

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**  
**PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE**  
**ALIMENTOS**



**EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE HARINA DE MEZQUITE (*Prosopis laevigata*) Y OTRAS LEGUMINOSAS HABA (*Vicia faba L.*), GARBANZO (*Cicer arietinum L.*) EN LA ELABORACIÓN DE GALLETAS.**

**POR:**

**HERNÁNDEZ ÁNGEL MARÍA GUADALUPE**

**TESIS**

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

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Diciembre 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE  
ALIMENTOS

EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE HARINA DE MEZQUITE  
(*Prosopis laevigata*) Y OTRAS LEGUMINOSAS HABA (*Vicia faba L.*),  
GARBANZO (*Cicer arietinum L.*) EN LA ELABORACIÓN DE GALLETAS.

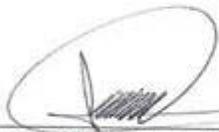
Por:

HERNÁNDEZ ÁNGEL MARÍA GUADALUPE

TESIS

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

COMITÉ ASESOR



Dr. Heliodoro de la Garza Toledo.  
Asesor principal.



M.C. Emilio Ochoa Reyes.  
Asesor principal externo.



Lic. Laura Olivia Fuentes Lara.  
Coasesor.



MC. Xóchitl Ruelas Chacón.  
Coasesor.



Ing. José Favian Hernández Ángel.  
Coasesor.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE  
ALIMENTOS

EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE HARINA DE MEZQUITE  
(*Prosopis laevigata*) Y OTRAS LEGUMINOSAS HABA (*Vicia faba L.*),  
GARBANZO (*Cicer arietinum L.*) EN LA ELABORACIÓN DE GALLETAS.

Por:

**HERNÁNDEZ ÁNGEL MARÍA GUADALUPE**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS.**

**JURADO CALIFICADOR.**



MC. Xóchitl Ruelas Chacón.  
**Presidente**



Dr. Antonio Aguilera Carbó.  
**Vocal**

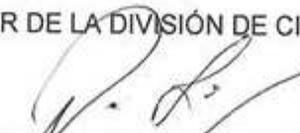


Dr. Heliodoro De la Garza Toledo.  
**Vocal**



Ing. José Favian Hernández Ángel  
**Vocal**

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



Dr. Ramiro López Trujillo



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Diciembre 2014

La presente tesis de investigación se realizó en las instalaciones de la panadería Tres espigas y laboratorio del departamento de Nutrición y Alimentos, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, bajo la dirección del M. C. Emilio Ochoa Reyes, del laboratorio de Fitoquímicos y Nutrientes, del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Unidad Cuauhtemoc (CIAD).

## *AGRADECIMIENTOS*

*En primer lugar quiero agradecer a DIOS por haberme permitido culminar esta etapa de mi vida Académica, en verdad me siento bendecida por las buenas oportunidades que me has dado a lo largo de este camino confió en que nunca me dejaras **TE AMO PADRE CELESTIAL.***

*A mi "Alma Mater", la gloriosa **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, Por haberme formado académicamente. Gracias por todos los buenos momentos que viví en sus aulas y por las personas tan maravillosas que conocí.*

*Al **Dr. Heliodoro**, por ser un maestro que admiro y respeto, muchas gracias por su tiempo, paciencia y dedicación en este trabajo. Gracias por ser también un buen amigo.*

*Al **MC. Emílio**, por su gran disponibilidad, dedicación y paciencia que brindó durante el desarrollo del presente trabajo. Gracias maestro Emílio por sus grandes aportaciones.*

*A mi hermano el **Ing. Favian**, por su gran apoyo y motivación que me brindó desde que llegue a la universidad, siempre estuvo al pendiente de mí, te agradezco haber participado en este proyecto.*

*A la **MC. Xóchitl**, gracias por su apoyo y dedicación en este trabajo Es una gran maestra que admiro mucho.*

*A la maestra Líc. Laurita, Gracias por ser parte del equipo de trabajo. Gracias por su apoyo y disposición.*

*Al Ing. Guillermo López Muñoz por permitirme desarrollar parte del experimento en la "Panadería Tres Espigas". Gracias por su disposición.*

*Al Dr. Tony, por haber sido un gran maestro y amigo.*

*Al T.L.Q. Carlos "Carlitos", gracias por la amistad, confianza y el apoyo que me brindó, en la realización del análisis bromatológico de las muestras de galletas elaboradas en esta tesis*

*A mi novio Ing. Chulín, muchas gracias porque siempre esta dispuesto a apoyarme en las buenas y las malas, gracias por estar conmigo. TÉ AMO*

*Al Programa Jóvenes Adelante, siempre estaré eternamente agradecida por su apoyo que me dieron durante toda la carrera. Su apoyo fue mi impulso para no desistir en lograr mi meta, y con mucho orgullo les puedo decir.*

**SOY INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS.**

*Al Departamento De Ciencia Y Tecnología De Alimentos gracias por haberme formado profesionalmente.*

*Al Ing. Velarde y la Maestra Martha del departamento de Difusión Cultural gracias por su amistad.*

*A mis compañeras del internado Matamoros Normita, Dulce y Caty gracias por ser mis grandes amigas y por los buenos y malos momentos que pasamos juntas, Por esos cafés que compartíamos cuando nos quedábamos las noches estudiando en la sala. Amigas las quiero mucho.*

*Al Ing. Joaquín escamilla "Viejón", gracias por ser un gran amigo y colega.*

*A Miriam y Maribel gracias por su amistad y por los buenos momentos que compartimos.*

*Al padrino Ramón Sánchez por su amistad y los buenos momentos compartidos.*

*A mis amigos de La Rondalla Universitaria, Gracias por tantos momentos Románticos que compartimos en el "Mundo del Amor"*

