deja enfriar por un periodo corto de tiempo, se diluye con 300 ml de agua destilada, posteriormente se le agrega el matraz Kjeldahl 100 ml de hidróxido de sodio al 45% y seis granallas de Zinc.

En un matraz Erlenmeyer de 500 ml se la agregó 50 ml de ácido bórico al 4% y 6 gotas de indicador mixto (rojo de metilo y verde de bromocresol). Se conecto a la parte destiladora del Kjeldahl y se recibieron 250 ml del destilado, posteriormente se titulo con ácido sulfúrico 0.10526N. Para calcula el porcentaje de Nitrógeno Total se utilizo la siguiente formula.

$$\%N = \frac{(ml \text{ gastados de la muestra} - ml \text{ blanco})(N \text{ del acido})(0.014)}{gr \text{ de muestra}} \times 100$$

3.5.4 Determinación de contenido de grasa total método (Soxleth)

Se determinó la cantidad de grasa cruda, mediante un extracto etéreo, con un equipo Soxleth mediante un solvente (hexano). Para este método se pesaron 4 gramos de muestra seca sobre un papel filtro, se depositó en un

cartucho poroso de celulosa y se cubrió con un algodón, posteriormente se colocó en un sifón.

En un matraz redondo se adicionó hexano hasta la mitad del matraz, se une al sifón y se conecta al refrigerante del dispositivo del Soxhlet, se Extrajo por un periodo de 10 horas. Al término del tiempo se evaporó el solvente, después se puso a peso constante el matraz bola en una estufa con flujo de aire a una temperatura de 100°C por un periodo de tiempo de 12 horas, transcurrido el tiempo con unas pinzas se pasa a un desecador con silica gel, por 15 a 20 min, transcurrido el tiempo se pesa. Para calcular el porcentaje de Grasa total se utiliza la siguiente formula

$$\% \text{ Grasa} = \frac{(\text{peso del matraz con grasa} - \text{peso del matraz solo})}{\text{gr de muestra}} \times 100$$

3.5.5 Determinación de fibra cruda

Para determinar el contenido de fibra cruda la muestra debe estar previamente desengrasada, para este método se utilizó un aparato de reflujo.

Para este proceso se pesaron 2 gramos de la muestra de la cual, ya se desengrasó; posteriormente se pasó a un vaso de Berzelius y se le agregó 100 ml de solución de ácido sulfúrico 0.225N, se conectó al aparato de reflujo por un periodo de 30 min; transcurrido el tiempo se retira y se filtra con tela de lino y se lava con tres porciones de 100 ml de agua destilada caliente y hacer prueba con papel tornasol para verificar que no hay presencia de acidez.

Después de realizar la prueba del papel tornasol, se pasa la fibra (residuo que quedo en la tele de lino) al vaso de Bercelius con 100 mil de hidróxido de sodio 0.313N y conectar nuevamente al aparato de reflujo por 30 min; trascurrido el tiempo se retira del aparato de reflujo y se filtra con tela de lino y se lava con agua destilada caliente, realizar una prueba de papel tornasol para verificar que no hay presencia de reacción alcalina. Después de la prueba con papel tornasol se escurrió el exceso de agua de la tela de lino y se retiró del embudo, se extendió la tela y con una espátula se retiró la fibra y se depositó en un crisol previamente identificado, posteriormente se paso a una estufa con corriente de aire con temperaturas de 100°C por 12 horas, trascurrido el tiempo se saco y se metió a un desecador con silica gel por un periodo de 15 a 20 min y se peso, después se pre incineró la muestra con parrillas eléctricas a temperatura media y después se metió a una mufla a 600°C por 3 horas, trascurrido el tiempo se sacó y se metió en un desecador con silica gel por un periodo de 30 min, y posteriormente se peso. Para determinación el porcentaje de Fibra Cruda se utilizo la siguiente formula.

$$\%FC = \frac{(\text{peso del crisol con fibra seca} - \text{peso del crisol fribra cenizas})}{\text{gr de muestra}} \times 100$$

