

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



“EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FUNCIONALES DE DOS
VARIETADES DE *PHASEOLUS VULGARIS*
DESARROLLADAS Y REGISTRADAS POR LA UAAAN”

PRESENTA:

ARANZA LISSET HARO ORTIZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre, 2021

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Evaluación de propiedades funcionales de dos variedades de *Phaseolus vulgaris* desarrolladas y registradas por la UAAAN

TESIS

Presentada por

ARANZA LISSET HARO ORTIZ

y que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título profesional de

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

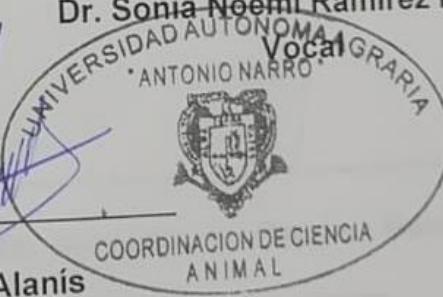
APROBADA

Dr. Mario Alberto Cruz Hernández
Presidente

Dr. Ruth Elizabeth Baldemares Cerda
Vocal

M.C. Carolina Losoya Sifuentes
Vocal

Dr. Sonia Noemí Ramírez Barrón
Vocal



Dr. José Dueñez Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre de 2021

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Evaluación de propiedades funcionales de dos variedades de *Phaseolus vulgaris* desarrolladas y registradas por la UAAAN

TESIS

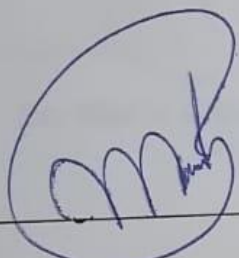
Presentada por

ARANZA LISSET HARO ORTIZ

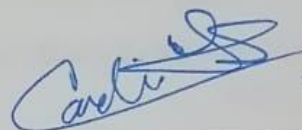
Y que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial
para obtener el título de

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

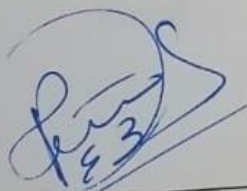
Fue dirigida por el siguiente comité



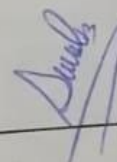
Dr. Mario Alberto Cruz Hernández
Asesor principal



M.C. Carolina Losoya Sifuentes
Co-asesor



Dr. Ruth Elizabeth Belmares Cerda
Co-asesor



Dr. Sonia Noemí Ramírez Barrón
Co-asesor

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre de 2021

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a mi alma tierra mater la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por darme tantos conocimientos, experiencias, y en especial amigos. Gracias a todos los maestros que me me brindaron sus conocimientos durante la carrera.

Muchas gracias a mi asesor Dr. Mario Alberto Cruz Hernández por brindarme la asesoría y apoyarme tanto en las cosas que necesitaba, por siempre estar a disposición para la realización y conclusión de este trabajo, Dios lo bendiga usted y a su bonita familia.

A la facultad de ciencias químicas en la Universidad Autónoma de Coahuila, a la Dra. Ruth Belmares por brindarme el acceso al laboratorio de ciencia y tecnología de alimentos y permitirme utilizar los materiales y equipos que se utilizaron para este proyecto.

A la Mc. Carolina Losoya Sifuentes por brindarme su apoyo, sus conocimientos, su amistad y toda la paciencia con los métodos y desarrollo de la investigación.

A mi familia, a mi tía Inés gracias por cuidarme quererme y mantenerme presente en sus oraciones, a mi prima Ivett por ser como mi tercera hermana. A cada uno de los integrantes de la familia Haro Capol a mi tío silvestre, mi tía María Julia y a mis primos por también estar presentes desde mi infancia, por las pláticas, recuerdos y risas compartidas les agradezco mucho, los quiero.

Gracias a mis amigos en general, a mi amiga de la infancia Maday gracias por todos estos años de amistad que tenemos, por animarme, apoyarme y escucharme, que nuestra amistad dure muchos años más, te quiero.

A mi mejor amiga Metzli por estar siempre en las buenas y en las malas, por escucharme, apoyarme en mis decisiones, por que agradezco haber coincidido contigo y conocerte ,te quiero mucho que vengan mucho años más de amistad y que con ellos vengan más historias graciosas para reírnos.

A las personas que conocí en la secundaria Elisa, Mariela, Guillermo, Nanyuli, a los que conocí en la prepa a Mariana, Giovanni, Alma, Gloria, Cristina, ,Jaqueline, Sharon, Aranza, María Dolores. A mis amigos que conocí en la universidad Susely, Cristina, Yaneli, María José, Jorge, Antonio, Ramiro, estoy agradecida de haber coincidido con ustedes en diferentes etapas de mi vida por los momentos compartidos y por qué las risas nunca faltaron, les deseo el mejor de los éxitos a donde quiera que vayan, que logren los sueños y planes que tengan.

A las bellas personas del cuarto 2 del internado femenino Hidalgo, a Susana, Mariana, Feliciano, Marcela, Alison, Diana, Belén, muchas gracias por que hicieron que adaptarse a un lugar desconocido y lejos de casa no fuera tan difícil.

DEDICATORIA:

El logro de este trabajo de lo dedico a Dios, por darme la vida, también me ha hecho saber que existe y que nunca abandona en los peores momentos, porque me ha dado una familia maravillosa y muchos buenos momentos.

A mis pilares más importantes a Lauro Haro Cabrera y Obdulia Ortiz Morales por ese amor incondicional que tienen para conmigo y mis hermanas, por apoyarnos en cada decisión que tomamos, por la confianza que nos tienen, por toda la educación y los valores que nos han brindado, por estar siempre presentes en sus oraciones para nuestro bienestar, por estar orgullosa de mis logros, por animarme cuando algo no sale como lo esperaba, por corregirme cuando me equívoco, por trabajar muchísimo para que no nos falte nada, estoy muy orgullosa de ustedes de su persona y muy agradecida por tenerlos en mi vida, me considero una persona muy afortunada, que sigamos compartiendo risas, que sigamos conociendo lugares, que sigamos unidos , que Dios los bendiga mucho, los Amo demasiado .

A mis hermanas, gracias Diana por siempre tener las palabras correctas para las diferentes opiniones que le pido ,por quererme mucho escucharme, enseñarme buena literatura, música, historia y demás cosas que desconozco, he escuchado que los hermanos mayores deben realizar un papel muy importante para con los más pequeños y créeme que tú lo has hecho muy bien , gracias Deysi por siempre hacerme reír así este teniendo un mal día siempre lo logras componer, por escucharme, enseñarme nuevas cosas y amarme demasiado, espero que las dos cumplan todos los sueños, metas que tienen, les deseo todo el éxito en su carrera y en la vida porque se lo merecen, porque seamos unidas toda la vida que nos resta, que tengamos nuevas experiencias e historias por contar, amo escucharlas reír, las amo mucho para siempre.

A mis abuelitas Beatriz y Margarita por todo el amor, el cuidado y las sonrisas que me regalaron, a Don Paulino porque compartimos más tiempo juntos, por decirme que estabas orgulloso de mí, porque te emocionaban mis logros, porque cada vacaciones me recibías muy contento, por las historias que nos contabas, por todas las risas compartidas, los extraño mucho, les mando un abrazo hasta el cielo y les dedico este logro más.

INDICE

AGRADECIMIENTOS:	iv
DEDICATORIA:	v
INDICE	vi
ABSTRACT	x
RESUMEN	xi
1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3.- JUSTIFICACIÓN	4
4. ANTECEDENTES	5
4.1 El cultivo del frijol en México.....	5
4.2 El cultivo de frijol en el mundo	5
4.3 Características del frijol	6
4.4 calidad alimentaria del frijol.....	7
4.4.1 Las proteínas en el frijol	8
4.4.2 contenido de carbohidratos.....	9
4.4.3 fibra en frijoles.....	11
4.4.4 Vitaminas y minerales presentes en el frijol y su importancia.	12
4.5 Aspectos nutrimentales en el frijol.....	13
4.6 Compuestos antinutricionales presentes en el frijol	14
4.7 Antocianinas en el frijol y su importancia.....	15
4.8 Polifenoles en el frijol.....	16
4.9 Antioxidantes en el frijol.....	17
4.10 Aspectos de mejora para el consumo de frijoles en la ingesta humana.....	18
4.11 Potencial nutracéutico del frijol.....	19
4.11.1 Enfermedades cardiovasculares	20
4.11.2. Diabetes.....	21

4.12.3 Cáncer	21
4.13 Microorganismos probióticos	22
4.14 Fermentación en medio líquido	24
4.15 Enzimas	24
4.15.1 Celulasas	24
4.15.2 Amilasas	25
5. MATERIALES Y MÉTODOS	26
5.1 Materia prima	26
5.2 Obtención de harina de (<i>phaseolus vulgaris</i>).....	26
5.3 Determinación de polifenoles hidrosolubles totales en la harina de frijol.	27
5.4 Determinación de la capacidad antioxidante (DPPH) en la harina del frijol	28
5.5 Determinación de ABTS en la harina del frijol.....	28
5.6 Composición química	29
5.6.1 Determinación del contenido de humedad	29
5.6.2 Determinación de contenido de cenizas:	29
5.6.3 Determinación de grasa por el método de soxhlet	30
5.6.4 fibra cruda total	31
5.6.5 Determinación de proteína por método Macro - Kjeldhal.....	32
5.7 Dimensiones de las semillas.....	35
5.8 Determinación del tiempo óptimo de cocción	35
5.9 Ensayo enzimático.....	36
6.0 RESULTADOS	37
6.1 Materia prima	37
6.2 Análisis de la materia prima contenido de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante de las harinas de frijol	37
6.3 Antioxidantes (DPPH).....	38
6.4 Antioxidantes ABTS.....	40
6.5 Composición química	41
6.5.1 Humedad	41
6.5.2 Ceniza.....	42
6.5.3 Grasa	43
6.5.4 Proteína	43
6.5.5 Fibra	44

6.6 Medidas frijoles	45
6.6.1 Frijol crudo medidas	45
6.6.2 Medidas frijol cocido	46
6.6.3 Prueba de espesor.....	48
6.7 azucares totales	48
6.8 Ensayo enzimático.....	49
6.8.1 Amilasas	49
6.8.2 Celulasas	50
7.0 CONCLUSIONES	52
8.0 BIBLIOGRAFÍA	53

INDICE FIGURAS

Figura 1 Cultivo de frijol	5
Figura 2 variedades de frijol	6
Figura 3 partes del frijol	16
Figura 4 cocción del frijol para su ingesta	18
Figura 5 a) frijol brujan, b) frijol nigran	26
Figura 6 harinas de frijol a)Nigran,b)Brujan,c)San Luis,d)Flor de mayo.....	27
Figura 7 Determinación de fibra	32
Figura 8 Digestión de la muestra	33
Figura 9 Destilación de la muestra.....	33
Figura 10 Titulación de lo obtenido de la destilación de la muestra	34
Figura 11 Polifenoles hidrosolubles totales en las 4 muestras de frijol utilizadas	37
Figura 12 Determinación de antioxidantes por el método (DPPH) en las 4 variedades de frijol	39
Figura 13 Actividad antioxidante en extractos de frijol, garbanzos, lentejas.....	40
Figura 14 determinación de antioxidantes con el método (ABTS). a) harina de los frijoles, b) extracto de los frijoles.....	41
Figura 15 contenido de humedad en la harina de las 4 variedades de frijoles	42
Figura 16 Contenido de ceniza de las variedades de frijol utilizadas	42
Figura 17 Contenido de grasa en las variedades de frijol utilizadas	43
Figura 18 Contenido total de proteínas en las variedades de frijol utilizadas	44
Figura 19 contenido de fibra en las variedades de frijol evaluados	45
Figura 20 Evaluación de la calidad del frijol crudo a)Largo, b)Ancho, c) Grosor	46
Figura 21 Evaluación de la calidad del frijol cocido a) Largo, b) Ancho, c) Grosor	47
Figura 22 prueba de espesor de las variedades de frijol evaluadas	48
Figura 23 determinación de azucares totales a) Brujan) Nigran, c) Flor de mayo.....	49
Figura 24 determinación de la actividad enzimática amilasas a) Brujan, b) Nigran, c) Flor de mayo	50
Figura 25 determinación de la actividad enzimática celulasa a) Brujan, b) Nigran, c) Flor de mayo	51

INDICE TABLAS

Tabla 1 compuestos fenólicos, frijol bola negra y flor de mayo	38
Tabla 2 Largo, ancho y grosor en muestras de frijol crudo y frijol cocido	46
Tabla 3 diferencias existentes entre el largo, ancho y grosor de las muestras de frijol crudo y frijol cocido	47

ÍNDICE ECUACIONES

Ecuación 1 Ec. para la determinación de humedad	29
Ecuación 2 Ec. para la determinación de ceniza	30
Ecuación 3 Ec. para la determinación de % de grasa	30
Ecuación 4 Ec. para la determinación del % de fibra	31
Ecuación 5 Ec. para la determinación de % proteína	34

ABSTRACT

The present work was carried out with the purpose of evaluating two types of bean varieties that were developed at the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. We performed a bromatological analysis of the bean flour samples and also evaluated the extract of these beans to know if the extracts were good for probiotic production where we used cocci and bacilli. Finally, we determined the enzymatic activity of cellulase and maltose in the same bean extracts already mentioned.

Keywords: *phaseolus vulgaris*, antioxidants, polyphenols, cellulases, amylases, total sugars.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con la finalidad de evaluar dos tipos de variedades de frijol que fueron desarrolladas en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se realizó un análisis bromatológico a las harinas de las muestras de frijoles y también se evaluó el extracto de estos frijoles para saber si los extractos eran buenos para la producción probióticos donde utilizamos cocos y bacilos. Por ultimo determinamos la actividad enzimática de la celulasa y la maltosa en los mismos extractos de frijoles ya mencionados.

Palabras clave: *phaseolus vulgaris*, antioxidantes, polifenoles, celulasas, amilasas, azucares totales.

1.- INTRODUCCIÓN

México es considerado como el sitio de origen y domesticación primaria de una variedad de frijoles, la literatura menciona que Tehuacán (Puebla, México) fue el sitio donde esta leguminosa fue domesticada y Cristóbal Colón la incluyó en Europa por medio de la conquista, el frijol común (*Phaseolus vulgaris*) se comprende de dos herencias genéticas: americano y andino. En la actualidad existen varios tipos de frijoles que se han ido adaptando y modificando y se pueden diferenciar ya sean por su tamaño de la semilla, color, sabor y la variación en su tiempo de cocción de estas.