*A la Familia Rodríguez Aguirre por su amistad y cariño.*

## *DEDICATORIA*

*Este trabajo va dedicado con mucho Amor y Respeto para mis queridos padres.*

*María del Socorro Ángel Ángel*

*y*

*José Trinidad Hernández García.*

*Palabras faltan para poder expresar mi agradecimiento, y lo dichosa que soy por tener unos grandes padres como ustedes, sin duda alguna son mi mejor ejemplo porque me han enseñado a nunca darme por vencida, hasta lograr mis objetivos.*

*Gracias por hacer hasta lo imposible, para que mis hermanos y yo siguiéramos estudiando, los amo y les agradezco la mejor herencia que me pudieron haber dado el "Estudio".*

*A mis hermanos que admiro y quiero mucho porque de todos ellos he aprendido algo positivo: Trine, Omero, Nelí, Pueblito, Favi, Mili, Ebe, Rodrí y Luisito el peque.*

*A mis encantadores sobrinos porque siempre me reciben con mucho cariño: Karlita, Mariana, Jesus, Tanya (guera), Tania Paola, Ronaldo, Yaretzy y Fernando.*

*A mi tía Manuela Muchas gracias por abrirme las puertas de su casa mientras estuve estudiando la prepa, la quiero mucho.*

*A mis abuelitos que los amo y que son unas grandes personas de respeto. Gracias por sus buenos consejos:*

*María Guadalupe Ángel Hernández Y Simón Ángel Rico*

*Josefina García Ángeles y Salud Hernández Bárcenas (+)*

*A mis madrinas Teresa Martínez Creel y Lúnda Sorín, Muchas gracias por confiar en mí.*

# ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 Justificación .....	2
1.3 Hipótesis.....	3
1.4.1 Objetivo general .....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Galleta .....	5
2.1.1 Generalidades .....	5
2.1.2 Tipos de galletas .....	7
2.1.3 Ingredientes de galletas .....	8
2.2 Alimentos funcionales.....	10
2.2.1 Historia .....	10
2.2.2 Concepto .....	11
2.3 Harina de trigo.....	12
2.3.1 Generalidades de la harina de trigo .....	12
2.3.2 Valor nutrimental de la harina de trigo.....	13
2.4 Avena ( <i>Avena sativa</i> ).....	14
2.4.1 Generalidades .....	14
2.4.2 Valor nutrimental .....	14
2.5 Leguminosas.....	15
2.5.1 Generalidades de las leguminosas .....	15
2.5.2 Características botánicas y agronómicas .....	17
2.5.3 Composición nutricional.....	18
2.5.4 Utilidad de las leguminosas.....	21
2.6 Mezquite .....	22
2.6.1 Descripción general .....	22
2.6.2 Descripción botánica .....	22
2.6.3 Valor nutrimental .....	23
2.6.4 Usos y aplicaciones.....	23
2.7 Haba .....	24
2.7.1 Descripción general.....	24
2.7.3 Valor nutrimental .....	26
2.7.4 Usos y aplicaciones.....	27

2.8 Garbanzo .....	28
2.8.1 Descripción general.....	28
2.8.3 Valor nutrimental .....	29
2.8.4 Usos y aplicaciones.....	30
3. Materiales y métodos.....	32
3.1 Sección experimental I: Obtención de una combinación de harinas de leguminosas para la elaboración de galletas. ....	32
3.1.1 Localización .....	32
3.1.2 Selección de porcentajes de harinas .....	32
3.1.3 Proceso de elaboración de galletas.....	33
3.2 Localización .....	39
3.2.3 Prueba escala hedónica estructurada (galleta).....	39
3.2.4 Proceso de evaluación de galletas .....	39
3.2.5 Expresión de resultados .....	39
3.3 Sección experimental III. Análisis bromatológico .....	40
3.3.1 Localización del experimento.....	40
3.3.2 Determinación de materia seca total y húmeda.....	40
3.3.3 Determinación de Cenizas.....	41
3.3.4 Determinación de proteína cruda método Kjeldahl .....	41
3.3.5 Determinación de extracto etéreo (Método Soxhlet).....	42
3.3.6 Determinación de fibra cruda .....	42
3.3.7 Determinación de fibra dietética. ....	43
3.3.8 Determinación de carbohidratos .....	43
3.3.9 Determinación de contenido energético .....	43
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
4.1 Sección experimental I: Obtención de una combinación de harinas de leguminosas.....	44
4.1.1 Obtención de las harinas.....	44
4.2 Sección experimental II: Evaluación sensorial de las (galletas generadas).....	46
4.2.1 Resultados de prueba de escala hedónica estructurada .....	46
4.3 Sección Experimental III. Bromatológico.....	53
5. Conclusiones.....	57
6. Perspectivas.....	58
7. Bibliografía .....	59
7. 1 Páginas web.....	64