3.5.6 Carbohidratos totales

El contenido de Carbohidratos Totales se determino por una diferencia, esta diferencia es la que existe entre el peso original de la muestra y la suma del peso de agua, grasa, proteína, fibra cruda y cenizas. Para determinar el porcentaje de Carbohidratos Totales se utilizo la siguiente formula

$$\% CT = 100 - (\%Humedad + \%Cenizas + \%Proteina + \%Grasa + Fibra Cruda)$$

3.6 Diseño experimental

Los datos obtenidos de la investigación fueron sometidos a análisis de varianza, utilizando el diseño completamente al azar, con tres repeticiones de la variable evaluada. También se realizaron pruebas de comparación de medias, a la prueba de diferencia mínima significativa al nivel de significancia de ($P < 0.05$) de la probabilidad para todas las variables evaluadas. Los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico (SAS).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Tiempo de cocción de la muestra

En los tiempos actuales, el consumo de la leguminosa frijol generalmente es en base a producto enlatado requiriendo por ello de granos homogéneos en tiempos de cocción, sin menosprecio por ello de la cocción domestica, todo en base al gasto del combustible en cual es un producto en continuo incremento en su precio base en consideración para el presente estudio, en el que se estiman los tiempos de cocción (TC₅₀). Se consideran dos lotes de grano de frijol de la variedad Pinto Saltillo (PS), para los TC₅₀ se analizan los granos cosechados en el años 2009 y 2010 (Tabla 1), resultando diferente su tiempo de cocción, en razón del año de su cosecha o el almacenamiento o zona geográfica cosechada por las condiciones ambientales. En el cuadro 1 se plasman los resultados analíticos.

Cuadro 1. Tiempos de cocción de la variedad de frijol Pinto Saltillo 2009 – 2010.

Variedad	Año de cosecha	TC 50 ¹	C.V. ³
Pinto Saltillo	2009	60,590 ± 1.49 ^a	2,46
Pinto Saltillo	2010	46,830 ± 3,15 ^b	2,74

1 Tiempo en el cual se cuece el cincuenta por ciento de la muestra

2 Diferente letra indican diferencia significativa (Tukey P<0.05)

3 Coeficiente de Variación

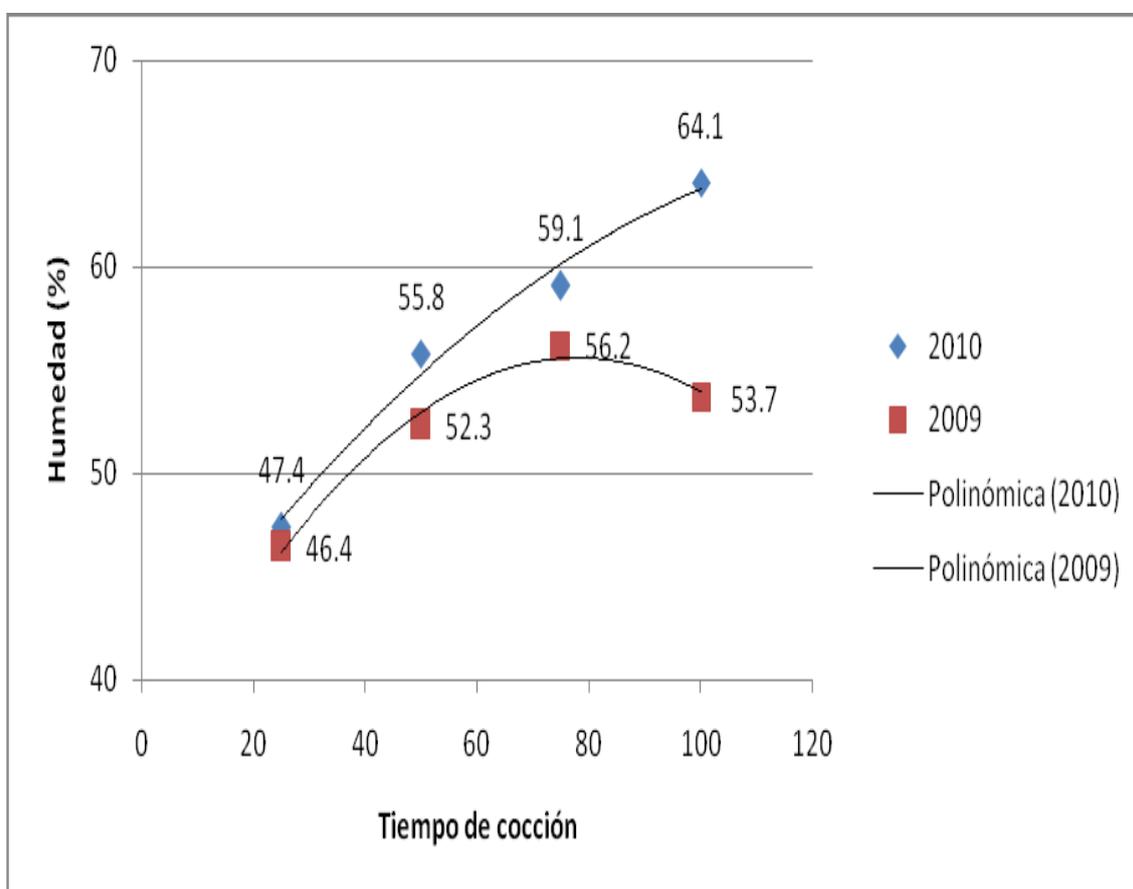
4 Previo al tratamiento de cocción la semilla fue remojada por 15 h