El frijol es una de las legumbres más cultivada y consumida tanto en México como en África, India y varios países de América central y América del sur, actualmente el frijol es distribuido en los cinco continentes y es una fuente esencial para la dieta así también se puede obtener muy rápidamente en el mercado y a muy bajo costo.

Así también mediante diferentes investigaciones realizadas se han encontrado que diferentes beneficios para la salud presentes en esta legumbre como es la reducción en enfermedades metabólicas y cardiovasculares, disminución en el nivel de colesterol e hiperglucemia así también la prevención de cáncer de colon, mama y de próstata.

Dentro de las características funcionales encontradas en esta legumbre es que son fuentes importantes en proteína, fibra, almidones, vitaminas, minerales (Ca, Fe, Mg, Zn) al consumir media taza al día de esta legumbre se puede mejorar la calidad de la dieta ya se proporcionan una cantidad benéfica en la ingesta de estas semillas.

Las Proteínas presentes en el frijol son albuminas estas son solubles en agua y globulinas (faseolina). La faseolina es la principal proteína de almacenamiento en los frijoles que va desde un 40 a 50 % de la proteína total en la de la semilla

La capacidad antioxidante en el frijol se debe a la presencia de ácidos fenólicos, flavonoides y taninos. La capacidad antioxidante se debe principalmente por su

capacidad reductora de polifenoles ya que estos desempeñan un papel importante en la neutralización o captación de radicales libres.

(Akilloglu y karakaya, 2010) dicen que la actividad antioxidante en el frijol común aumenta después de la digestión de estas semillas, esto puede deberse a una mayor solubilidad de los polifenoles, así como también la digestión de proteínas y almidón. Esto también favorece a una liberación de compuestos fenólicos esto debido al ambiente ácido que predomina en el estómago y la hidrólisis intervenida por enzimas en el duodeno

El objetivo de este trabajo fue evaluar las características y propiedades funcionales de (*Phaseolus vulgaris*) que fueron desarrolladas por investigadores de la (UAAAN) en Saltillo, Coahuila, México, con el fin de sugerir su uso como ingrediente para el desarrollo de productos alimenticios.

2.- OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar dos variedades de *Phaseolus Vulgaris* desarrolladas en la Universidad Autónoma Antonio Narro (UAAAN) y realizar una comparación de sus características funcionales y distinguir las mejoras en el uso de estas variedades en alimentos funcionales, además de probarlos como sustratos para producir enzimas celulolíticas.

2.2 Objetivos específicos

Caracterizar bromatológica de las variables de *Phaseolus vulgaris*, especies *brujan* y *nigran* de la UAAAN y flor de mayo como control.

Evaluar la calidad de grano para las 3 variedades de *Phaseolus vulgaris* en forma cocida y cruda.

Realizar el estudio del extracto de *Phaseolus Vulgaris* como sustrato en la producción de enzimas celulolíticas mediante la fermentación con probióticos.

Determinar la actividad enzimática, celulasa y amilasa de los extractos de *Phaseolus Vulgaris* en cinética.

3.- JUSTIFICACIÓN

Actualmente las tendencias mundiales manifiestan un gran interés hacia el desarrollo de alimentos funcionales para obtener una alimentación más saludable, con valores nutritivos que aporten grandes beneficios para la salud de los consumidores en el presente pero también pensando a futuro para las nuevas generaciones, aunque sabemos que conforme el paso del tiempo se van exigiendo mejoras en los productos a las industrias alimentarias.

Como bien se sabe un alimento funcional es cualquier alimento en forma natural o bajo un proceso, que además de tener componentes nutritivos contengan componentes adicionales que beneficien a la salud, capacidad física y estado mental de las personas.

Para el desarrollo de los alimentos funcionales destacan la reducción del contenido en calorías, se busca el desarrollo de productos con menor contenido en grasas o con grasas más saludables, productos que contengan muy pocos carbohidratos, entre otros.

Como se mencionó anteriormente el frijol es una legumbre que es muy consumida en todo el mundo y que se puede obtener muy rápido y su costo es muy accesible para las personas. La existencia de diferentes tipos de variedades frijol depende de su hábitat por lo que hay la necesidad de la búsqueda de nuevas variedades. Por tal motivo se hace mención que en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) se trabajó en la obtención de dos nuevas variedades de *Phaseolus Vulgaris* las cuales fueron sometidas a diferentes procesos para determinar sus características funcionales e inferir que estas dos nuevas variedades son aptas para la realización de nuevos alimentos funcionales.

4. ANTECEDENTES

4.1 El cultivo del frijol en México

México, como parte de Mesoamérica, es considerado como el sitio de origen y domesticación primaria de varios tipos de frijoles. Por su valor comercial, el más destacado es el frijol común (*Phaseolus vulgaris*), el que Cristóbal Colón llevó a Europa durante la Conquista. Esta variedad fue domesticada en el Valle de Tehuacán (Puebla, México) hace aproximadamente 7000 años, probablemente junto con el maíz. El frijol común comprende dos acervos genéticos: mesoamericano y andino. Estos difieren en su estructura y niveles de diversidad genética. Hay algunas características morfológicas contrastantes cuando se comparan ambos grupos y contribuyen a su diferenciación. (Chávez-Mendoza & Sánchez, 2017)



Figura 1 Cultivo de frijol

4.2 El cultivo de frijol en el mundo

Dentro de la categoría de leguminosas, (*Phaseolus vulgaris*) es la especie más cultivada y consumida en África, India, México y varios países de América Central y América del Sur. Actualmente, se distribuye entre los cinco continentes y es un componente esencial de la dieta. En estas regiones forma parte de los hábitos alimentarios de la población. Su consumo es principalmente en forma de cereales

integrales. Sin embargo, debido a su alto valor nutricional, su uso debe diversificarse mediante su uso como ingrediente para el desarrollo de nuevos productos alimenticios (Chávez y Sánchez, 2017)

El frijol (*Phaseolus spp. L.*) es uno de los cultivos más antiguos del Nuevo Mundo. Junto con el maíz y la yuca, han sido un alimento básico dominante en las Américas durante milenios. Los frijoles son cultivos extremadamente diversos en cuanto a métodos de cultivo, los usos, la variedad de entornos a los que se han adaptado y la morfología. (Broughton et al., 2003)



Figura 2 variedades de frijol

4.3 Características del frijol

En frijol existen diferentes variedades (ilustración 2) y su valor comercial es influenciado por características como tamaño, color y uniformidad del grano, además del tiempo de cocción, sabor y espesor del caldo. Por otra parte, el valor nutricional de esta leguminosa está determinado en gran medida por el contenido de proteína y su digestibilidad, pues este grano es una de las principales fuentes de este nutrimento para la población de escasos recursos. (Pérez et al., 2002)

4.4 calidad alimentaria del frijol

El frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) es importante desde el punto de vista nutricional para los consumidores africanos y latinoamericanos, que dependen de los componentes nutritivos de las legumbres, como el almidón, las proteínas, fibras, minerales, vitaminas y los compuestos bioactivos, incluidos los fenólicos. Se calcula que en los países en vías de desarrollo, el 40% de las pérdidas de alimentos se producen en las fases de poscosecha y procesamiento mientras que en los países desarrollados, estas pérdidas se producen en la venta al por menor y en los consumidores (Hayat et al., 2014). El almidón de las judías (22-45%) presenta bajo índice glucémico debido a su composición de fibra y proteína del grano, que puede dificultar el ataque de la amilasa y la degradación del almidón, así como por su elevada relación amilosa/amilopectina y características estructurales y de tamaño de los gránulos de almidón (Hoover et al., 2010).

La proteína de la judía (17,9-31,1%) es rica en aminoácidos esenciales y péptidos bioactivos y presenta excelentes propiedades funcionales (Boye et al., 2010). Las diferencias en el almidón, la proteína y otros constituyentes pueden producirse en función del genotipo, las condiciones ambientales y las prácticas agronómicas durante el proceso de producción (Chung et al., 2008). Los niveles de compuestos bioactivos también están influenciados por los factores mencionados anteriormente. Los principales compuestos bioactivos de las judías negras son los ácidos fenólicos (ácido ferúlico, ácido p-cumárico, ácido sinápico gálico), flavonoides (kaempferol, quercetina, catequina y proantocianidina) y antocianinas (3-O-glucósidos de malvidina, petunidina y delphinidina) (Hayat et al., 2014).

Las temperaturas de almacenamiento y la humedad relativa están relacionadas con el contenido de humedad de las judías, y la presencia de microorganismos constituyen condiciones de almacenamiento inadecuadas para las judías (Chidananda et al., 2014). Las condiciones de almacenamiento inadecuadas dan

lugar a la aparición del fenómeno hard to cook (HTC), lo que, a su vez, provoca un aumento del tiempo de cocción y una disminución calidad nutricional y sensorial de las judías.

Estudios anteriores de (Siddiq et al., 2010) y (Wani et al., 2013) demostraron las posibilidades de utilizar la harina de frijol y su proteína aislada en varios productos aptos para el consumo humano. Según (Siddiq et al., 2010) , la harina de frijol presenta un gran potencial de aplicación en productos para celíacos, teniendo en cuenta que los frijoles son una fuente libre de gluten

Las propiedades funcionales de los aislados de proteínas, como la capacidad de absorción de agua y aceite, así como la capacidad de formación de espuma y la estabilidad, son variables importantes para definir su viabilidad de usos en panes, pastas, embutidos, coberturas y bebidas, pero están influidas por la composición de aminoácidos, la estructura y la conformación de las proteínas e interfieren en la aceptabilidad de los consumidores (Boye et al., 2010). Sin embargo, los cambios en las propiedades químicas y funcionales de la harina de frijol y su proteína aislada pueden ser el resultado de las condiciones de almacenamiento a largo plazo (Ferreira et al., 2018)

4.4.1 Las proteínas en el frijol

Las legumbres (guisantes, garbanzos, lentejas, frijoles) son una fuente importante de proteínas alimentarias. Contienen altas cantidades de lisina, leucina, ácido aspártico, ácido glutámico y arginina y proporcionan perfiles de aminoácidos esenciales bien equilibrados cuando se consumen con cereales y otros alimentos ricos en aminoácidos que contienen azufre y triptófano. El contenido de proteína de la mayoría de las legumbres se encuentra dentro del rango de 17 a 30% (dwb). Además de sus propiedades nutricionales, las proteínas de legumbres también poseen propiedades funcionales que juegan un papel importante en la formulación y procesamiento de alimentos. Ejemplos de tales propiedades

funcionales incluyen solubilidad, capacidad de unión al agua y grasas y formación de espuma. Varios estudios de investigación indican que algunas propiedades funcionales de las proteínas del pulso pueden ser comparables a las de otras proteínas de uso frecuente, como la soja y el suero. Las propiedades funcionales de las proteínas de legumbres se han aprovechado en la preparación y desarrollo de productos como productos de panadería, sopas, productos extruidos y snacks listos para consumir. (Boye et al., 2010)

Las semillas de frijol contienen entre un 20 y un 25% de proteínas, gran parte de las cuales están constituidas por la proteína de almacenamiento faseolina. La faseolina es un factor determinante tanto en la cantidad como en la nutrición calidad de las proteínas en las semillas de judías. Al igual que otras proteínas de semillas de la familia de las leguminosas, la faseolina es deficiente en aminoácidos que contienen azufre, como la metionina. (Broughton et al., 2003)

Las propiedades nutricionales del frijol están ligadas a su alto contenido en proteínas y, en menor medida, a su contenido en carbohidratos, vitaminas y minerales. Dependiendo del tipo de frijol, el contenido de proteína varía entre el 14% y el 33% y está enriquecido en aminoácidos como lisina (6,4 a 7,6 g / 100 g de proteína) y fenilalanina más tirosina (5,3 a 8,2 g / 100 g de proteína). Así, cumple con todos los requisitos mínimos recomendados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) o la Organización Mundial de la Salud. Sin embargo, el frijol carece de los aminoácidos azufrados: metionina y cisteína. Una ración de 90 g de frijoles aporta 8 g de proteína, casi el 15% del consumo diario recomendado para un adulto de 70 kg. La digestibilidad de esta proteína es del 79%. (Chávez-Mendoza & Sánchez, 2017)

4.4.2 contenido de 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. (Vargas-Torres et al., 2006)

En cuanto a su contenido de carbohidratos, 100 g de frijol crudo contienen 52-76 g. La fracción más importante está representada por el almidón, que constituye más del 50% del peso de la semilla. También están constituidos por fibra cruda y cantidades menores pero significativas de mono, di y oligosacáridos. Los frijoles poseen carbohidratos de digestión lenta y una alta proporción de carbohidratos no digeribles que pueden fermentarse en el intestino grueso. Los azúcares no digeribles que llegan al colon incluyen almidón resistente, fibra dietética soluble e insoluble y oligosacáridos no digeribles. (Chávez-Mendoza & Sánchez, 2017)

La amilosa y la amilopectina son las dos formas principales de almidón disponibles en las judías.

La amilosa es una molécula lineal con un peso molecular que varía entre 70.000 y 200.000 Da, mientras que la amilopectina es principalmente ramificada y está formada por cadenas principales de (1-4)-D-glucosa, así como de cadenas cortas de (1-6)-D-glucosa unidas a ramas con un peso molecular superior a 2×10^7 Da. El almidón de los frijoles pueden degradarse en oligodextrina y glucosa por diferentes enzimas como α - y β -amilasas. Sobre la base de su susceptibilidad a la amilosa y la tasa de liberación de glucosa y su absorción en el tracto gastrointestinal, los almidones se clasifican en varios tipos como almidón de digestión lenta (SDS), almidón de digestión rápida (RDS) y almidón no digerible (NDS) o almidón resistente (RS). La ingestión de almidón de digestión rápida provoca un aumento repentino del nivel de glucosa en sangre mientras que el almidón de digestión lenta se digiere por completo en el intestino delgado, pero a un ritmo comparativamente ritmo más lento que el SDR. Un carbohidrato no digerido (NDC) es la fracción de almidón que resiste la hidrólisis de las enzimas amilopépticas de los seres humanos y se denomina almidón resistente. El almidón resistente consiste en fibra dietética insoluble y soluble, así como en oligosacáridos no digeribles, que resisten la hidrólisis en el

intestino delgado, pero que son fermentados por la microflora del colon en el intestino grueso a diferentes velocidades y metabolitos.