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Valor nutrimental de la harina de trigo.....	13
<b>Cuadro 2.</b> Composición química de Avena.....	15
<b>Cuadro 3.</b> Composición nutrimental de algunas leguminosas, cereales y carne magra.....	19
<b>Cuadro 4.</b> Contenido de Aminoácidos en algunas leguminosas comunes (mg/g N <sub>2</sub> ).....	20
<b>Cuadro 5.</b> Principales vitaminas de las leguminosas más comunes (mg/100 g).....	20
<b>Cuadro 6.</b> Valor nutrimental del Mezquite.....	23
<b>Cuadro 7.</b> Clasificación taxonómica de la semilla de Haba.....	26
<b>Cuadro 8.</b> Composición nutrimental promedio de Haba.....	27
<b>Cuadro 9.</b> Información nutrimental del Garbanzo.....	29
<b>Cuadro 10.</b> Porcentaje de harina de leguminosas en las galletas desarrolladas.....	45
<b>Cuadro 11.</b> Comparación de medias y desviación estándar entre tratamientos.....	46
<b>Cuadro 12.</b> Cantidades y proporciones de las fórmulas de galletas desarrolladas.....	52
<b>Cuadro 13.</b> Información nutrimental de las galletas desarrolladas.....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Galletas desarrolladas.....	45
<b>Figura 2.</b> Efecto de los tratamientos sobre el atributo de color.....	48
<b>Figura 3.</b> Efecto de los tratamientos sobre el atributo de sabor.....	49
<b>Figura 4.</b> Efecto de los tratamientos sobre el atributo de textura.....	50
<b>Figura 5.</b> Efecto de los tratamientos sobre la apariencia general.....	51

## RESUMEN

La diversificación de alimentos es una estrategia para abordar problemas nutricionales. Producir alimentos de consumo masivo, entre ellos las galletas incorporando harinas regionales (harina de mezquite) sería una opción para obtener alimentos de mejor valor nutritivo. Para desarrollar un alimento de diseño exitoso, es necesario evaluar la factibilidad de incorporación de ingredientes alternativos, desde los aspectos nutricionales, sensoriales, tecnológicos y de accesibilidad. El objetivo del trabajo se basó en evaluar la incorporación de harina de mezquite, y otras leguminosas como haba y garbanzo, con 3 mezclas porcentuales: (15, 20 y 25 %). Se diseñaron 13 tratamientos, un control (Blanco 90 % trigo, 10 % avena) y un Testigo (100 % Trigo). Se realizó una evaluación sensorial del nivel de agrado de las galletas considerando los atributos de color, sabor, textura y aceptación general mediante una prueba hedónica de nueve puntos. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza y en caso de haber diferencia significativa entre tratamientos se realizó una comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de confianza del 95%. Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial indican que las galletas sí presentaban diferencias estadísticamente significativas en algunos de los atributos y permitió definir que las galletas que presentaron mayor nivel de agrado en general fueron las que contienen en su formulación harina de leguminosas. Por lo tanto la incorporación de harina de leguminosas en la formulación de galletas mejoró la calidad sensorial potencializando su color, sabor y aceptación general. Se determinó análisis proximal (humedad, cenizas, proteína, extracto etéreo, fibra cruda, fibra dietética, carbohidratos y contenido calórico a los tratamientos 6, 9 y 13). Todos los análisis se realizaron por triplicado. Los resultados obtenidos mostraron que el testigo y el blanco carecen de fibra cruda y fibra dietética por lo que sí existe diferencia significativa ( $P < 0.05$ ). Obteniéndose el contenido más alto de fibra dietética (52.34 %) en el T13 (25 % de Haba, 25 % de Mezquite y 20 % de Garbanzo). La buena aceptación de esta galletita dulce, sabrosa, crocante y que aporta proteínas de alto valor biológico y minerales la posiciona como una opción novedosa y práctica, destacándose su importante aportación fibra dietética. Por lo

tanto es tecnológicamente posible sustituir un 15, 20 y 25 % de harina de trigo por los ingredientes propuestos obteniéndose galletas nutricionalmente mejoradas y aceptables para los consumidores.

**Palabras clave:** Galletas, Probiótico, Fibra dietética, Harina de Mezquite, Análisis sensorial, Análisis bromatológico.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

En la actualidad existen diversas estrategias para abordar los problemas nutricionales usando productos industrializados. Las principales son: diversificación de alimentos, fortificación de alimentos de consumo masivo, y el uso de suplementos. Se ha elegido la harina de trigo como vehículo para el enriquecimiento con hierro (sulfato ferroso) y vitaminas como tiamina, riboflavina, niacina y ácido fólico. Por tanto, producir comestibles con este ingrediente, así como la incorporación de otras harinas regionales para la fabricación de galletas como alimento de consumo masivo, respaldaría las estrategias mencionadas, ya que las galletas son un buen vehículo para hacer llegar a la población una propuesta alimenticia de alto valor nutritivo y/o de mejores propiedades y calidad (Sudha *et al.*, 2007).

Para desarrollar un alimento de diseño exitoso, es necesario evaluar la factibilidad de incorporación de ingredientes alternativos, desde los aspectos nutricionales, sensoriales, tecnológicos y de accesibilidad.

Aunque aporta energía y otros nutrientes, la harina de trigo presenta deficiencia en aminoácidos esenciales como lisina y treonina (Ali y Halim, 2013). Con respecto al mejoramiento de la calidad nutricional, las harinas de leguminosas, como la soya (*Glycine max*) y la algarroba (*Prosopis alba*), entre otras, son útiles para complementarlas (Zuleta *et al.*, 2012). Además, la harina de mezquite, aporta minerales, entre ellos hierro y calcio, y fibra (González *et al.*, 2011). La incorporación de un ingrediente como la harina de mezquite puede modificar la biodisponibilidad, tanto de los minerales intrínsecos como de los minerales de fortificación (González *et al.*, 2011).

En Saltillo Coahuila las especies de mezquite han sido explotadas principalmente como proveedores de leña y carbón. La vaina y la semilla son usadas para la alimentación animal y en algunas partes para la alimentación humana, y la goma o

chúcata es utilizada para la fabricación de pegamento. Actualmente, se ha diversificado el uso de la madera de mezquite, cuyas características la hacen muy apreciada en el mercado nacional e internacional para la fabricación de muebles, artesanías e incluso duela para pisos. Las comunidades rurales de Saltillo, viven en la incertidumbre económica por la falta de actividades productivas que les reporten ingresos para sostener a sus familias; la recolección de vaina de mezquite para su venta significará un aporte económico fácil de conseguir gracias a que las poblaciones de mezquite en la zona, a pesar de estar sufriendo serios impactos, aún existen posibilidades de su rescate para su aprovechamiento sustentable. Por otra parte la industria harinera en México sufre altibajos en su producción por la falta de insumos constantes para la elaboración de las harinas.