En el Tabla 1 nos muestra que el PS 2010 tiene un menor tiempo de cocción que el del 2009, lo cual nos indica que el grano es más suave y tiene mayor facilidad de absorción de agua en los granos de fríjol, lo cual puede explicar el menor tiempo de cocción de los granos en este año.

4.2 Determinación de la humedad de las muestras a analizar

Un punto importante a tomar en cuenta cuando se trabaja con la cocción de leguminosas es asegurarse que este proceso inactive los factores antinutricionales. En la literatura se reportan tiempos de cocción para inactivar factores antinutricionales que van desde 30 min hasta los 120 min. (Sangronis et al., 2004; Rocha-Guzmán et al., 2006).

La figura 4 Muestra los resultados de Humedad obtenidos a lo largo de 100 min de cocimiento a temperaturas de 95°C del frijol Pinto Saltillo



Como se observa en la figura 4, a los 100 minutos el PS 2010 tiene una humedad de saturación de 64.1%, en cambio el PS 2009 su humedad es de 54.7 % de humedad y tiende a descender, la fase de saturación se presenta a los 75 y 80 minutos, tiempo donde la humedad permanece constante (50-55%)

en razón a que el grano después de ese tiempo ya no absorbe más agua, mientras en el PS 2010 sigue absorbiendo agua a los 100 min.

4.3 Resultados del análisis bromatológico del frijol

Para llegar a determinar cuál de los dos periodos de cosecha 2009 y 2010 de frijol se requiere hacer numerosas pruebas, así como las repeticiones continuas de las pruebas bromatológicas, ambos por triplicado, para verificar cuál de ellas proporcionan mayor valor nutritivo.

MATERIA SECA TOTAL (MST)

De acuerdo al análisis de varianza (SAS), los tiempos de cocción no mostraron diferencia en la MST ($P > 0.80$) para PS 2009 y ($P > 0.21$) para PS 2010. Los resultados de medias, en base a la prueba de diferencia mínima significativa (Tukey HSD) ($P \leq 0.05$),

Cuadro 2 Valores promedio de los tiempos de cocción obtenidas en el análisis de Materia Seca Total (%)

Tratamiento (min)	Año de cosecha	
	2009	2010
25	95.32 ± 0.10 a	90.44 ± 0.07 b
50	95.21 ± 0.06 a	90.40 ± 0.06 b
75	95.43 ± 0.30 a	90.64 ± 0.03 b
100	95.24 ± 0.22 a	90.59 ± 0.005 b

Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.05$).