La fermentación del almidón resistente de los frijoles comunes da lugar a la producción de ácidos grasos de cadena corta de cadena corta, como los ácidos acético, butírico y propiónico, cuya concentración y distribución depende de la microflora y del contenido de carbohidratos en el intestino.(Hayat et al., 2014)

4.4.3 fibra en frijoles

Fibra Comprende un grupo heterogéneo de polisacáridos tales como celulosa, hemicelulosa, pectina y algunas otras sustancias que no corresponden al grupo de carbohidratos, tales como la lignina, cuya característica genérica es que no pueden ser digeridas por el organismo humano, ya que son resistentes a la hidrólisis de las enzimas digestivas humanas, pero que pueden ser fermentadas por la microflora colónica, dando lugar a H₂, CH₄, CO₂, H₂O y ácidos grasos de cadena corta. Sin embargo, a través del tracto gastrointestinal pueden interactuar con diferentes elementos y captar agua. Este hecho hace de la fibra un elemento muy importante en el proceso de la digestión; de ahí la importancia que esta presenta en la salud humana, ya que limita y/o disminuye la velocidad de absorción de algunos nutrientes, y favorece el tránsito intestinal. Dadas estas características, la fibra permite una absorción más lenta de la glucosa, lo cual condiciona índices glicémicos moderados y, por lo tanto, contribuye a controlar la hiperinsulinemia y disminuye las concentraciones del colesterol en la sangre hasta el 10 %.

En el colon es donde la fibra ejerce sus máximos efectos, además de diluir el contenido intestinal, sirve de sustrato para la flora bacteriana, capta agua y fija cationes. La fermentación colónica de la fibra produce energía, cuyo valor oscila entre 1 y 2.5 cal.g⁻¹. Por lo que el valor energético de la fibra dependerá de su grado de fermentabilidad, de manera que las fibras con gran capacidad de fermentación

producirán más energía que las poco fermentables; las fibras en las legumbres pertenecen al grupo de las fermentables. El proceso de fermentación de la fibra en el colon es fundamental. Gracias a él es posible el mantenimiento y desarrollo de la flora bacteriana, así como de las células epiteliales. En el colon ocurren fundamentalmente dos tipos de fermentación: sacarolítica y proteolítica. La fermentación sacarolítica es la más beneficiosa para el organismo y produce principalmente los ácidos grasos de cadena corta, acético, propiónico y butírico, en una proporción molar casi constante 60:25:15. Estos ácidos grasos se generan en el metabolismo del piruvato, producidos por la oxidación de la glucosa a través de la vía glucolítica de Embden-Meyerhof. La fermentación proteolítica produce, en cambio, derivados nitrogenados como aminas, amonio y compuestos fenólicos, algunos de los cuales son carcinógenos (28). El consumo de frijol como fuente de fibra produce una mayor saciedad, debido a varias causas: mayor volumen de alimentos, mayor tiempo de ingestión, lo que produce una mayor sensación de plenitud intestinal, niveles elevados de colecistocinina, relacionado con reducciones en los niveles plasmáticos de glucosa e insulina en pacientes diabéticos. (Phaseolus & Mederos, 2006)

4.4.4 Vitaminas y minerales presentes en el frijol y su importancia.

Los frijoles comunes crudos son una fuente relativamente buena fuente de vitaminas hidrosolubles, especialmente tiamina (de 0,86 a 1,14 mg por 100 g), riboflavina (0,136 a 0,266 mg por 100 g), niacina (1,16 a 2,68 mg por 100 g), vitamina B6 (de 0,336 a 0,636 mg / 100 g) y ácido fólico (de 0,171 a 0,579 mg por 100 g). Los valores de retención de nutrientes durante la cocción varían del 70,9% (vitamina B6) al 75,9% (riboflavina).

Los frijoles comunes crudos también son una buena fuente de varios minerales, como el Ca (0,09 a 0,20%), Fe (3,83 a 7,55 mg por 100 g), Cu (0,69 a 1,20 mg por 100 g), Zn (2,2 a 4,4 mg por 100 g), P (0,46%), K (1,54%) y Mg (0,20%). Los valores

de retención de nutrientes de nutrientes durante la cocción varían entre el 78,9% (Cu) y el 100% (Ca). (Cu) al 100% (Ca).

El alto contenido en minerales de las judías comunes debe considerarse junto con su biodisponibilidad. El ácido fítico y las proteínas pueden formar complejos con los minerales esenciales de la dieta, como el Ca Zn, Fe y Mg, y hacerlos biológicamente disponibles para su absorción.

Las modificaciones fisicoquímicas de las proteínas del frijol para producir las propiedades funcionales deseadas pueden alterar la minerales a los componentes de los alimentos, lo que influyendo en la disponibilidad de los minerales. (Reyes-Moreno & Paredes-López, 1993)

4.5 Aspectos nutrimentales en el frijol

Las legumbres proporcionan proteínas y fibra, así como una fuente importante de vitaminas y minerales, como hierro, zinc, ácido fólico y magnesio, y consumir media taza de frijoles o guisantes al día puede mejorar la calidad de la dieta al aumentar la ingesta de estos nutrientes. Además, los fitoquímicos, las saponinas y los taninos que se encuentran en las legumbres poseen efectos antioxidantes y anticancerígenos, lo que indica que las legumbres pueden tener importantes efectos anticancerígenos. El consumo de pulso también mejora los perfiles de lípidos séricos y afecta positivamente a varios otros factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares, como la presión arterial, actividad plaquetaria e inflamación. Las legumbres son ricas en fibra y tienen un índice glucémico bajo, lo que las hace particularmente beneficiosas para las personas con diabetes al ayudar a mantener niveles saludables de glucosa e insulina en sangre.

El grano de frijol contiene 16 a 33% de proteína, dependiendo de la variedad (Reyes-Moreno y Paredes-López, 1993), y tiene un nivel energético alto, con 52.4% de carbohidratos. Sin embargo, dentro de este último grupo de compuestos se encuentran los oligosacáridos rafinosa(trisacárido), estaquiosa (tetrasacárido) y verbascosa(pentasacárido), principales causantes de la formación intestinal de flatos . (Danihelová & Šturdík, 2012)

4.6 Compuestos antinutricionales presentes en el frijol

Uno de los problemas de la proteína del frijol es su baja digestibilidad, característica que se atribuye a la presencia de factores antinutricionales como los inhibidores de tripsina. Como consecuencia estos compuestos disminuyen el PER y son considerados como alérgenos ocupacionales; los inhibidores de tripsina están presentes en las partículas que se generan en la producción de subproductos como la harina de soya, a su vez los taninos, además de disminuir la digestibilidad de la proteína, limitan la biodisponibilidad de minerales como el hierro y el zinc.

Otros compuestos antinutricionales presentes en el frijol son las lectinas, proteínas que inducen el crecimiento del páncreas en ratas y producen ulceración y necrosis en el intestino. Asimismo, el ácido fitico es otro factor antinutricional que afecta la asimilación del zinc; para medir ese efecto se ha propuesto la relación molar (ácido fitico x calcio)/zinc $[(AF \times Ca)/Zn]$ que indica cuando la relación molar $[(AF \times Ca)/Zn]$ fue mayor de 3.51, el crecimiento de ratas alimentadas con dietas que contenían estos tres componentes, se vio afectado tres veces más que cuando la relación molar fue menor a 3.51.

La familia de la rafinosa, formada por oligosacáridos de bajo peso molecular (rafinosa, estaquiosa y verbascosa), se considera un factor indeseable del frijol. Estos carbohidratos simples no son hidrolizados en las primeras etapas de la digestión y terminan fermentados en ácidos grasos de cadena corta y gas en el colon que provocan problemas de flatulencia.

La deficiencia de los aminoácidos azufrados podría considerarse otro factor antinutricional debido a su relación con el bajo aprovechamiento de hierro y zinc. Se

ha demostrado que dichos aminoácidos, junto con la vitamina C, juegan un papel importante en la asimilación de estos minerales.

4.7 Antocianinas en el frijol y su importancia

Las antocianinas pertenecen al grupo de los compuestos fenólicos, particularmente de los flavonoides, que se caracterizan por su solubilidad en agua y por sus colores brillantes. Se encuentran en los frijoles con testa de color rojo, rosa y negro, y contribuyen a determinar sus diferentes coloraciones. Las antocianinas tienen una gran actividad antioxidante que inhibe los radicales libres, previniendo enfermedades como el cáncer, arterosclerosis e inflamaciones, y se les valora también por su poder colorante. La presencia de antocianinas en el grano de frijol negro, lo hace un producto potencial para el suministro de colorantes y antioxidantes naturales.

En el grano entero de frijol negro se han encontrado 213 mg 100 g^{-1} de antocianinas, y en la testa 2.37 g 100 g^{-1} . El contenido de antocianinas varía de acuerdo con las condiciones de cultivo y la localidad de siembra, pero el perfil de antocianinas se conserva. En el frijol negro se han identificado las antocianinas: delfinidina 3-glucósido, petunidina 3-glucósido y malvidina 3-glucósido, y aun-que su porcentaje relativo puede diferir entre las variedades, la delfinidina 3-glucósido se encuentra en mayor proporción. Las antocianinas del grano de frijol se localizan generalmente en la testa; sin embargo, se han encontrado también en el hipocotilo y el cotiledón. (Salinas-Moreno et al., 2005).

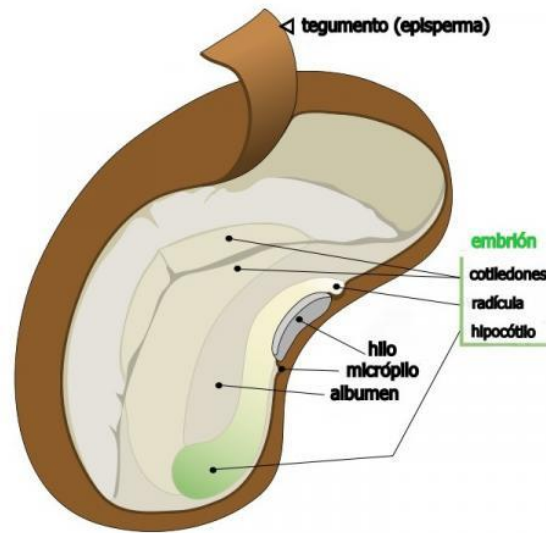


Figura 3 partes del frijol

4.8 Polifenoles en el frijol

Los fitoquímicos de los frijoles tienen un gran potencial como ingrediente funcional y nutracéutico que poseen propiedades antioxidantes y anticancerígenas.

Los compuestos fenólicos de los frijoles pueden incluir una variedad de flavonoides como antocianinas, flavonoles, proantocianidinas, taninos, glucósidos, así como una amplia gama de ácidos fenólicos.

Las antocianinas sólo pueden caracterizarse en las judías de color negro y azul-violeta mientras que las proantocianidinas existen en casi todas las variedades de judías. Las mayores cantidades de estos compuestos fenólicos residen en la cubierta de la semilla, mientras que los cotiledones también pueden contener estos ingredientes nutracéuticos, pero sólo en pequeñas cantidades. El nivel de fenoles totales está influenciado tanto por factores genéticos como factores ambientales y es responsable del color de la cubierta de la semilla debido a diversificación y variabilidad en la composición de procianidinas, glucósidos de flavonol y antocianidinas.

Los primeros trabajos de investigación sobre la separación y extracción de compuestos fenólicos fueron iniciados en 1960, que se centró principalmente en los pigmentos antociánicos de la cubierta de la semilla de las judías secas, extrajo cuatro pigmentos de la semilla de las judías secas, extrajo cuatro pigmentos como el 3glucósido de delphinidina, el 3glucósido de petunidina, el 3glucósido de malvidina y el 3, 3glucósido de y 3, 5 -diglucósidos de las judías negras violetas. (Hayat et al., 2014)

4.9 Antioxidantes en el frijol

Los efectos fisiológicos del consumo de judías secas pueden ser la presencia de abundantes fitoquímicos, incluidos los polifenólicos, que poseen propiedades anticancerígenas y antioxidantes. En general, se cree que los antioxidantes los radicales libres y las especies reactivas del oxígeno y pueden ser extremadamente importantes en la inhibición de los mecanismos oxidativos que enfermedades degenerativas. Los extractos de judías, especialmente de las cáscaras son conocidos por su actividad antioxidante. (Cardador-Martínez et al., 2002)

Los frijoles contienen compuestos polifenólicos (taninos, ácidos fenólicos y flavonoides) de los cuales se pueden obtener una variedad de beneficios para la salud. Como se sabe muchos polifenoles son potentes antioxidantes.

El frijol común tiene capacidad antioxidante por la presencia de ácidos fenólicos, flavonoides y taninos. Esta capacidad se debe principalmente a la capacidad reductora de los polifenoles, ya que desempeñan un papel muy importante durante la neutralización o captación de radicales libres, así como la quelación de los metales de transición, lo que perjudica tanto el inicio como la propagación de los procesos oxidativos. Los intermedios formados como consecuencia de la actividad de los antioxidantes fenólicos son relativamente estables debido a la resonancia dentro de los anillos aromáticos contenidos en sus estructuras. Mencionan que la actividad antioxidante del frijol común aumenta después de la digestión. Esto puede deberse a la mayor solubilidad de los polifenoles, así como a la digestión de

proteínas y almidón. Esto puede favorecer la liberación de compuestos fenólicos debido al ambiente ácido que prevalece en el estómago y a la hidrólisis mediada por enzimas en el duodeno. (Chávez-Mendoza & Sánchez, 2017)

4.10 Aspectos de mejora para el consumo de frijoles en la ingesta humana

Los frijoles deben cocinarse o procesarse antes de su ingesta. El procesamiento de las legumbres no sólo mejora su sabor y palatabilidad, sino que también aumenta la biodisponibilidad de los nutrientes y reduce los factores de flatulencia (oligosacáridos de rafinosa).

La cocción de las legumbres mejora su valor nutricional al reducir los anti nutrientes, como el ácido fítico y los taninos, y mejorar la digestibilidad de las proteínas y el almidón. Además, la cocción confiere a los granos propiedades sensoriales deseables (Brigide et al., 2014).

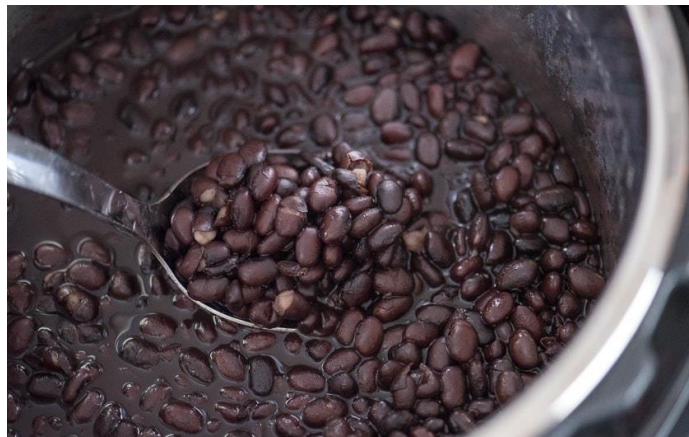


Figura 4 cocción del frijol para su ingesta

4.11 Potencial nutracéutico del frijol

Las legumbres de grano son importantes fuentes de proteínas alimentarias. En muchas regiones del mundo, las semillas de las legumbres son el único suministro de proteínas en la dieta. Muy a menudo representan un complemento necesario de otras fuentes de proteínas.