El aprovechamiento de la harina de mezquite brindara nuevas alternativas de industrialización principalmente en saltillo, Coahuila; lo cual motivara a la producción agroindustrial.

## **1.2 Justificación**

La correcta nutrición y alimentación, se solucionará en buena medida por la integración de una industria de alimentos socialmente responsable, que busque y utilice nuevos ingredientes para el desarrollo de alimentos nutritivos y funcionales.

Las leguminosas son consideradas como alimentos funcionales, ya que además de sus componentes nutritivos contienen otros componentes biológicamente activos (factores no-nutritivos) que proporcionan un beneficio para la salud incrementando el bienestar o disminuyendo el riesgo de enfermar.

El valor nutritivo de las proteínas de leguminosas y cereales está limitado por la deficiencia en algunos aminoácidos; Así las mezclas de proteínas de cereales que son deficientes en lisina pero con buen nivel de aminoácidos azufrados pueden ser complementadas por las proteínas de leguminosas, las cuales son deficientes en

aminoácidos azufrados y con buen nivel en lisina, lográndose mezclas proteicas con valores biológicos superiores a cualquiera de las fuentes utilizadas por separado, incluso a otras fuentes de proteínas tradicionales (Apro *et al.*, 2004).

Mezclas de cereales y leguminosas han sido empleadas en la formulación de alimentos infantiles (Bressani, 1983), pastas (Granito *et al.*, 2003), papillas (Cerezal *et al.*, 2007) y galletas (INCAP, 2002).

El resultado final es una harina mixta vegetal o harina compuesta, que contiene los niveles óptimos de proteínas y de aminoácidos necesarios para satisfacer los requerimientos nutricionales de la población, de alto valor biológico y muy digeribles (Apro *et al.*, 2004). La incorporación de harina de haba, mezquite y garbanzo en la industria de alimentos, permitirá dar un valor agregado a estos productos, ofreciendo nuevas alternativas de transformación para estas materias primas olvidadas por la gente. En cuanto a los derivados de avena (*Avena sativa*), el uso como ingrediente para panificación es recomendable. Desde el punto de vista nutricional, la avena mejora los tenores de proteínas y fibra dietética, además permite aumentar la variedad de productos elaborados (Gutkoski *et al.*, 2007).

Las galletas se incluyen en lo que se denominan alimentos de interés social, definiéndose a estos, como: “aquellos de consumo masivo, de alta aceptabilidad, pero con valor nutricional mejorado y de bajo costo, que aseguren un adecuado aporte de nutrientes, a fin de contribuir a un buen estado nutricional.” (Lassa, 2008). La matriz de este alimento, conjuntamente con las condiciones del proceso, hace que sean óptimas para planes sociales. Además, pueden ser distribuidas en zonas alejadas en virtud de su vida útil.

### **1.3 Hipótesis**

La incorporación de harina de Mezquite y otras leguminosas (Garbanzo y Haba) en la elaboración de galletas mejorará las características nutricionales.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Desarrollar y evaluar galletas de valor nutritivo mejorado, incorporando harina de de mezquite, haba y garbanzo en la elaboración de galleta tradicional

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Formular mezclas de harinas de leguminosas con harina de trigo para hacer galletas.
- Determinar la aceptabilidad del producto mediante pruebas organolépticas (olor, sabor, color, textura).
- Determinar la calidad nutricional de la galleta mediante análisis bromatológico a los tres mejores tratamientos.
- Determinar cuál es el mejor tratamiento en base a cada uno de los factores en estudio.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Galleta

Son un producto considerado tradicional y siendo una fuente de energía gracias al contenido de carbohidratos, grasa y proteínas, y de otros ingredientes que van en menor proporción dentro de su formulación como son los frutos secos, el coco, el chocolate, la fibra entre otros. Es uno de los productos más consumidos por la población mundial y constituye un alimento tradicional cuya elaboración se ha llevado a cabo de manera artesanal durante mucho tiempo. (Asociación Mexicana de Industriales de Galletas y Pastas 2009).

Según las normas que las regula (NMX-F-006-1983) Son “los productos alimenticios elaborados, fundamentalmente por una mezcla de harina, grasas comestibles y agua, adicionada o no de azúcares y otros productos alimenticios o alimentarios (aditivos, aromas, condimentos, especias, etc.), sometida a proceso de amasado y posterior tratamiento térmico, dando lugar a un producto de presentación muy variada, caracterizado por su bajo contenido en agua”.

#### 2.1.1 Generalidades

En la industria alimenticia, la fabricación de galletas cobra un papel significativo en consecuencia a la gran atracción que genera la amplia variedad de galletas que existen en el mercado. Su origen se remonta 10 mil años atrás, cuando se descubrió que al someter al calor excesivo sopas de cereal, se obtenía un alimento con bajo contenido de agua, excelente para el almacenaje y largos viajes. (Asociación Mexicana de Industriales de Galletas y Pastas, 2009).

Sin embargo, 200 a.C. se dio el momento preciso para el nacimiento de las galletas con los *ipyress griegos* o los *Bis Coctum romanos*, que significa panes cocidos dos veces y de donde nace la palabra galleta en inglés y francés *biscuit* (Asociación Mexicana de Industriales de Galletas y Pastas, 2009).