CENIZAS (C)

De acuerdo al análisis de varianza (SAS) los tiempos de cocción mostraron diferencia altamente significativo ($P < 0.0019$) para PS 2009 y ($P < 0.001$) en el 2010, los resultados de comparación de medias, en base a la prueba de diferencia mínima significativa (Tukey HSD) ($P < 0.05$), para cenizas señala que el tratamiento de 25 min contienen mayor cantidad de cenizas en el 2009 con 4.07% y en el 2010 con 3.78% mientras que en los tiempos de cocción 50, 75 y 100 no hay diferencia en el 2009, mientras que en 2010 los tiempos de cocción de 50 hay diferencia con los del 75 y 100.

Cuadro 3 Valores promedio de los tiempos de cocción obtenidas en el análisis de Cenizas (%)

Tratamiento (min)	Año de cosecha	
	2009	2010
25	4.07 ± 0.01 a	3.78 ± 0.01 a
50	3.89 ± 0.02 b	3.16 ± 0.01 b
75	3.55 ± 0.09 bc	2.56 ± 0.01 c
100	3.53 ± 0.03 c	2.98 ± 0.02 c

Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.05$).

PROTEÍNA

De acuerdo al análisis de varianza (SAS) los tiempos de cocción mostraron diferencia altamente significativo ($P < 0.0001$) para PS 2009 y 2010, los resultados de comparación de medias, en base a la prueba de diferencia mínima significativa (Tukey HSD) ($P < 0.05$), muestran que el tratamiento con

mayor contenido de proteína del 2009 y 2010 son los de 100 min con 17.540% y 23.22% seguido por el tratamiento con 75 min con 15,99% y 17.67% y el tratamiento con menor cantidad de proteína fueron los de 25 minutos con 7.917% y 9.496%.

Cuadro 4 Valores promedio de los tiempos de cocción obtenidas en el análisis de proteína (%)

Tratamiento (min)	Año de cosecha	
	2009	2010
25	7.917 ± 1.02 d	9.496 ± 1.50 d
50	10.62 ± 1.20 c	12.303 ± 1.19 c
75	15.997 ± 1.01 b	17.67 ± 0.93 b
100	17.350 ± 2.58 a	23.22 ± 3.76 a

Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.05$).

EXTRACTO ETÉREO (E.E.)

De acuerdo al análisis de varianza (SAS), los tiempos de cocción muestran diferencia en la E.E. ($P > 0.0230$) para PS 2009 y ($P > 0.0103$) para PS 2010. Los resultados de medias, en base a la prueba de diferencia mínima significativa (Tukey HSD) ($P \leq 0.05$), indica, que el mayor contenido de grasa fue en el tratamiento de 75 min con (1.33%), mientras que en los tratamientos de 25 y 50 min hay baja cantidad de grasa y en el tratamiento de 100 min el contenido de grasa disminuye en el 2009 y en el 2010 el mayor contenido de grasa lo tienen los tratamientos 50, 75 y 100 con (1.97, 1.98 y 1.87%)

Cuadro 5 Valores promedio de los tratamientos de cocción obtenidos en el análisis de extracto etéreo (%)

Tratamiento (min)	Año de cosecha	
	2009	2010
25	1.00 ± 0.006 b	1.33 ± 0.08 b
50	1.20 ± 0.0008 ab	1.97 ± 0.08 a
75	1.33 ± 0.075 a	1.98 ± 0.09 a
100	1.21 ± 0.001 ab	1.87 ± 0.03 a

Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey P<0.05).

FIBRA CRUDA

De acuerdo al análisis de varianza (SAS), los tiempos de cocción no mostraron diferencia en Fibra Cruda (P>0.7325) para PS 2009 y (P>0.4429) para PS 2010. Los resultados de medias, en base a la prueba de diferencia mínima significativa (Tukey HSD) (P<0.05),

Cuadro 6 Valores promedio de los tratamientos de cocción obtenidos en el análisis de fibra cruda (%)

Tratamiento (min)	Año de cosecha	
	2009	2010
25	5.3400 ± 1.05 a	4.8567 ± 1.07 a
50	5.6400 ± 0.67 a	5.0033 ± 0.46 a
75	5.9867 ± 0.67 a	5.2667 ± 0.91 a
100	6.0167 ± 0.82 a	4.4467 ± 0.37 a

Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey P<0.05).