Por lo tanto, se espera que la importancia dietética de las semillas de leguminosas aumente en los próximos años por la demanda de proteínas (y otros nutrientes) del de la población mundial y la necesidad de reducir los riesgos relacionados con el consumo de alimentos de origen animal, especialmente en los países desarrollados.

Recientemente, se está reconociendo que las proteínas alimentarias no sólo son una fuente de compuestos constructivos y energéticos como los aminoácidos, sino que también pueden desempeñar un papel bioactivo por sí mismas y/o pueden ser los precursores de péptidos biológicamente activos con diversas funciones fisiológicas. Desde este punto de vista, los ejemplos más conocidos son los péptidos derivados de la caseína, que han demostrado poseer actividades inmunomoduladoras, antihipertensivas, antitrombóticas y opioides.

A partir de estos descubrimientos se ha desarrollado un nuevo campo de investigación y producción, denominado nutracéutica. El término nutracéutica fue acuñado en 1979, como resultado de la fusión de los nutrientes y la farmacia, por Stephen De Felice fundador y presidente de la Fundación para la Innovación en Medicina (FIM, Cranford, NJ). Nutracéutico es "cualquier alimento, o parte de un alimento, que se considera que proporciona beneficios para la salud, incluyendo la

prevención y el tratamiento de enfermedades". Otras definiciones relacionadas definiciones relacionadas, aunque conceptualmente diferentes, se aplicaron a los suplementos dietéticos (una sustancia producida por aislamiento o la purificación de cultivos microbianos que aporta beneficios para la salud), los alimentos funcionales (un alimento diseñado o complementado para dar valor nutricional mejorado) y alimento médico (un alimento con propiedades medicinales inherentes o añadidas).(Duranti, 2006)

4.11.1 Enfermedades cardiovasculares

El consumo de judías ha recibido una mayor atención debido a sus efectos fisiológicos beneficiosos en la prevención y el control de una amplia gama de enfermedades crónicas y degenerativas. Efectos fisiológicos beneficiosos en la prevención y el control de una amplia gama de enfermedades crónicas y degenerativas enfermedades crónicas y degenerativas como la obesidad, las enfermedades cardiovasculares, la diabetes y el cáncer. (Díaz-Batalla et al., 2006)

El almidón resistente (RS) y el contenido de fibra dietética de las judías son principalmente responsable en el manejo del síndrome metabólico al retrasar el grado de glucosa como combustible, modificando la utilización de las grasas y controlando el apetito mediante el aumento de la saciedad, lo que reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Hayat et al., 2014).

La fermentación de la fibra y del almidón resistente por parte de las bacterias del intestino grueso da lugar a la generación de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), entre los que predomina el propionato, que alteran las vías metabólicas y dan lugar a una reducción del colesterol sérico (Pereira et al., 2003). Por lo tanto el aumento de la producción de SCFA por la fermentación del almidón resistente es una razón subyacente de los beneficios protectores del consumo de judías secas (Finley et al., 2007)

También se puede conseguir un efecto hipocolesterolemizante mediante la ingesta regular de legumbres que reducen la dependencia de las proteínas animales sustituyéndolas por proteínas vegetales. Además , se sabe que el inhibidor de la

amilasa de las judías tiene un efecto anti obesidad, ya que la digestión del almidón provoca una restricción energética que resulta en la movilización de las reservas de grasa corporal.(Hayat et al., 2014)

4.11.2. Diabetes

La reducida digestibilidad de los carbohidratos de los granos debido a la presencia de fibra dietética soluble viscosa y a los altos contenidos de amilosa y almidón resistente, junto con la producción de ácidos grasos de cadena corta, evitan que se eleven los niveles de glucosa, lo que en última instancia resulta en una reducción de la insulinemia y glucémicas (Campos-Vega et al., 2010). Debido a la lenta liberación de hidratos de carbono, las judías se consideran alimentos de bajo índice glucémico (IG) (Chung et al., 2008).

Las judías tienen un índice glucémico de 20 en comparación con las patatas asadas, el pan integral y el arroz con un IG de 85, 77 y 50, respectivamente (Article, 2002).

4.12.3 Cáncer

La actividad anticancerígena de las judías está relacionada con la presencia de almidón resistente, fibra dietética soluble e insoluble, compuestos fenólicos y otros micro constituyentes como el ácido fítico, los inhibidores de la proteasa y las saponinas (Hangen & Bennink, 2002)

La fermentación del almidón resistente da lugar a la producción de ácidos grasos de cadena corta, principalmente butirato, que tienen un efecto protector contra el cáncer de colon, ya que la mayoría de los tumores se desarrollan en el colon distal. Se ha informado de que el butirato induce la apoptosis, la detención del crecimiento y la diferenciación en líneas celulares de cáncer de colon. Además, el butirato también ejerce sus efectos a través de la hiperacetilación de las histonas y la regulación a la baja del receptor del factor de crecimiento epidérmico. Además, la lenta digestión del almidón de las judías resulta en un índice glucémico reducido que atenúa la respuesta postprandial de la insulina, lo que resulta en reducción del

cáncer de colon, ya que se ha informado que la hiperinsulinemia y la hiperglucemia aumentan el riesgo de cáncer de colon. Las judías también contienen compuestos fenólicos que revelan actividades antimutagénicas, anticancerígenas y antioxidantes. Estos compuestos tienen la capacidad de inhibir agentes mutagénicos como nitrosaminas, hidrocarburos, micotoxinas e hidrocarburos aromáticos policíclicos mediante la inhibición de las enzimas de activación, la estimulación de las enzimas de desintoxicación y la así como mediante la entonación del inicio metabólico de los mutágenos. La actividad anticancerígena y antimutagénica de las judías se debe a diferentes mecanismos como las interacciones entre los compuestos fenólicos con los tóxicos finales o mutágenos, la inhibición del metabolismo del mutágeno final y las actividades de barrido de los fenólicos. Las judías secas contienen fitatos que también se espera que tengan un papel en la inhibición del cáncer de colon. Las judías también contienen saponinas que se ha descubierto que frenan el crecimiento de focos de criptas aberrantes en el colon. Del mismo modo, los inhibidores de la proteasa en las judías, en particular, los inhibidores de la quimotripsina, también desempeñan un papel en la contención del cáncer (Hayat et al., 2014).

4.13 Microorganismos probióticos

Desde tiempos inmemoriales se ha atribuido a los microorganismos un papel predominante en el entorno de nuestra vida, formando parte de todos los ecosistemas en los que nos movemos cotidianamente y ejerciendo una importante labor en nuestro organismo. En 1908, Elia Metchnikoff postuló por primera vez la importancia del consumo de leche fermentada con la especie *Lactobacillus* en la longevidad de los pastores de los Balcanes, mediante la supresión de las bacterias putrefactivas de la microbiota intestinal. Actualmente, tras numerosas redefiniciones, la FAO/OMS (2001) define probiótico como "microorganismos vivos que confieren efecto beneficioso para la salud del hospedador, cuando se administran en cantidad adecuada". Esta cantidad varía de un país a otro en función

de su legislación; sin embargo, generalmente un producto probiótico debería contener $>10^6$ - 10^8 CFU/g ó $>10^8$ - 10^{10} UFC/dosis de células viables. Además, los probióticos son definidos como seguros según el acrónimo inglés "GRAS" ("generally recognized as safe").

Las cepas probióticas comúnmente usadas pertenecen a los géneros *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *E.coli* Nissle 1917 y *Saccharomyces boulardii*. No todos los probióticos poseen las mismas propiedades beneficiosas. Además, cuando se adscribe un efecto beneficioso a una cepa, este no se puede extrapolar a las restantes cepas de la misma especie.

Para obtener beneficios sobre la salud, es recomendada una dosis de 5 mil millones de unidades formadoras de colonias (UFC) durante al menos 5 días (5×10^9 UFC / día). Puesto que la principal vía de administración de los microorganismos probióticos es la vía oral, con objeto de proporcionar estos efectos beneficiosos en el hospedador, las bacterias probióticas deben sobrevivir a lo largo del tracto gastrointestinal, tolerar el ácido, la bilis y las enzimas a nivel gástrico y, posteriormente, adherirse al epitelio intestinal ; es por ello que deben administrarse incluidos en formas farmacéuticas o bien en alimentos que le otorguen protección frente a esas condiciones adversas. Estos productos probióticos, además, deben garantizar la supervivencia de los microorganismos en forma viable durante el almacenamiento hasta el final de vida útil ($>10^6$ UFC/g) . El interés comercial de los probióticos se ve acrecentado de forma paulatina, según se avanza en el conocimiento acerca de la relación existente entre ellos y la microbiota intestinal, su interacción y el desencadenamiento de una serie de efectos positivos sobre el individuo, por tanto, abren una alternativa muy esperanzadora tanto en el ámbito de la alimentación funcional como en la mejora y profilaxis de determinadas patologías. (Diaz Ferrer et al., 2012)

4.14 Fermentación en medio líquido

La fermentación sumergida (SmF) se ha utilizado tradicionalmente para la producción de enzimas de importancia industrial (aproximadamente el 90%) debido a la facilidad de manejo y al mayor control de factores ambientales como la temperatura y el pH. Está bien establecido que la producción de enzimas extracelulares por parte de los microorganismos está muy influenciada por los componentes del medio de los medios, especialmente las fuentes de carbono y nitrógeno, los minerales y los factores fisicoquímicos como el pH y la densidad del inóculo. (Mouna imen & Mahmoud, 2015)

4.15 Enzimas

4.15.1 Celulasas

A lo largo de la historia se han venido empleando las enzimas para usos industriales, una de las enzimas comúnmente utilizadas es la celulasas obtenidas mediante fermentación de diferentes microorganismos puede sintetizarse durante parte de su ciclo de crecimiento.

Las celulasas y xilanasas son enzimas hidrolíticas que participan en el rompimiento de los enlaces glicosídicos 8-1,4 presentes en los polisacáridos de la celulosa y hemicelulosa, respectivamente.

La celulosa es el componente más abundante en la biomasa de las plantas. Cualquier proceso que pueda convertir material celulósico en glucosa de manera eficiente y económica tendría un enorme significado Industrial. Las enzimas celulolíticas son sintetizadas por numerosos microorganismos.

Las bacterias y hongos son los principales agentes naturales de la degradación de la celulosa, sin embargo, los hongos son bien conocidos por la descomposición de materia orgánica, en particular de sustratos celulósicos.

Bacterias y hongos pueden producir enzimas celulasas para la hidrólisis de material lignocelulósico. Estos microorganismos pueden ser aeróbicos o anaeróbicos, mesófilos o termófilos (1) Géneros y especies de hongos tales como *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Neurospora crassa*, incluyendo además hongos comestibles como *Lentinula edodes*, *Volvariella volvacea*, *Pleurotus* sp., producen celulasas (Cruz-Hernández et al., 2019)

4.15.2 Amilasas

Las enzimas amilolíticas se utilizan en la producción de jarabes, edulcorantes, sacarificación y licuefacción del almidón, maduración y aromatización del queso, harina, cereales para bebés, cerveceras, ensilaje y alimentos, piensos, etanol, detergentes, productos farmacéuticos y cosméticos. También se utiliza en la industria del papel y en la industria textil.

Las amilasas representan la mayor parte del mercado enzimático, correspondiendo al 25-30% del mismo. En la actualidad no existen amilasas industriales procedentes de macromicetos en el mercado enzimático. Algunas especies de macromicetos presentan características saprofitas características de saprofitas y ausencia de toxicidad, siendo consideradas potentes sistemas para la producción de enzimas aunque todavía no están bien explorados.

Las enzimas comerciales procedentes de fuentes microbianas se producen en su mayoría mediante cultivo sumergido (SmC). Este tipo de cultivo se ha utilizado con éxito para la producción de varios metabolitos valiosos de basidiomicetos. Sin embargo, algunos factores pueden afectar a la producción de enzimas bajo SmC, tales como: la composición del medio de cultivo, el pH, la temperatura, y el éxito del proceso depende de la optimización de estos parámetros (Paludo et al., 2018)

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materia prima

Dos variedades de frijol negro entero proporcionado por el M.C. Adolfo García Salinas profesor investigador de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Las variedades evaluadas fueron, nigran y brujan comparadas con flor de mayo.

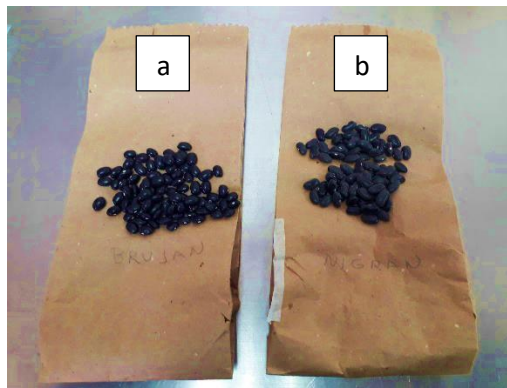


Figura 5 a) frijol brujan, b) frijol nigran

5.2 Obtención de harina de (*phaseolus vulgaris*)

Se pesaron 100 gramos de los cuatro tipos de frijoles a evaluar y luego se sometió a molienda durante 15 min a 28000 rpm con el uso de un molino eléctrico marca (High-speed multifunction GRINDER). Posteriormente las muestras fueron almacenadas en bolsas de plástico hasta su uso. La harina fue realizada para los análisis bromatológicos necesarios.



Figura 6 harinas de frijol a)Nigran,b)Brujan,c)San Luis,d)Flor de mayo

5.3 Determinación de polifenoles hidrosolubles totales en la harina de frijol.

La cuantificación del contenido de polifenoles totales (CPT) se realizó en la harina de frijol.

Para la cuantificación del CPT se utilizó el método de Folin-Ciocalteu empleando la técnica de Heimler y col. (2005). Para la determinación de polifenoles se realizó una curva estándar de ácido gálico a diferentes concentraciones.

En cada uno de los tubos se agregaron 50 μ L de cada extracto, más 3 mL de agua destilada y 250 μ L del reactivo folin. Se dejó reaccionar por 8 minutos en la oscuridad, pasado el tiempo de reacción se agregó 750 μ L de bicarbonato de sodio (Na_2CO_3) y 950 μ L de agua destilada, se depositó en 300 μ L de la muestra tratada en la microplaca y se dejó reposar por 30 min en la oscuridad y a temperatura ambiente. Como paso final se midió la absorbancia a 750 nm con un lector de microplacas Biobase Elisa – EL 10^a.