Su llegada a América Latina se dio de manera accidental cuando pequeñas cantidades de masa de pastel, se metían al horno para probar su temperatura. Estas pequeñas pruebas para pastel se llamaban *koekje*, que en Holandés significa pequeño pastel y de donde viene la palabra *cookie*, de hecho algunas galletas se preparan con una mezcla para pastel, aunque la mayoría de éstas, requieren menos líquido, las pastas para galletas van desde muy suaves hasta muy duras, a diferencia de las pastas para pasteles, que son más húmedas (Gisslen, 2002).

Durante la edad media, las galletas fueron evolucionando dando paso a la creación de gran variedad de galletas y a finales del siglo XVIII y comienzos del XIX, en Europa comenzó su producción masiva y su comercialización, por lo cual las galletas dulces y saladas son cada vez más variadas.

Según la Norma NMX-F-006-1983 alimentos. Galletas. Food. Cookie. De la Dirección General de Normas Mexicanas las galletas se pueden definir, como el producto elaborado con harina de trigo, avena, centeno, harinas integrales, azúcares, grasa vegetal y/o aceites vegetales comestibles, agentes leudantes, sal yodada, adicionadas o no de otros ingredientes, y aditivos alimenticios permitidos, los cuales se someten a un proceso de amasado, moldeado y horneado.

Su definición, a pesar de dar alusión a un mismo producto varía de algún modo según el lugar y la forma de elaboración. El término *biscuit* o galleta se usa en Gran Bretaña para describir un producto delgado, crujiente y horneado; mientras que el término *cookie* o pasta de té se reserva para un producto más blando y más grueso o bien para el producto elaborado con una receta americana. En Estados Unidos el término *cookie* incluye cualquier producto aplanado, crujiente y horneado. Así mismo el término *cracker* se utiliza para galletas con bajo contenido de azúcar y grasa y normalmente blandas o apetitosas, y se caracterizan porque generalmente utilizan en su elaboración harinas fuertes y masas desarrolladas (Dendy y Dobraszczyk, 2004).

### 2.1.2 Tipos de galletas

En cuanto a las galletas, existen una gran variedad de productos muy diferentes: saladas o dulces, simples o rellenas, o con diferentes agregados como frutos secos, chocolate, mermelada, etc. Duncan y Manley en 1983 reportaron una forma de clasificar en los siguientes grupos, de acuerdo con la reglamentación técnico-sanitaria:

- **Marías, tostadas y troqueladas.** Se elaboran a base de harinas, azúcares y grasas comestibles, a las que se pueden añadir otros ingredientes para su enriquecimiento, formando una masa elástica a consecuencia del desarrollo del gluten. Se cortan por sistema de prensa o rodillo troquelado.
- **“Cracker” y de aperitivo.** Se fabrican con harina y grasas comestibles, generalmente sin azúcar, y sus masas pueden someterse a fermentación para conseguir su tradicional ligereza.
- **Barquillos con o sin relleno.** Se obtienen cociendo en planchas metálicas de pastas en estado líquido viscoso, formadas por harina, féculas, glucosa y sal, susceptibles de adquirir diferentes formas: rectangulares, cilíndricas, abanicos, etc. Pueden elaborarse solos o con rellenos a base de azúcar, dextrosa, grasa y aromas.
- **Bizcochos secos y blandos.** Elaborados con harina, azúcar y huevos, batidos a gran velocidad para conseguir que monten adecuadamente y depositándose en moldes o chapa liza para su horneado. Se clasifican en secos y blandos según porcentaje de humedad que contienen a la salida del horno.

- **Galletas tipo sándwiches.** Son dos galletas tradicionales, a las que se adiciona entre ambas un relleno consistente en una mezcla de azúcar, grasa y otros componentes debidamente autorizados.
- **Pastas blandas y duras.** Se clasifican en este grupo las galletas obtenidas a partir de masas cuya peculiaridad consiste en batir adecuadamente todo los componentes (azúcar, grasa y otros productos alimenticios) y luego adicionar la harina, horneando seguidamente la masa moldeada para impedir el desarrollo del gluten.
- **Bañadas con aceite vegetal.** Se parte de las galletas tradicionales que después de horneadas son sometidas a una dispersión o baño de aceite vegetal muy atomizado por su superficie e incluso por su parte inferior, según tipos.
- **Recubiertas de chocolate.** cualquier clase de galletas pueden presentarse recubiertas de chocolate, pasta de cacao o mezcla de azúcar, gelatina y agua.
- **Surtidas.** conjunto de galletas de diferentes especialidades agrupadas en un solo envase.

### 2.1.3 Ingredientes de galletas

Para la elaboración de las galletas, las materias primas juegan un papel importante, ya que deben provenir de una fuente confiable aparte de ser de una calidad óptima para que el producto final que se obtiene mantenga la calidad apropiada para que el consumidor sea fiel a los productos que adquiere.

Las materias primas para la producción de galletas son: harina de trigo, azúcar o jarabes, grasas y aceites, y huevo (claras y yema), que de acuerdo a la formulación se encuentran en diferentes cantidades y que junto con otras materias primas que se

dosifican en menor cantidad aportan características específicas al producto final, por lo cual comercialmente se encuentran gran variedad de estas materias primas que facilitan al productor un proceso de elaboración más eficaz.

**Harina de trigo.** Generalmente la fabricación de galletas se realiza con harina de trigo sin gran cantidad de salvado y pueden tener añadidas pequeñas cantidades de otras harinas o almidones, para conseguir sabores o propiedades estructurales especiales. Las harinas empleadas para galletería deben ser débiles y de escaso contenido proteico, teniendo sus proteínas una buena extensibilidad, el contenido proteico debe estar alrededor de 8.5% o inferior para algunas formulaciones, en las que se busca que la masa de las galletas sea muy extensible (Calaveras, 1996).