CARBOHIDRATOS

De acuerdo al análisis de varianza (SAS), para los tiempos de cocción del 2009 de no muestra diferencia en Fibra Cruda ($P>0.0536$), pero para el 2010 si muestra diferencial altamente significativa para ($P>0.0001$) para PS 2010. Los resultados de medias, en base a la prueba de diferencia mínima significativa (Tukey HSD) ($P<0.05$), para los tratamientos de 25 y 50 (70.97 y 67.95%) min tienen mayor contenido de carbohidratos mientras los tratamientos, 75 y 100 min (62.86 y 58.073%) disminuyen progresivamente

Cuadro 7 Valores promedio de los tratamientos de cocción obtenidos en el análisis de Carbohidratos (%)

Tratamiento (min)	Año de cosecha	
	2009	2010
25	76.993 a	70.970 a
50	73.857 a	67.957 a
75	68.567 a	62.863 b
100	66.593 a	58.073 c

Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey $P<0.05$).

En un experimento llevado a cabo en la Universidad Autónoma de Nuevo León en la facultad de Ciencias Bioquímicas, en Mayo del 2010, evaluó diferentes especies de frijol (Pinto Saltillo, Bayo Victoria y Negro San Luis), comparándolos cual tiene mejor tiempo de cocción y su análisis bromatológico proximal; siendo el pinto Saltillo con mejor tiempo de cocción de 115.25 ± 14.71 min y su análisis bromatológico del frijol Pinto Saltillo tubo un valor nutricional de Humedad 11.58%, Carbohidratos 57.19%, Cenizas, 3.80%, Proteína 21.01%, Grasa 1.71% y Fibra Cruda 1.35%

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, se concluye;

- Si, existen diferencias en el tiempo de cocción de los dos periodos de cosecha, 2009 y 2010 siendo este último el de mejor tiempo de cocción de 46.83 min. Ya que en la capacidad de absorción de agua durante los tratamientos se relaciona con el fenómeno de testa dura del frijol.
- En cuanto al contenido nutricional que se obtuvieron en los diferentes tiempos de cocción, hubo diferencias en los contenidos de proteína, cenizas, extracto eterio y carbohidratos en los tiempos de 25,50, 75,100
- Con respecto a la comparación de cocción y contenido nutricional del 2009 y 2010, el tiempo de cocción fue (60.59 y 46.83 min.) materia seca total (95.32 y 90.44%), proteína (17.35 y 23.22%), extracto eterio (1.33 y 1.98%), fibra cruda (5.64 y 5.00%), carbohidratos (66.59 y 58.07%).

6. RECOMENDACIONES

Para consumo en el medio rural el frijol se debe someter a periodos de remojo de 12 a 18 horas para posteriormente someterlo a tratamientos térmicos (cocción).

Ya que con estos periodos de remojo los granos se suavizan, adquieren sabor agradable, aumento en su digestibilidad y pérdida de toxicidad, además de reducción de costos en el proceso de cocción de los frijoles.

7. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Arias, T. S. C. “Elaboración de un producto de frijol cocido, molido y deshidratado para uso instantáneo”. Ingeniero en Agroindustria. Zamorano, Honduras, 2002

Boletín técnico de procesaminto.2009. Procesamiento del frijol. Septiembre 2009 en línea:
<http://www.sag.gob.hn/files/Infoagro/Cadenas%20Agro/Granos%20Basicos/Planes%20de%20Inversion/Frijol/EDA BT Procesamiento Frijol 09 09.pdf>

Carmona, G. R. “Efecto del tipo de remojo en la digestibilidad del almidón en frijoles cocidos”. Tesis de Maestría. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos., Instituto Politécnico Nacional, Yautepec, Morelos, México 2005; pp. 49-52

Corporación Colombiana Internacional. “Inteligencia de mercado”. Perfil de producto, Vol. 8. Abril-Junio 2000. Pág. 1

Escalante, E. J. Alberto y J. Kohashi-Shibata. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de posgraduados, Montecillo, Mpio. De Texcoco. Méx., 1993. 84 págs.