5.4 Determinación de la capacidad antioxidante (DPPH) en la harina del frijol

La determinación de la actividad antioxidante se realizó mediante la siguiente técnica. Se utilizaron tubos donde se pesó 1.18 mg de la muestra y luego se le colocó 50 mL de metanol, después en otro tubo se colocó 40 ml de metanol con 2 mL del DPPH concentrado al tubo del diluido en una microplaca se colocó en 2 pocitos 300 μ L del DPPH diluido y se leyó a 720 nm.

Al final de los extractos se tomaron 30 μ L de muestra de cada extracto y se colocaron en 3 pocitos, del DPPH diluido se tomaron 270 μ L y se colocaron los mismos lugar del extracto, se mantuvo en total oscuridad de 30 – 40 min, pasado el tiempo se leyó la absorbancia a 520 nm, también se realizó una curva patrón con trolox a diferentes concentraciones (0,5,25,50,100,200,300,400,500 mg/L)

5.5 Determinación de ABTS en la harina del frijol

Del extracto anterior se tomó una concentración de 10 mL -200ml de ABTS. La actividad antioxidante se cuantificó haciendo reaccionar ABTS 7 mM con 2,45 mM (final concentración) persulfato de potasio en la oscuridad a temperatura ambiente durante 12-16 h. Esta solución se diluyó en agua destilada hasta una absorbancia de 0,7 a 734 nm. Un blanco de disolvente apropiado se tomó la lectura. Después de la adición de 100 μ l de soluciones acuosas de extracto a 3 mL de ABTS + solución, la lectura de la absorbancia fue tomada en 30°C durante 20 min, para posteriormente tomar la lectura de absorbancia a una longitud de onda de 750 nm. Todas las soluciones se utilizaron recientemente y todas las mediciones se llevaron a cabo por triplicado. La actividad antioxidante se cuantificó a partir de un curva estándar basada en trolox de 500 ppm Los resultados fueron expresado en miligramos de equivalentes de trolox por 100 g de extracto. (Ozer, 2021)

5.6 Composición química

5.6.1 Determinación del contenido de humedad

Se utilizaron charolas de aluminio que fueron puestos a pesos constantes en la estufa para secar por 12 horas, las charolas se sacaron de la estufa y se dejaron enfriar en un desecador de 20 a 30 minutos, se retiraron de desecador y se pesaron en una balanza analítica y se anotaron los pesos de las charolas.

Se pesaron 2 g de la muestra de frijol en las charolas vacías antes pesadas y se colocaron en la estufa para secar a 100 °C por 24 h, transcurrido el tiempo se sacaron de la estufa las charolas con la muestra, se enfriaron en un desecador de 20 a 30 min y se procedió a pesar y se anotaron los pesos obtenidos.

Los resultados se determinaron mediante la siguiente formula:

$$\% MST = \frac{\text{peso del crisol con muestra seca} - \text{Peso del crisol solo}}{\text{g de la muestra}} \times 100$$

Ecuación 1 para la determinación de humedad

$$\% \text{ Humedad} = 100 - \%MST$$

5.6.2 Determinación de contenido de cenizas:

Se puso a peso constante los crisoles que se van a usar, se retiraron de la estufa y se dejaron enfriar en un desecador por 30 min, se pesaron y anotaron los pesos de los crisoles, se pesaron y colocaron 2 gramos de la muestra en cada crisol y se procedió a pre- incinerar en una parrilla eléctrica hasta que ya no hubo presencia de humo en los crisoles con muestra, luego se llevaron a la mufla a 600 °C durante 2 horas, se dejó enfriar la mufla, pasadas las 2 horas se abrió la mufla, se sacaron los crisoles y se colocaron en un desecador por 20 minutos, se pesó y se anotó el peso exacto.

Los cálculos se determinaron mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{Peso del crisol con ceniza} - \text{Peso del crisol solo}}{\text{g de la muestra}} \times 100$$

Ecuación 2 Ec. para la determinación de ceniza

5.6.3 Determinación de grasa por el método de soxhlet

Consiste en someter la muestra exenta de humedad a un proceso de extracción continua con disolvente (hexano) en un equipo soxhlet, donde una cantidad del disolvente rodea la muestra y se calienta a ebullición. El líquido condensado llega a cierto nivel dentro del soxhlet y el líquido es sifonado de regreso al matraz de ebullición.

Previamente los matraces bola de fondo plano se habían colocado a peso contante en la estufa, se retiraron de esta y se dejaron enfriar en un desecador por 30 min y luego se anotaron los pesos obtenidos en la balanza analítica. Se colocó 5g de muestra (harina de *Phaseolus vulgaris*) dentro de papel filtro formando un cartucho y evitando la perdida de muestra y se depositó en el fondo del sifón, después se conectó el matraz bola con hexano y cerramos la parte de arriba con el refrigerante.

El proceso de desgrasado se realizó durante un lapso de 4 – 5 h en una parrilla eléctrica a una velocidad de condensación de 2 a 3 gotas por segundo. El matraz con el extracto se llevó a la estufa a una temperatura de 100 °C para ponerlos a peso constante posteriormente se dejó enfriar en el desecador, se pesaron y se anotó el peso para realizar los cálculos correspondientes de las muestras.

Los cálculos se determinaron mediante la siguiente formula:

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

Ecuación 3 Ec. para la determinación de % de grasa

5.6.4 fibra cruda total

Se pesaron 2 gramos de la muestra desengrasada, la muestra se colocó en un vaso Berzelius y se agregaron 100 ml de ácido sulfúrico al 0.225 N. se conectó el aparato de reflujo por 30 minutos (se comenzó a contar a partir de que empieza a hervir), se secó y se filtró el residuo resultante con una tela de lino, se lavó con 100 ml de agua destilada caliente.

El residuo obtenido de la fibra se pasó nuevamente al bazo Berzelius agregando 100 ml de solución de hidróxido de sodio 0.313 N y se conectó al aparato de reflujo por 30 minutos, pasado el tiempo indicado se secó y filtro a través de la tela de lino y se lavó con 100 ml de agua destilada caliente, se escurrió el exceso de agua presionando la tela.

Sacamos la tela de lino del embudo se extendió y retiro la fibra con una espátula y se depositó en un crisol (peso constante). Los crisoles con la fibra se colocaron en la estufa a 90 °C durante 12 horas, se retiraron de la estufa y se dejaron enfriar en un desecador por 30 min pasado este tiempo se pesó y se anotaron los pesos. Los crisoles previamente pesados se pasaron previamente a la mufla para calcinar durante 2 horas, después de este tiempo se apagó la mufla y se dejó enfriar por 2 horas, los crisoles se sacaron la mufla, se dejaron enfriar en un desecador, se pesaron y anotamos los pesos exactos para realizar las operaciones correspondientes.

Los cálculos se determinaron mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ Fibra} = \frac{\text{peso del crisol con fibra seca} - \text{peso del crisol fibra cenizas}}{\text{g de muestra}} \times 100$$

Ecuación 4 Ec. para la determinación del % de fibra



Figura 7 Determinación de fibra

5.6.5 Determinación de proteína por método Macro - Kjeldhal

5.6.5.1 Digestión

Se pesaron de 15 – 40 mg de muestra de harina de *Phaseolus vulgaris* previamente desengrasada en tubos con rosca, se agregaron 300 mg de catalizador más 2.5 ml de ácido sulfúrico, posteriormente se realizó la digestión en el equipo digestor con un condensador de vapores de vidrio conectada a la bomba de vacío para vapores ácidos, una vez ya digerida la muestra la retiramos el tubo digestor y se dejó enfriar.



Figura 8 Digestión de la muestra

5.6.5.2 Destilación

Se colocó el residuo blanquecino en un tubo de destilación, se agregaron 5 ml de agua lentamente para disolver el residuo blanquecino, también se agregaron 10 ml de hidróxido de sodio (NaOH) al 60 %. En un matraz Erlenmeyer donde se iba a recibir el resultado de la destilación se colocó 5 ml de ácido bórico al 5% y se adicionaron 2 gotas de mezcla de indicadores. Posteriormente se destiló la muestra en el equipo Kjeldahl hasta que se recolectaron 100ml de la muestra.



Figura 9 Destilación de la muestra

5.6.5.3 Titulación

Por ultimo titulamos lo obtenido de la destilación con HCL al 0.01N hasta permutar a color rosa pálido.



Figura 10 Titulación de lo obtenido de la destilación de la muestra

Los resultados se obtuvieron mediante la siguiente formula:

$$\%N = \frac{(V2 - V1 \times EqN \times N)}{W} \times 100$$

Ecuación 5 Ec. para la determinación de % proteína

Donde:

V2= volumen de HCl gastado para titular la muestra

V1=volumen gastado en la titulación del blanco

N= normalidad del HCl (0.01 N)

EqN=14.007

W=peso de muestra en mg (previamente desengrasada)

VN= porcentaje de nitrógeno

f = (factor de conversión) 4.386,25

5.7 Dimensiones de las semillas

Los parámetros de longitud, anchura y grosor se determinaron utilizando un calibre Vernier para ensayar 10 semillas por cada variedad de frijol estudiada. El objetivo era obtener una comparación cuantitativa de las diferencias de tamaño entre las variedades de frijoles los datos se expresaron en centímetros (cm).

5.8 Determinación del tiempo óptimo de cocción

Para determinar el tiempo óptimo de cocción, se lavaron las semillas, se colocaron en matraces Erlenmeyer de 250 ml en una proporción de 1:3 semilla: agua y se cerraron herméticamente. Los matraces se colocaron en una autoclave y se sometieron a una temperatura de 121 °C y a una presión de 15 lb/pulg². El tratamiento se mantuvo durante 20 minutos. Las semillas se retiraron de los frascos y se evaluó su cocción de acuerdo con la siguiente definición: un frijol cocido se considera aquel que cede fácilmente a una presión moderada entre el pulgar y el dedo índice y presenta una consistencia blanda y pastosa que va de fina a ligeramente grumosa (NMX-FF038-SCFI-2016). Este procedimiento se repitió en incrementos de 5 minutos para cada variedad hasta que el 100% de los frijoles estuvieran cocidos. Los frijoles fueron se clasificaron como frescos cuando el tiempo de cocción fue menor o igual a 50 minutos o como endurecidas cuando el tiempo de cocción era superior a 50 minutos.

A continuación, los frijoles se liofilizaron junto con el caldo de cocción; finalmente, se molieron y se tamizaron (malla nº 50). La harina se guardó en frascos de color ámbar y se refrigeró (4 °C) para los análisis posteriores

5.9 Ensayo enzimático

Las actividades enzimáticas se representan como sustrato U/L. La concentración de proteína se determinó utilizando el método de Bradford con estándar de albúmina. Todos los ensayos se realizaron por triplicado para cada medio de extracción. La actividad de la enzima amilasa se midió utilizando el método del reactivo ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS) descrito por Miller. Se agregaron diez microlitros de extracto del extracto enzimático crudo a 90 μ L de almidón al 1% en agua destilada y se incubaron a 50 °C durante 60 min, posteriormente se adicionaron 100 μ L de DNS para detener la reacción. La solución se hirvió durante 10 min y luego se colocó en hielo durante 5 min. La cantidad de azúcar reductor se determinó utilizando el método DNS con maltosa como estándar, midiendo la absorbancia a 546 nm en un espectrofotómetro (BIOBASE EL-10A): 1 U de amilasa se definió como la cantidad de enzima requerida para la liberación de 1 U mol de azúcar reductor en equivalentes de maltosa por minuto. La celulasa se midió utilizando carboximetilcelulosa (CMC) como sustrato. Se agregaron diez microlitros de solución del extracto enzimático crudo en 90 μ L de solución de CMC al 0.25 % y se hicieron reaccionar a 50 °C durante 60 min, y luego se midieron usando el ensayo de DNS a 546 nm con glucosa como estándar: 1U de CMCasa se definió como la cantidad de enzima requerida para la liberación de 1 μ mol de azúcar reductor en equivalentes de glucosa por minuto en las condiciones de ensayo descritas anteriormente.

6.0 RESULTADOS

6.1 Materia prima

Dependiendo del tipo de frijol, el contenido de proteínas varía del 14 al 33%, siendo rico en aminoácidos como la lisina (6.4 a 7.6 g/100 g de proteína) y la fenilalanina más tirosina (5.3 a 8.2 g/100 g de proteína), pero con deficiencias en los aminoácidos azufrados de metionina y cisteína. Sin embargo, de acuerdo a evaluaciones de tipo biológico, la calidad de la proteína del frijol cocido puede llegar a ser de hasta el 70% comparada con una proteína testigo de origen animal a la que se le asigna el 100%, según (Ulloa et al., 2011).

6.2 Análisis de la materia prima contenido de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante de las harinas de frijol

Los resultados de la concentración de los fenoles totales en la harina de frijol, se determinaron mediante el método de Folin cicateo y se encontró que existe diferencias significativas (≤ 0.5) entre flor de mayo y San Luis con la muestra de harina brujan (ilustración 11).

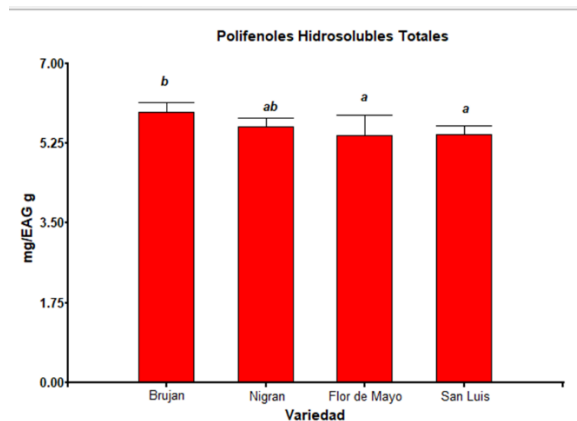


Figura 11 Polifenoles hidrosolubles totales en las 4 muestras de frijol utilizadas

En base a la literatura consultada de (Corzo-Ríos et al., 2020), Comparando los valores de (Tabla 1) los datos del frijol bola negra no difieren tanto de los valores obtenidos con san luis y nigran, pero si hay diferencia con los datos de obtenidos de flor de mayo.

Tabla 1 compuestos fenólicos, frijol bola negra y flor de mayo.