La harina de trigo debe caracterizarse por ser suave al tacto y firme sin formar aglomeraciones, ya que esto indicaría que la harina cuenta con mucha humedad. Así mismo debe estar exenta de mohos y rancidez, pues sí esto ocurre es probable que contenga una gran proporción de salvado, que sea vieja o que no ha sido conservada correctamente (Calaveras, 1996).

**Azúcares y endulzantes.** El azúcar es conocido químicamente con el nombre de sacarosa y cuya fórmula es  $C_{12}H_{22}O_{11}$  pertenece a un grupo de hidratos de carbono llamados disacáridos, es soluble en agua y ligeramente soluble en alcohol y éter. Su obtención se realiza casi exclusivamente de la caña de azúcar y la remolacha azucarera, y se encuentra normalmente en forma de cristales blancos o en forma de azúcar líquido, es decir en una disolución acuosa. El azúcar que se utilice va a realizar efectos importantes sobre la apariencia y el sabor de los productos; dulzor, firmeza, color y conservación (Duncan y Manley, 1983).

**Grasas y aceites.** Las grasas y aceites son unas de las principales materias primas en la elaboración de galletas y a nivel de importancia ocupan el tercer puesto después de la harina y el azúcar, pero a nivel económico ocupan el primer puesto por su elevado costo de adquisición, aun teniendo varias fuentes para su obtención:

animal y vegetal, de diferentes partes del mundo. La diferencia fundamental entre una grasa y un aceite es la temperatura de solidificación, una grasa se solidifica a temperatura ambiente, mientras que un aceite se solidifica a temperaturas bajas. (Duncan y Manley, 1983).

**Otros ingredientes.** Existen varios ingredientes que van en dosificaciones menores dentro de la formulación de productos horneados; dentro de los cuales se encuentran las enzimas, las cuales cumplen un papel funcional dentro de la formulación del producto, siendo capaces de modificar la naturaleza física del proceso en algún momento o contribuir a la apariencia, sabor, color, y aroma del producto final (Duncan y Manley, 1983).

Los ingredientes menores que desempeñan un papel modificante en cuanto a la textura se refiere, son los esponjantes y emulsionantes. Los primeros aligeran la estructura de los productos horneados liberando pequeñas burbujas en la masa durante la cocción, que producen una estructura abierta y por lo tanto una textura más ligera, entre ellos se puede mencionar el polvo de hornear, el bicarbonato de sodio y el amoníaco. Los emulsionantes son los encargados de modificar la textura, ayudando a una mejor dispersión de la grasa en la masa, para conseguir así una textura cremosa y desmenuzable. Estos compuestos en la alimentación pueden actuar de formas distintas; estabilizando emulsiones de aceite en agua, estabilizando emulsiones de agua en aceite, modificando la cristalización de la grasa, alterando la consistencia de la masa (adhesividad y melificación del almidón por la formación de complejos con el almidón, proteína y azúcares) y lubricando las masas pobres en grasa (Duncan y Manley, 1983).

## **2.2 Alimentos funcionales**

### **2.2.1 Historia**

En la última década del siglo XX comenzaron a desarrollarse nuevos conceptos en nutrición, como fruto de nuevos estilos de vida y la preocupación por elevar la calidad de vida de los individuos. La interrelación de disciplinas como la Biología Molecular, Biotecnología, Informática, entre otras, con la Nutrición, permite a las

industrias alimentarias el desarrollo de nuevos productos con funciones (Diplock *et al.*, 1991).

De los alimentos funcionales (AF) se comenzó a hablar en Japón hace aproximadamente 20 años. Actualmente se engloban bajo el nombre de FOSHU (Alimentos para Uso Dietético Especial) y el gobierno japonés construye alegaciones sanitarias encaminadas a mejorar con su consumo la salud de la población (Arai, 2000).

El poder funcional de los alimentos sobre la salud es de origen milenario, principalmente a lo largo de la historia de la cultura oriental, donde los alimentos y la medicina son considerados igualmente importantes en la prevención y curación de enfermedades. La relación alimento-medicina es conocida por la cultura china hacia el año 1000 a.c. El "Yellow Emperor's Internal Classic" es probablemente el primer libro clásico de medicina china (745-221 a. C.) donde se encuentran diversas prescripciones de dietas médicas. Desde la antigüedad, han sido utilizados muchos productos como alimentos, y como medicina, tales como el jengibre, menta, ajo, azafrán. La filosofía del "alimento como medicina" es la que soporta el paradigma de los alimentos funcionales (Saavedra *et al.*, 1994).

### **2.2.2 Concepto**

Los alimentos funcionales son un concepto no definido aún de forma consensuada en la comunidad científica. Un AF es aquel que contiene un componente, nutriente o no nutriente, con actividad selectiva relacionada con una o varias funciones del organismo, con un efecto fisiológico añadido por encima de su valor nutricional y cuyas acciones positivas justifican que pueda reivindicarse su carácter funcional (fisiológico) o incluso saludable. Como puede apreciarse, las fronteras son difusas; tanto con los medicamentos como con casi cualquier alimento, en el más amplio de los sentidos (Arai, 2000).

La Academia Nacional de Ciencia de los Estados Unidos ha definido los alimentos funcionales como "cualquier alimento o ingrediente alimenticio modificado, que pueda proporcionar un beneficio a la salud superior al de los nutrientes tradicionales que contiene"(Thomas, 1994). Los alimentos funcionales ejercen su actividad en múltiples sistemas, especialmente el gastrointestinal, cardiovascular e inmunológico. Se comportan como potenciadores del desarrollo y la diferenciación, moduladores del metabolismo de nutrientes, la expresión génica, el estrés oxidativo y la esfera psíquica (Arai, 2000).