Estrada, A. E. y Martínez, A. M. 2003. Los géneros de las leguminosas del norte de México. Ed. Brit Press. México. Pp. 1-2

FAO/OMS. Consulta de expertos. 1997. Consulta de expertos sobre los carbohidratos en la nutrición Humana. Roma FAO. Pp. 14-18

García, D. L. Composición Química, Valor Nutrición y Anatomía de la Semilla de *Acacia Wrightii*, Leguminosae. “Maestro en Ciencias con Especialidad en Alimentos” Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterey, N.L. Diciembre de 1996.

Guarner, F. 2002. El colon como órgano: Hábitat de la fibra bacteriana. *Nutrición Hospitalaria*. 17(2): 7-10.

INIFAP. (Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuarias) 2007. “Pinto Saltillo variedad de frijol de alta producción y calidad comercial para el altiplano de México”. Catálogo de Productos y Servicios 2006. Catalogo No 1. Págs. 43-46

INIFAP. (Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuarias) 2006. Variedades mejoradas de frijol del INIFAP. Libro técnico No. 6 Primera Edición. México D.F.

INIFAP. (Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuarias) 2005. Saltillo: Nueva variedad de frijol para el estado de Durango. Trípico de información, desplegable Técnica No. 36 México D.F

INIFAP. (Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuarias) 2006. Pinto Saltillo: sistema de manejo para optimizar su rendimiento. Trípico de información, desplegable Técnica No. 5 México D.F.

Martínez, V. I., Periago, M. J. y Ros, G. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenoles de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 50(1): 5-18.

Moreno, M. E. Manual para el Análisis de Semillas. Productora nacional de semillas: México D.F. Noviembre de 1976. 198 págs.

Pérez, H. P., Esquivel, E. G., Rosales, S. R. y Acosta-Gallegos, J. A. 2002. Características físicas, culinarias del frijol del altiplano subhúmedo de México. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 52 (2): 170-180

Robles, S. R. Producción de Granos y Forrajes. Segunda edición. Editorial Limusa, México 1978. 541-575 págs.

Rodríguez, C. L. y Fernández, R. X. E. 2003“Los frijoles (*Phaseolus Vulgaris*): su aporte a la dieta del Costarricense” en línea: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/434/43445307.pdf>

Sánchez, V. I. 2001. INIFAP. Fundación produce Coahuila A.C. Pinto Saltillo: nueva variedad para el Sureste del estado de Coahuila. Trípico de información, desplegable Técnica No. 8 México D.F.

SAGARPA. 1999. Situación del cultivo de frijol común en México. Producción e investigación. [En línea] Disponible: <http://www.cnraf.embrapa.br/publicacao/seriedocumento/anais/palestras/mesa1a.pdf>.

Sandoval, G. E. M.; R. Moreno.; P. Orozco y S. T. Dieguez. 2007. Determinación de la digestibilidad del almidón y la proteína, almidón resistente de proteína en frijol variedad “Pinto de Saltillo. IX Congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. p. 546 México D.F.

Silva, C. L. “Estudio de la digestibilidad de Carbohidratos y capacidad antioxidante de leguminosas de mayor consumo en México, Tesis de Maestría: Ciencias en Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional, 2007.

Singh, S. P. y Voysest, O. (eds.)1997. Taller de mejoramiento de frijol para el siglo XXI: Bases para una estrategia para América Latina. 559 pp. CIAT, Cali, Colombia

Secretariado técnico. “Desarrollan método para evitar oscurecimiento en frijol pinto”. CONOC. Mayo 2010. 7-8págs.

Vargas, T. Apolonio, O. D., Perla, A. A. Edith et al. Digestibilidad del almidón en diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). INCI, dic. 2006, vol.31, no.12, p.881-884. ISSN 0378-1844.

Zúñiga, T. R. “Respuesta de la variedad de frijol pinto saltillo en diferentes fechas de siembra”. Agrofaz. Vol. 8.Mrzo 2008. 31-39 págs.