Variedad	Compuestos fenólico	
	crudo	Cocido
Bola negra	5,49 ± 0,12 ^{a,F}	3,77 ± 0,08 ^b
Flor de mayo	6,39 ± 0,23 ^{a,E}	5,96 ± 0,12 ^b

Las letras minúsculas dentro de una fila indican una diferencia significativa al cocinar, y las diferentes letras mayúsculas dentro de una columna indican una diferencia significativa entre variedades de frijol ($p \leq 0.05$) usando la prueba de rango múltiple de Duncan.

^a Miligramos equivalentes de ácido gálico / g de muestra seca.

^b Equivalentes en miligramos de (+) - catequina / g de muestra seca. Los resultados representan el promedio de tres determinaciones independientes \pm la desviación estándar.

6.3 Antioxidantes (DPPH)

El contenido de antioxidantes obtenidos en los resultados de la muestra de harina del frijol se determinó mediante el método de DPPH la harina de frijol brujan, nigran y san luis se mantiene en el rango de 12 hasta 14 micromoles mostrando así una

pequeña diferencia entre muestras de frijol negro. En la muestra de frijol flor de mayo (frijol morado) su contenido de antioxidantes si fue superior a los demás datos obtenidos en la harinas de los frijoles negros.

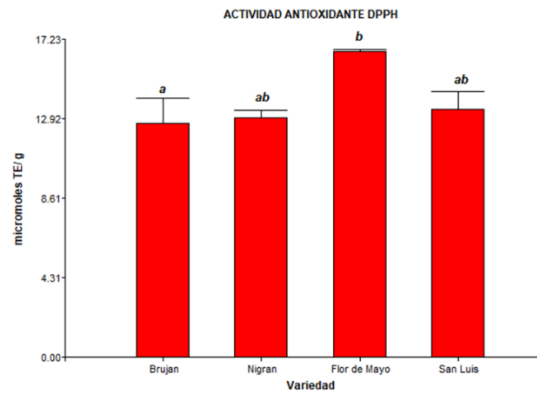


Figura 12 Determinación de antioxidantes por el método (DPPH) en las 4 variedades de frijol

En los resultados de (DPPH) nuestras muestras de harina de frijol fueron menores los datos que se obtuvieron de los extractos de frijol negro evaluado por (DPPH) ,haciendo comparación con la literatura investigada (Silva-Cristobal et al., 2010) se evaluaron tres tipos de cereales como se muestra en la (ilustración 13) donde podemos notar que las antocianinas tuvieron una mayor capacidad antioxidante ya que el extracto de frijol produjo una mayor reducción del DPPH que los preparados de lentejas y garbanzos. Todas las legumbres analizadas presentaron un rápido aumento de la reducción durante los primeros 5 minutos del ensayo y posteriormente se obtuvo una meseta. El máximo índice de reducción se observó con los compuestos fenólicos de la judía (20%), mientras que el valor más bajo lo presentó el garbanzo (12%). Este patrón está de acuerdo con el contenido total de polifenoles y antocianinas de las muestras.

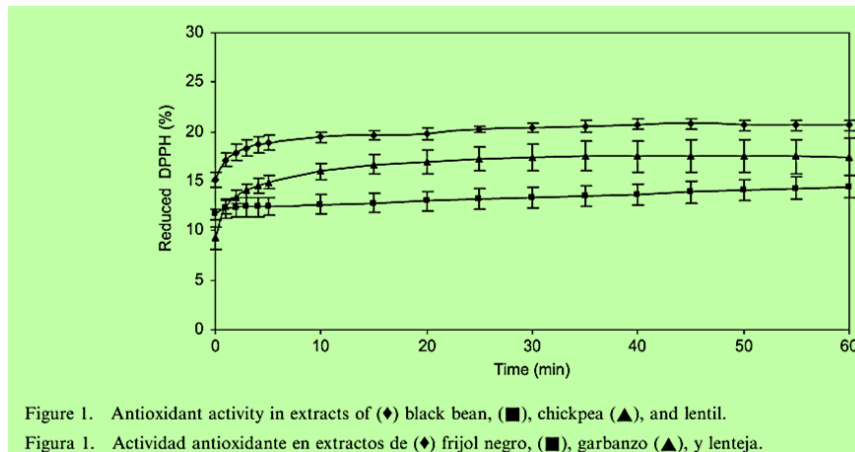


Figura 13 Actividad antioxidante en extractos de frijol, garbanzos, lentejas.

6.4 Antioxidantes ABTS

Se determinó el contenido de antioxidantes por el método de ABTS con las harinas de las 4 muestras de frijol, así también con los extractos de las 4 muestras, en base a nuestras graficas obtenidas podemos notar que entre ambas muestras hay mucha diferencia de antioxidantes.

En la determinación de ABTS en las 4 harinas las muestras presentan diferencia entre si, solo que entre nigran y San Luis la diferencia es menor en comparación con las otras 2 muestras.

Mientras que en las determinaciones de ABTS de los extractos de las muestras no existe diferencia entre las 3 muestras de frijoles que evaluamos.

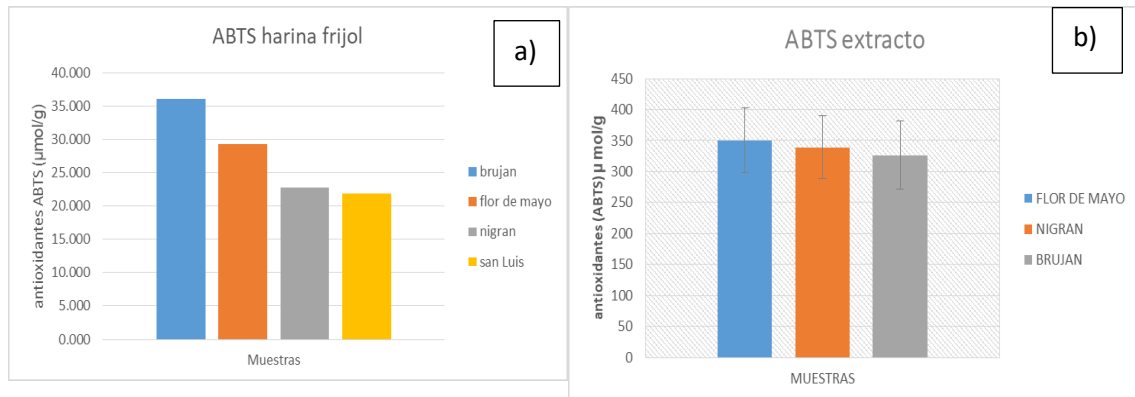


Figura 14 determinación de antioxidantes con el método (ABTS). a) harina de los frijoles, b) extracto de los frijoles

6.5 Composición química

6.5.1 Humedad

Como podemos observar en la (figura 15) las muestra de frijol bruja (2.21) y flor de mayo (2.60) no hay diferencia entre la muestras en comparación con la muestra de frijol nigran (4.58) y San Luis (5.81).

Basándonos en las investigaciones realizadas por (Herrera-Hernández et al., 2018) el porcentaje de humedad oscila entre el 7,42 % y el 6,14 %. En nuestro estudio, la variedad de frijol negro y flor de mayo contienen un porcentaje menor, que el valor más bajo reportado por dichos autores, esto podría deberse al tipo de suelo y clima donde fueron sembrados y cosechados estos tipos de frijoles evaluados.

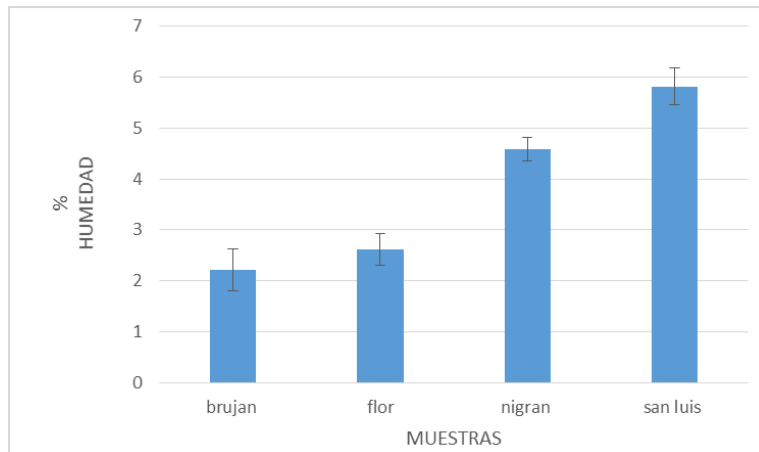


Figura 15 contenido de humedad en la harina de las 4 variedades de frijoles

6.5.2 Ceniza

En la (figura 16) de barras podemos observar que existen diferencias de porcentaje de ceniza entre los 4 tipos de harina de frijoles que fueron evaluados donde el porcentaje de harina más bajo fue de 3.58% y el valor más alto que se obtuvo fue de 3.75%

(Herrera-Hernández et al., 2018) menciona que el frijol flor de mayo muestra un porcentaje de ceniza de (4.14) y el frijol negro presento un porcentaje del (4.12) de ceniza y con esto podemos notar que existe poca diferencia de los valores que obtuvimos de nuestras muestras con los valores del artículo en comparación.

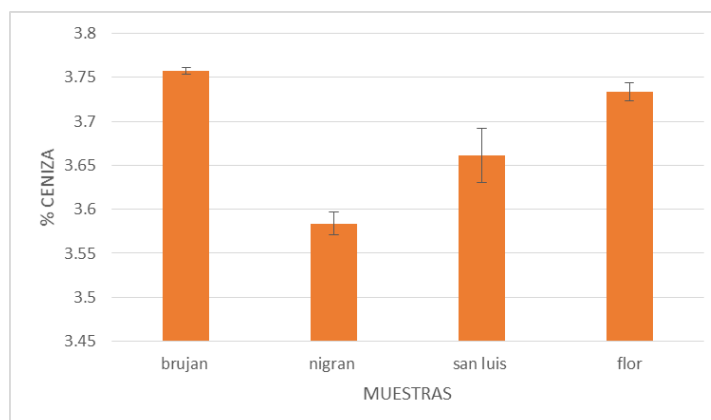


Figura 16 Contenido de ceniza de las variedades de frijol utilizadas

6.5.3 Grasa

Hay una diferencia de concentración de grasa obtenida en nuestras 4 muestras de frijol que se evaluamos, donde el valor más bajo fue de 1.12% y el valor más alto fue de 1.46%. con base a la investigación realizadas por (Grajales-García et al., 2012) nos muestran que en la evaluación de harina de frijol negro obtuvieron 1.24 % de grasa

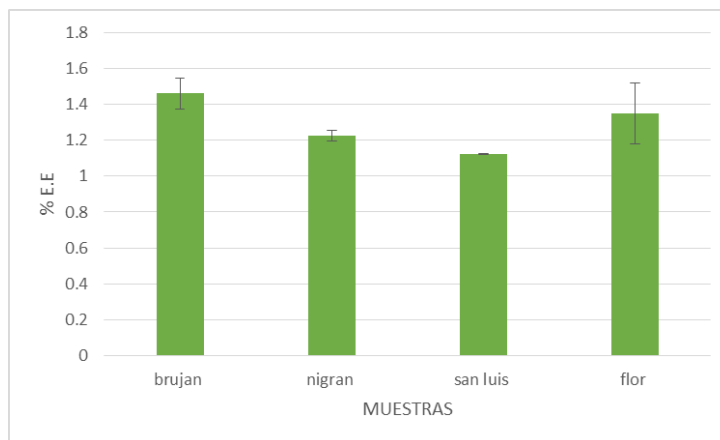


Figura 17 Contenido de grasa en las variedades de frijol utilizadas

6.5.4 Proteína

Como se puede observar en la (figura 18) entre las San Luis, brujan y nigran existe diferencia entre las muestras donde el valor más alto de proteína lo presento san luis con (17.41%) y el valor mínimo fue brujan con (9.48%). (Ulloa et al., 2011) menciona que dependiendo del tipo de frijol, el contenido de proteínas varía del 14 al 33%, siendo rico en aminoácidos como la lisina (6.4 a 7.6 g/100 g de proteína) y la fenilalanina más tirosina (5.3 a 8.2 g/100 g de proteína). Por lo tanto solo nuestra muestra de frijol San Luis que presento un (17.41%) es la muestra que entra dentro del rango de proteína en frijoles mencionado.

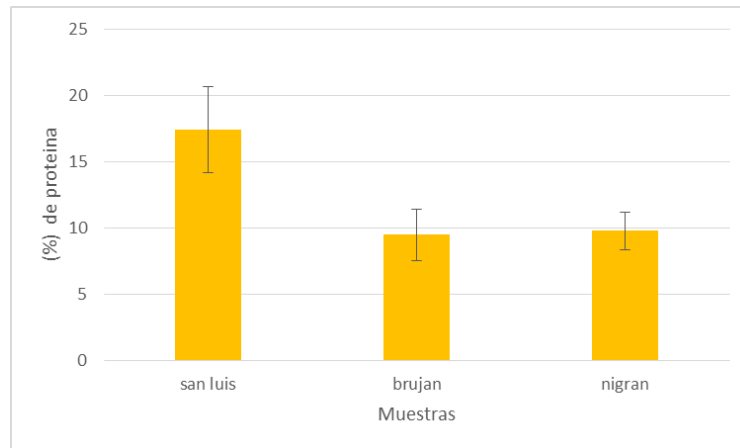


Figura 18 Contenido total de proteínas en las variedades de frijol utilizadas

6.5.5 Fibra

Los resultados obtenidos de fibra cruda obtenidas en las harinas de las muestras de frijoles evaluadas se determinaron mediante el método de digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio y calcinación del residuo de las muestras. Los valores de fibra que obtuvimos en nuestras 4 muestras de frijol rondaron entre (1.20 -1.50%). Con base a los resultados obtenidos por (Herrera-Hernández et al., 2018) donde en muestra de frijol flor de mayo se obtuvieron un 3.64 % y para su muestra de frijol negro obtuvieron un porcentaje de 2.2 %. Podemos notar que nuestros valores de fibra obtenidos se encuentran fuera del rango de los que se obtuvieron en la literatura consultada. La diferencia dada entre lo obtenido y consultado de los valores de fibra en frijol negro podría deberse a que no sabemos la variedad de frijol negro utilizado para el artículo consultado.