## **2.3 Harina de trigo**

La harina es el material más importante en todo producto de panificación ya que afecta la funcionalidad y las características del producto terminado, dictamina parámetros de procesamiento y requerimientos de algunos otros ingredientes. La funcionalidad es impartida principalmente por el contenido de proteína y fuerza del gluten. Solamente la harina de trigo tiene un gluten funcional una vez que es hidratado y mezclado. Se dice que es funcional ya que forma una red continua, elástica, extensible y hasta cierto punto impermeable al bióxido de carbono liberado durante la fermentación (SERNA, 2003).

### **2.3.1 Generalidades de la harina de trigo**

Generalmente, la industria de la panificación tiene fuertes medidas del control de calidad de la harina. Algunos importantes componentes de la harina son las pentosas, almidón, carbohidratos simples y lípidos polares (glicolípidos, fosfolípidos, etc.).El grado de daño sufrido por el almidón en el campo dado la activación de enzimas diastáticas y durante el proceso de molienda influye también en la calidad de la harina. En general, una buena harina para panificación contiene menos de 0.4%de cenizas, 11-14.5% de proteínas con gluten fuerte, 0.6% de pentosanes y trazas de compuestos polares (SERNA, 2001).

El 85% de las proteínas de las harinas son gliadinas (proporcionan cualidad pegajosa a la masa) y gluteninas (proporcionan resistencia y fortaleza), proteínas

insolubles que en conjunto reciben el nombre de gluten debido a su capacidad de aglutinarse cuando son mezcladas con agua originando una red o malla. Esta propiedad que poseen las proteínas del trigo y que (salvo raras excepciones como el centeno) no poseen las proteínas de otros cereales, es la que hace panificables las harinas de trigo y la que proporciona las características plásticas de la masa de pan. El porcentaje de gluten define a veces los tipos de harina. Las harinas fuertes (contenido en gluten superior al 11 %) absorben mucha agua y dan masas consistentes y plásticas y panes de buen volumen, aspecto y textura. Por el contrario, las harinas débiles son harinas no aptas para la elaboración de pan pero sí para la elaboración de galletas y pastas alimenticias (Torres *et al.*, 2011).

### 2.3.2 Valor nutrimental de la harina de trigo

**Cuadro 1.** Valor nutrimental de la harina de trigo.

Composición nutricional	100g de harina de trigo
Valor energético( Kcal)	347
Hidratos de carbono(g)	73,1
Proteínas(g)	10,36
Grasa (g)	0,76
Agua (g)	13
Fibra (g)	-
Ácido fólico	0,2
Calcio (mg)	16,6
Sodio (mg)	-
Hierro (mg)	3
Vitamina C (mg)	26
Fósforo (mg)	89
Tiamina o vit B1 (mg)	0,63
Riboflavina o vit B2 (mg)	0,13
Niacina (mg)	1

Fuente: Calaveras. 1996

## **2.4 Avena (*Avena sativa*)**

### **2.4.1 Generalidades**

En años recientes, la industria ha incrementado el interés por desarrollar alimentos que contengan ingredientes funcionales, es donde el interés por la avena se ha incrementado (Yao *et al.*, 2011), debido a sus propiedades benéficas a la salud, ya que su consumo ha sido fuertemente asociado a la disminución de colesterol principalmente lipoproteínas de baja densidad. El consumo de fibra dietaría proveniente de avena como ha demostrado tener efecto sobre la saciedad, y ayuda a mejorar el control del consumo de energía y consecuentemente disminuir el riesgo a padecer obesidad (Burton *et al.*, 1998).

Desde 1997, la FDA (Food Drug Administration, por sus siglas en inglés) permite a los productos que contienen este ingrediente en su formulación, indiquen en la etiqueta que ofrece beneficios a la salud (FDA, 2003).

### **2.4.2 Valor nutrimental**

La composición nutrimental de la avena se muestra en el cuadro 2, donde se destaca la presencia de fibra dietética, principalmente beta-glucanos.

**Cuadro 2.** Composición química de Avena

<b>Indicador</b>	
<b>Composición química</b>	<b>%</b>
<b>Agua</b>	<b>13.3</b>
<b>Carbohidratos</b>	<b>52.8</b>
<b>Fibra</b>	<b>10.3</b>
<b>Proteínas</b>	<b>13.0</b>
<b>Lípidos</b>	<b>7.5</b>
<b>Cenizas</b>	<b>3.1</b>
<b>Minerales (mg/100g)</b>	
<b>Calcio</b>	<b>60.0</b>
<b>Fosforo</b>	<b>372.0</b>
<b>Hierro</b>	<b>3.8</b>
<b>Zinc</b>	<b>3.9</b>
<b>Yodo</b>	<b>16.0</b>
<b>VITAMINAS (mg/100g)</b>	
<b>Tiamina</b>	<b>0.5</b>
<b>Riblofavina</b>	<b>0.1</b>
<b>Niacina</b>	<b>1.3</b>

Fuente: (Kirk y Sawyer, 1999)

## **2.5 Leguminosas**

### **2.5.1 Generalidades de las leguminosas**

La palabra leguminosa deriva del latín “legere”, que significa recoger, quizás porque se acostumbraba recoger las vainas de las leguminosas a mano, más que cortándolas con una hoz, como sucede con las gramíneas (Whyte, 1968).