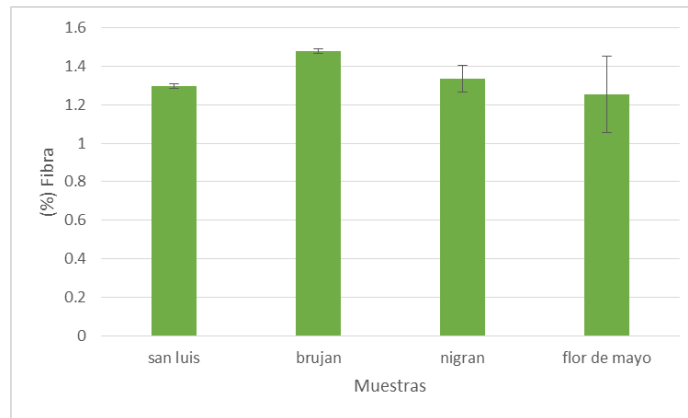


Figura 19 contenido de fibra en las variedades de frijol evaluados

6.6 Medidas frijoles

6.6.1 Frijol crudo medidas

Evaluamos el largo, ancho y grosor de las muestras de frijol que utilizamos de acuerdo a los datos obtenidos de la medición del largo y ancho no se presentaron diferencias entre las 3 muestras evaluadas más sin embargo las medidas del grosor si se presentaron diferencias entre las 3 muestras. Realizamos una comparación de datos con reportado por (Herrera-Hernández et al., 2018) donde para el frijol flor de mayo en las medidas del largo fue de (13.26 mm), ancho (7.73 mm) y para el grosor (5.66 mm) y nuestros datos obtenidos para flor de mayo fueron los siguientes, largo (12.4 mm), ancho (7 mm) y grosor (5.1) como podemos notar no hay mucha diferencia entre los datos comparados con los que se obtuvieron con nuestras muestras.

Para le frijol negro en el artículo obtuvieron los siguientes, largo (10.70 mm), ancho (7.76 mm) y grosor (5.40 mm) y los datos en frijoles negros fueron los siguientes, el promedio del largo fue (11.3 mm), el ancho fue de (7mm) y el grosor (5.3). Con esto podemos confirmar que no existe una gran diferencia entre los datos que obtuvo el autor del artículo que utilizamos con los datos que nosotros obtuvimos.

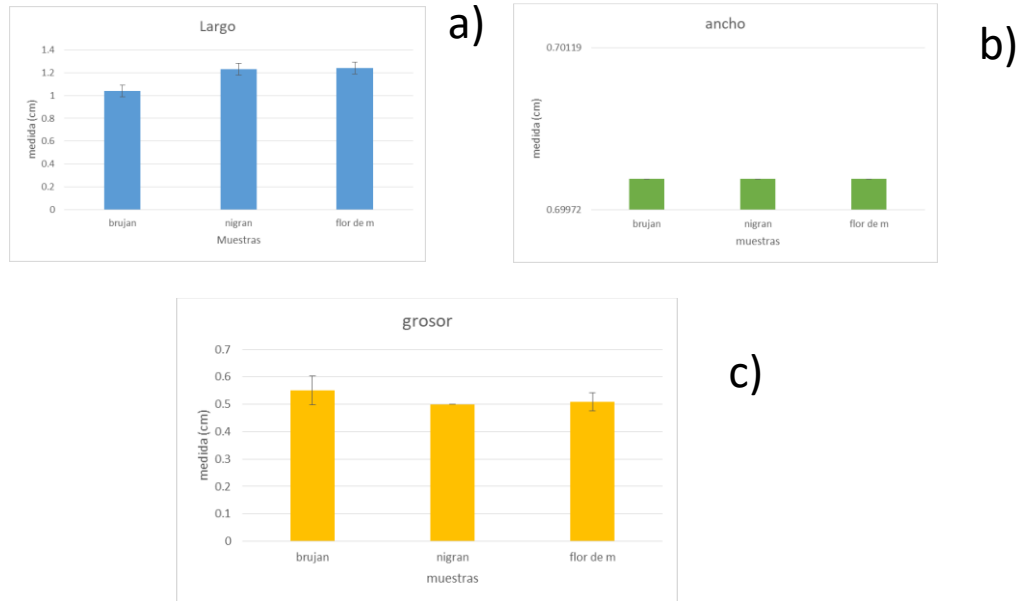


Figura 20 Evaluación de la calidad del frijol crudo a) Largo, b) Ancho, c) Grosor

6.6.2 Medidas frijol cocido

Tabla 2 Largo, ancho y grosor en muestras de frijol crudo y frijol cocido

MUESTRAS DE FRIJOL	FRIJOL CRUDO			FRIJOL COCIDO		
	LARGO	ANCHO	GROSOR	LARGO	ANCHO	GROSOR
BRUJAN	1.04	0.7	0.55	1.5	1.01	0.8
NIGRAN	1.23	0.7	0.50	1.67	0.93	0.66
FLOR DE M	1.24	0.7	0.51	1.64	0.95	0.71

Tabla 3 diferencias existentes entre el largo, ancho y grosor de las muestras de frijol crudo y frijol cocido

DIFERENCIA EXISTENTE ENTRE LAS MUESTRAS			
	LARGO	ANCHO	GROSOR
BRUJAN	0.46	0.31	0.25
NIGRAN	0.44	0.23	0.16
FLOR DE MAYO	0.40	0.25	0.20

Realizando una comparación entre los datos obtenidos en las muestras crudas con las muestras cocidas pudimos observar un incremento de en las medidas de las semillas al cocerse esto debido al entrar en contacto la semilla con el agua en el proceso de cocción al que fueron sometidas.

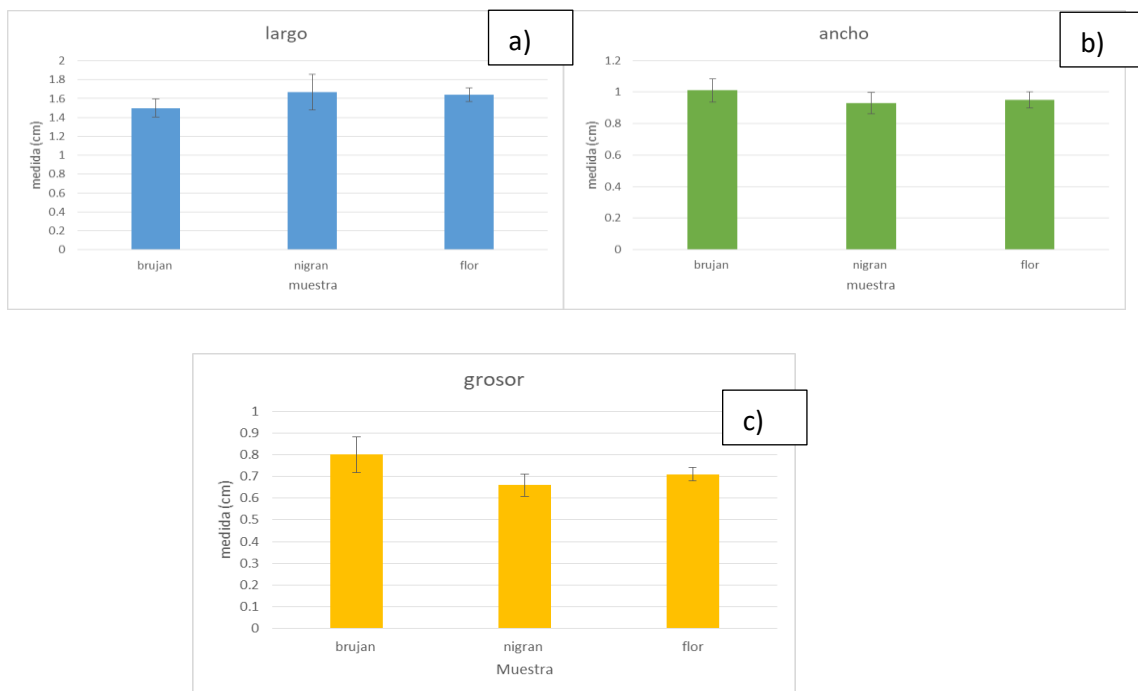


Figura 21 Evaluación de la calidad del frijol cocido a) Largo, b) Ancho, c) Grosor

6.6.3 Prueba de espesor

En la muestra de frijol brujan obtuvimos un promedio de 0.50 cm evaluando 6 semillas en las tres muestras de frijoles, para Nigran el promedio fue de 0.25 cm y por ultimo flor de mayo presento un promedio de 0.66 cm. Mientras que (Corzo-Ríos et al., 2020) en frijol negro americano fresco obtuvo un espesor de 0.52 cm y 0.54 cm en flor de mayo. Con esto podemos notar que en brujan existe poca diferencia con el frijol negro americano y por otro lado Nigran si tiene una diferencia muy grande con los valores hablando de frijoles negros.

En los datos obtenidos en flor de mayo el valor es más alto que los datos obtenidos por corzo Ríos.

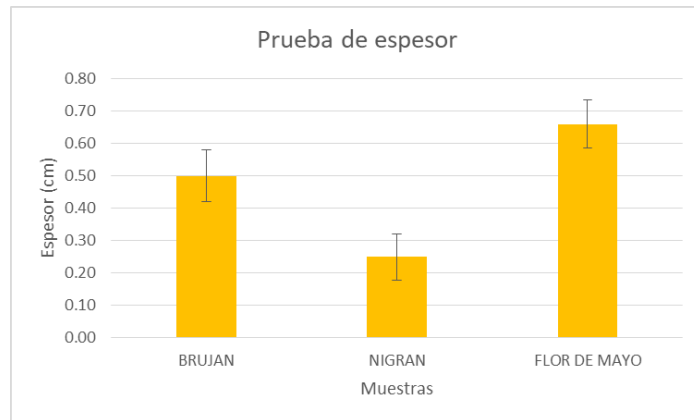


Figura 22 prueba de espesor de las variedades de frijol evaluadas

6.7 azucares totales

Mediante las gráficas podemos notar que en las 3 muestras de frijol se presenta un incremento de azucares a las 24 y luego se presenta un descenso de producción y

en la muestra brujan se vuelve a presentar una alta producción de azúcares a diferencia de las otras 2 muestras de frijoles en nigran solo en cocos hubo mayor incremento mientras que el los bacilos no fue notoria la producción, en la muestra flor de mayo también presento un alto incremento a las 24 horas con bacilos y luego disminuyo a las 96 horas para luego mantener su producción sin tanto incremento, sin embargo los cocos mantenían su incremento y disminución dentro de las horas evaluadas. La acción de los microorganismos para la producción de azúcar fue muy diferente en las tres muestras evaluadas.

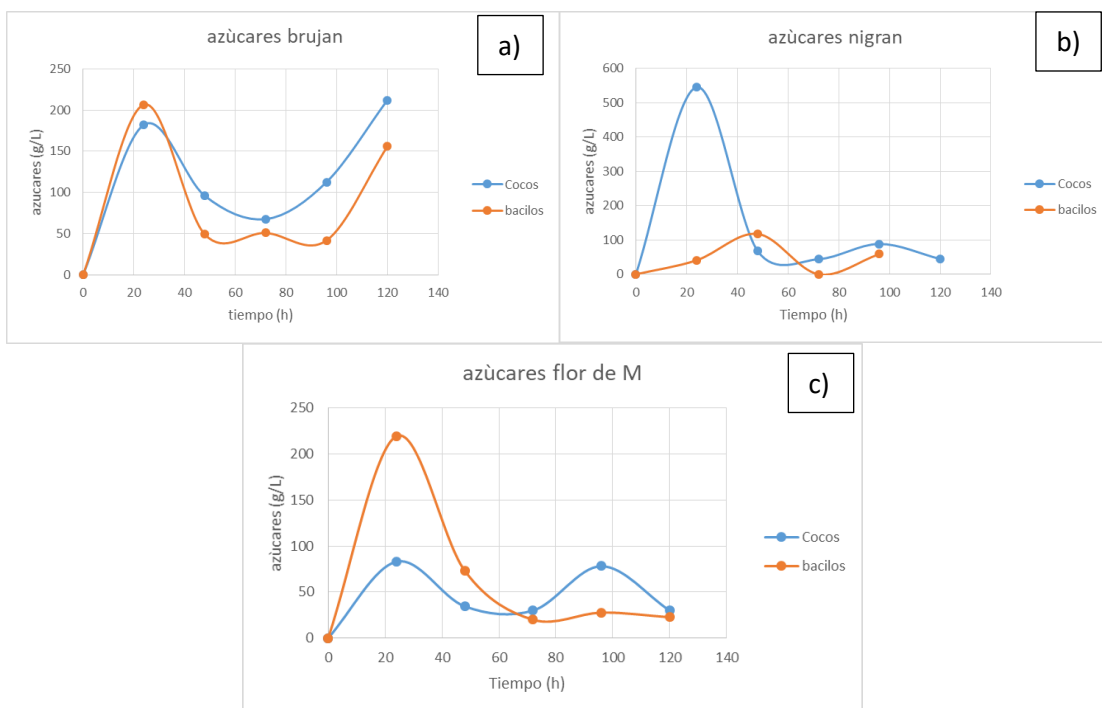


Figura 23 determinación de azúcares totales a) Brujan) Nigran, c) Flor de mayo

6.8 Ensayo enzimático

6.8.1 Amilasas

En las gráficas podemos notar que el incremento de amilasas en las 3 muestras se presentó en diferentes horas.

Para brujan el mayor incremento con bacilos fue a las 72 horas con (33859.188 U/L), mientras que en cocos el incremento fue a las 24 horas con (188959.977 U/L). Para nigran los cocos presentaron un pico más alto a las 72 h con (38208.849 U/L)

y los bacilos 48 h (13019.768 U/L) y por ultimo para la muestra flor de mayo con coco el primer incremento fue a las 24h (15162.138 U/L) y presento otro incremento más a las 96 h donde su producción fue más alta con (29314.766 U/L), para los bacilos en la muestra flor de mayo el incremento fue a las 72 h (17856.331 U/L) y para las siguientes horas presentaron un ligero descenso en la producción de amilasas.

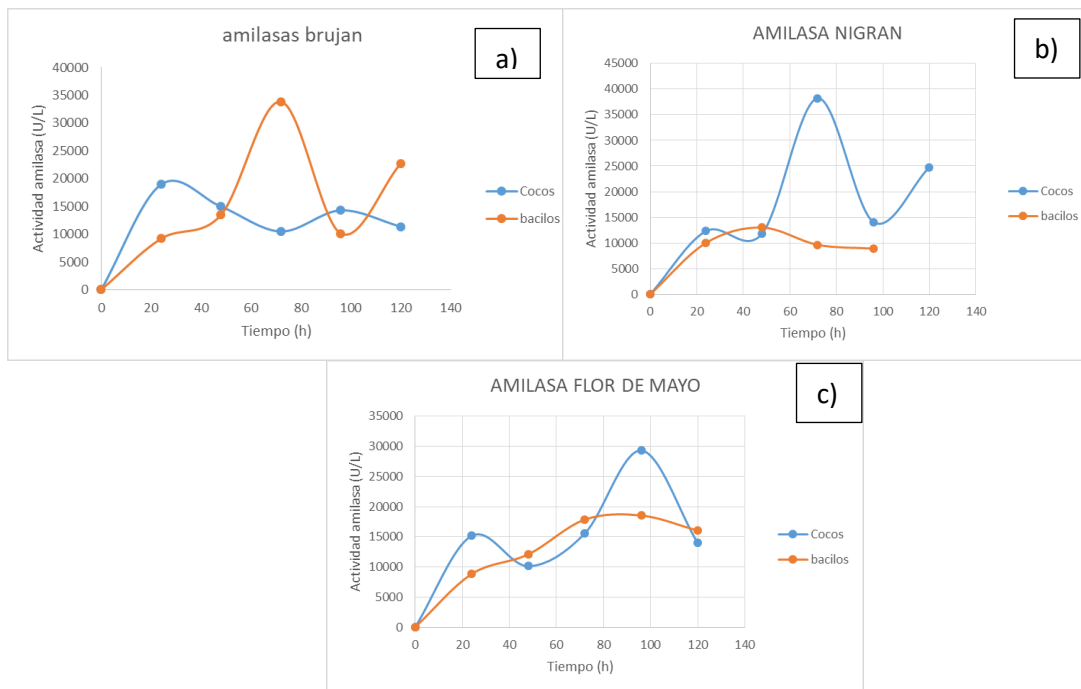


Figura 24 determinación de la actividad enzimática amilasas a) Brujan, b) Nigran, c) Flor de mayo

6.8.2 Celulasas

En las gráficas de la (figura 25) de la celulasas en las tres muestras podemos observar que la producción fue mayor en comparación con la producción de las amilasas esto pudiera deberse a que los principales componentes químicos de la fibra en el frijol son las pectinas, pentosanos, hemicelulosa, celulosa y lignina (Ulloa et al., 2011).

En las muestra de frijol Brujan y flor de mayo incrementaron y mantuvieron su crecimiento mientras que en nigran si presentaron reducciones hasta 0 con los bacilos.

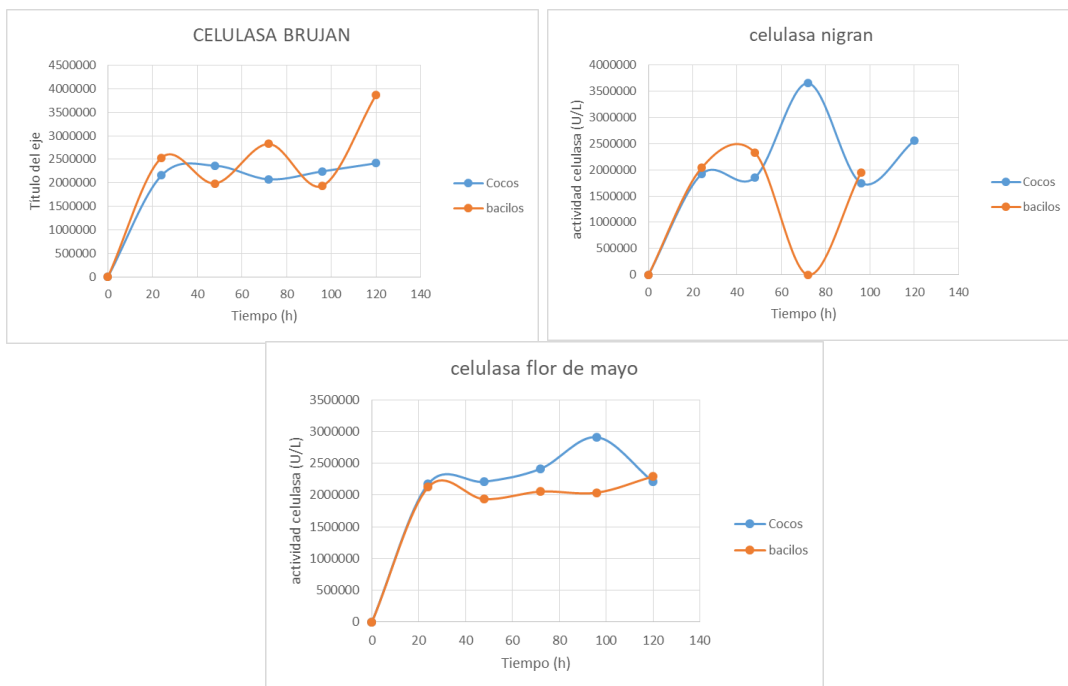


Figura 25 determinación de la actividad enzimática celulasa a) Brujan, b) Nigran, c) Flor de mayo

7.0 CONCLUSIONES

Se caracterizaron las harinas de *phaseolus vulgaris* que se utilizaron como materia prima y se les practico análisis bromatológico obteniendo los siguientes porcentajes Brujan presento 2.21% de humedad, 3.75% de ceniza, 1.46% grasa, 1.47% fibra y 9.48% de proteína. En Nigran obtuvimos los siguientes porcentajes 4.58%, ceniza 3.58%, grasa 1.22%, fibra 1.33% y proteína 9.76%.

En la evaluación del extracto de las muestras de caldo de frijol al cual le agregamos cocos y bacilos como fuente probiótica notamos que si hubo crecimiento de los dos tipos de microorganismos usados.

Para determinar la producción de enzimas amilasa y celulasa usando el caldo de frijoles como sustrato nos dimos cuenta por medio de las gráficas, que tanto bruja como Nigran son buen sustrato para la producción de amilasas tanto con cocos y bacilos pero su mayor incremento fue después de las 24 horas en su mayoría, mientras que para la producción de celulasas se hicieron presentes en las primeras 24 horas para ambas muestras más sin en cambio Bruja fue el que presento mayor producción de cocos y bacilos.

8.0 BIBLIOGRAFÍA

- Pérez Herrera, Patricia, Esquivel, Gilberto, Rosales Serna, Rigoberto, & Acosta-Gallegos, Jorge A. (2002). Caracterización física, culinaria y nutricional de frijol del altiplano subhúmedo de México. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 52(2), 172-180. Recuperado en 24 de noviembre de 2021, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222002000200009&lng=es&tlng=es
- Article, S. (2002). *Foster-Powell2002*. January, 5–56.
- Boye, J., Zare, F., & Pletch, A. (2010). Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, 43(2), 414–431. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.003>
- Brigide, P., Canniatt-Brazaca, S. G., & Silva, M. O. (2014). Nutritional characteristics of biofortified common beans. *Food Science and Technology (Campinas)*, 34(3), 493–500. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.6245>
- Broughton, W. J., Hern, aacute, Ndez, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P., & Vanderleyden, J. (2003). Beans (*Phaseolus* spp.) - model food legumes. *Plant and Soil*, 252(1), 55–128. <http://www.ingentaconnect.com/content/klu/plso/2003/00000252/00000001/05102542>
- Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., & Oomah, B. D. (2010). Minor components of pulses and their potential impact on human health. *Food Research International*, 43(2), 461–482. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.004>
- Cardador-Martínez, A., Loarca-Piña, G., & Oomah, B. D. (2002). Antioxidant activity in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(24), 6975–6980. <https://doi.org/10.1021/jf020296n>
- Chávez-Mendoza, C., & Sánchez, E. (2017). Bioactive compounds from mexican varieties of the common bean (*Phaseolus vulgaris*): Implications for health. *Molecules*, 22(8). <https://doi.org/10.3390/molecules22081360>
- Chidananda, K. P., Chelladurai, V., Jayas, D. S., Alagusundaram, K., White, N. D. G., & Fields, P. G. (2014). Respiration of pulses stored under different storage conditions. *Journal of Stored Products Research*, 59, 42–47. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2014.04.006>
- Chung, H. J., Liu, Q., Hoover, R., Warkentin, T. D., & Vandenberg, B. (2008). In vitro starch digestibility, expected glycemic index, and thermal and pasting properties of flours from pea, lentil and chickpea cultivars. *Food Chemistry*, 111(2), 316–321. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.062>
- Corzo-Ríos, L. J., Sánchez-Chino, X. M., Cardador-Martínez, A., Martínez-Herrera, J., & Jiménez-Martínez, C. (2020). Effect of cooking on nutritional and non-nutritional compounds in two species of *Phaseolus* (*P. vulgaris* and *P.*

- coccineus) cultivated in Mexico. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 20(March), 100206. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100206>
- Cruz-Hernández, M. A., Ríos-Sánchez, A. C., Morales-Luna, F., Flores-Verastegui, M., Castelo-Mejía, M. E., & Belmares-Cerda, R. (2019). Evaluación de la producción de enzimas celulolíticas utilizando *Pleurotus ostreatus*. *Avances de Investigación En Inocuidad de Alimentos*, 2, 5–8.
- Danihelová, M., & Šturdík, E. (2012). Nutritional and Health Benefits of Buckwheat. *Potravinárstvo*, 6(3), 1197–1204. <https://doi.org/10.5219/206>
- Díaz-Batalla, L., Widholm, J. M., Fahey, G. C., Castaño-Tostado, E., & Paredes-López, O. (2006). Chemical components with health implications in wild and cultivated Mexican common bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(6), 2045–2052. <https://doi.org/10.1021/jf051706l>
- Díaz Ferrer, J., Parra, V., Bendaño, T., Montes, P., & Solorzano, P. (2012). [Probiotic supplement (*Lactobacillus acidophilus* and *bulgaricus*) utility in the treatment of irritable bowel syndrome]. *Revista de Gastroenterología Del Perú: Órgano Oficial de La Sociedad de Gastroenterología Del Perú*, 32(4), 387–393.
- Duranti, M. (2006). Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*, 77(2), 67–82. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2005.11.008>
- Ferreira, C. D., Ziegler, V., Lindemann, I. da S., Hoffmann, J. F., Vanier, N. L., & Oliveira, M. de. (2018). Quality of black beans as a function of long-term storage and moldy development: Chemical and functional properties of flour and isolated protein. *Food Chemistry*, 246, 473–480. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.118>
- Finley, J. W., Burrell, J. B., & Reeves, P. G. (2007). Pinto bean consumption changes SCFA profiles in fecal fermentations, bacterial populations of the lower bowel, and lipid profiles in blood of humans. *Journal of Nutrition*, 137(11), 2391–2398. <https://doi.org/10.1093/jn/137.11.2391>
- Grajales-García, E. M., Osorio-Díaz, P., Goñi, I., Hervert-Hernández, D., Guzmán-Maldonado, S. H., & Bello-Pérez, L. A. (2012). Chemical composition, starch digestibility and antioxidant capacity of tortilla made with a blend of quality protein maize and black bean. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(1), 286–301. <https://doi.org/10.3390/ijms13010286>
- Hangen, L., & Bennink, M. R. (2002). Consumption of black beans and navy beans (*Phaseolus vulgaris*) reduced azoxymethane-induced colon cancer in rats. *Nutrition and Cancer*, 44(1), 60–65. https://doi.org/10.1207/s15327914nc441_8
- Hayat, I., Ahmad, A., Masud, T., Ahmed, A., & Bashir, S. (2014). Nutritional and Health Perspectives of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): An Overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(5), 580–592.

<https://doi.org/10.1080/10408398.2011.596639>

- Herrera-Hernández, I. M., Armendáriz-Fernández, K. V., Muñoz-Márquez, E., Sida-Arreola, J. P., & Sánchez, E. (2018). Characterization of bioactive compounds, mineral content and antioxidant capacity in bean varieties grown in semi-arid conditions in Zacatecas, Mexico. *Foods*, 7(12). <https://doi.org/10.3390/foods7120199>
- Hoover, R., Hughes, T., Chung, H. J., & Liu, Q. (2010). Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: A review. *Food Research International*, 43(2), 399–413. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.001>
- Mouna imen, O., & Mahmoud, K. (2015). Statistical optimization of cultural conditions of an halophilic alpha-amylase production by halophilic *Streptomyces* sp. grown on orange waste powder. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 4(4), 685–693. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2015.08.011>
- Ozer, H. K. (2021). *Composiciones fenólicas y actividades antioxidantes . de nuez maya (Brosimum alicastrum) : Comparación con nueces comerciales. 2912, 1–12.*
- Paludo, L. C., Frantz, S. C., Ançay, R., Stutz, H., Dantas, T. L. P., & Spier, M. R. (2018). Optimization, kinetic and bioprocess parameters of amylases production from *Coprinus comatus* under submerged culture using starch-based simple medium: Partial enzyme characterization. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 16, 529–537. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.09.022>
- Pereira, D. I. A., McCartney, A. L., & Gibson, G. R. (2003). An in vitro study of the probiotic potential of a bile-salt-hydrolyzing *Lactobacillus fermentum* strain, and determination of its cholesterol-lowering properties. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(8), 4743–4752. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.8.4743-4752.2003>
- Phaseolus, L., & Mederos, Y. (2006). INDICADORES DE LA CALIDAD EN EL GRANO DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 27(3), 55–62. <https://doi.org/10.1234/ct.v27i3.365>
- Reyes-Moreno, C., & Paredes-López, O. (1993). Critical Reviews in Food Science and Nutrition Hard - to - cook phenomenon in common beans — A review Hard-to-Cook Phenomenon in Common Beans — A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33(February 2013), 227–286.
- Salinas-Moreno, Y., Rojas-Herrera, L., Sosa-Montes, E., & Pérez-Herrera, P. (2005). Composición de antocianinas en variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivadas en México. *Agrociencia*, 39(4), 385–394.
- Siddiq, M., Ravi, R., Harte, J. B., & Dolan, K. D. (2010). Physical and functional characteristics of selected dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. *LWT - Food*

Science and Technology, 43(2), 232–237.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.07.009>

Silva-Cristobal, L., Osorio-Díaz, P., Tovar, J., & Bello-Pérez, L. A. (2010). Chemical composition, carbohydrate digestibility, and antioxidant capacity of cooked black bean, chickpea, and lentil Mexican varieties Composición química, digestibilidad de carbohidratos, y capacidad antioxidante de variedades mexicanas cocidas de frijo. *CYTA - Journal of Food*, 8(1), 7–14. <https://doi.org/10.1080/19476330903119218>

Ulloa, J. A., Petra, M. C., Ulloa, R., Carmen, J., Ramírez, R., Blanca, I. B. Q., & Ulloa, E. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Revista Fuente*, 3(8), 5–9.

Vargas-Torres, A., Osorio-Díaz, P., Agama-Acevedo, E., Morales-Franco, L., & Bello-Pérez, L. A. (2006). Digestibilidad del almidón en diferentes variedades de frijol (*phaseolus vulgaris* L.). *Interciencia*, 31(12).

Wani, I. A., Sogi, D. S., & Gill, B. S. (2013). Physicochemical and functional properties of flours from three Black gram (*Phaseolus mungo* L.) cultivars. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(4), 771–777. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12025>