Las leguminosas son un conjunto de especies pertenecientes a la familia Fabaceae (Papilionaceae de la sistemática clásica), que se diferencian de otras familias por rasgos morfológicos muy característicos como es la presencia de semillas contenidas en una vaina constituyendo el fruto o legumbre. Sus semillas maduras se emplean en alimentación principalmente por su elevado contenido proteico (15-45%). Esta familia comprende alrededor de 600 géneros y 13,000 especies, de las cuales, 200 son de consumo humano y animal (Torija y Díez, 1999).

Las leguminosas y los cereales fueron las primeras plantas cultivadas por el hombre, siendo la base esencial de su alimentación durante milenios. De hecho, en los yacimientos arqueológicos de diferentes civilizaciones del mundo, siempre aparece junto a un cereal, una leguminosa (Juste, 1992). Mediante rotación de cultivos o cultivando una leguminosa cerca de un cereal, los antiguos agricultores mantenían la fertilidad del suelo; además, las semillas de leguminosas son ricas en proteínas de reserva, mientras que los cereales son ricos en almidón. De esta manera, ellos complementaban cada uno de los componentes en los alimentos y contribuían a su dieta balanceada y en la actualidad, algunas comunidades alrededor del mundo consideran a las leguminosas como sustituto de la carne (Zohary, 2000).

Las semillas de leguminosas se cultivan desde hace 6,000 a 8,000 años, y al parecer, la agricultura primitiva que comenzó a incluir a estas semillas como alimento, se experimentó en el Viejo Mundo entre el noveno y el quinto milenio antes de Cristo, centrándose en la región del Cercano Oriente que limita al este por las montañas Zagros, al norte por el monte Taurus, y al oeste por el Mediterráneo. En este punto existió un complejo de plantas silvestres, susceptibles de cultivo y de animales salvajes domesticables. Algunas investigaciones arqueológicas, han indicado que las leguminosas ya se cultivaban en poblaciones turcas, mediterráneas e inclusive en poblaciones europeas como las Suizas, en 5,000 a 4,000 a. C.; además, figuraban en los sistemas agrícolas de las primeras dinastías egipcias y en la época romana (Aykroyd, 1977). En la alimentación humana, se aprovechan alrededor de 20 especies en forma importante y menos de doce de manera generalizada. Las especies más conocidas son el frijol (*Phaseolus vulgaris*), el garbanzo (*Cicer arietinum*), la lenteja (*Lens esculenta*), el chícharo (*Pisum sativum*), el haba (*Vicia faba*), el cacahuate (*Arachys hypogaea*), el ayocote (*Phaseolus coccineus*), el alfalfa (*Medicago sativa*), la soya (*Glycine max*) y en ciertas regiones del continente americano y europeo el *Lupinus*. Según la especie de leguminosa de que se trate, se utilizan sus vainas inmaduras (ejotes), las semillas maduras o inmaduras (haba), las hojas (alfalfa) y hasta las raíces (jícamas). (Aykroyd, 1977).

Las leguminosas se clasifican en dos grupos en función de su contenido lipídico, diferenciándose así las leguminosas oleaginosas como la **soya** (*Glycine max*) y el **cacahuate** (*Arachis hypogaea*), con niveles de grasa elevados que se encuentran alrededor de 20-50% y; las legumbres secas o leguminosas grano como la judía, el haba, el chícharo, el garbanzo, la lenteja, entre otras, con un contenido en grasa inferior al 7% (Torija y Díez, 1999).

El cultivo de las leguminosas se distribuye desde los trópicos a las zonas templadas, se consumen en la mayoría de los países occidentales y son la base de la alimentación en países de América Latina, Asia y África (Deshpande y Deshpande, 2001).

### **2.5.2 Características botánicas y agronómicas**

Las leguminosas constituyen el orden Fabales, perteneciente a la clase Magnoliópsidas (*Magnoliopsida*), división Magnoliófitos (*Magnoliophyta*). El orden Fabales se subdivide en 3 familias:

- Mimosáceas (*Mimosaceae*),
- Cesalpiniáceas (*Caesalpiniaceae*) y
- Fabáceas o Papilionáceas (*Fabaceae* o *Papilionaceae*).

Con cerca de 659 géneros y más de 20 mil especies, las leguminosas integran la tercera familia más numerosa entre las fanerógamas (plantas con flores). A la vez, se les cuenta dentro de las familias con más amplia distribución, que se encuentran, lo mismo en climas templados que en el trópico húmedo, en zonas áridas, en las montañas o a nivel del mar y hasta en medio acuático. Algunas se presentan como árboles de tamaño colosal en tanto que otras forman arbustos o enredaderas (Bourges, 1987).

Hay tres características principales que distinguen a las leguminosas:

1. La más visible y de tipo morfológico es que forman vainas de las más variadas formas y tamaños, dentro de las cuales se hallan una o más semillas (Bourges, 1987).
2. Tienen la capacidad de asociarse con las bacterias del género *Rhizobium*, las cuales forman nódulos en las raíces de las plantas. Estas bacterias fijan nitrógeno atmosférico convirtiéndolo en amoníaco que así queda disponible para ser absorbido, pudiendo fijar hasta 500 kg/N/Ha, cantidad superior a la que habitualmente se logra adicionar con abonos químicos que son además costosos (López y Bellido, 1993).
3. Pueden sintetizar aminoácidos y acumular cantidades elevadas de proteínas sin necesidad de fertilizantes nitrogenados (Bourges, 1987).

Dondequiera que exista una explotación agrícola establecida, se encontrarán leguminosas propias con el fin que se desee. Cada especie tiene subespecies adaptadas a un complejo determinado de factores climáticos y agrológicos, entre los cuales poseen especial importancia la temperatura, la duración de la luz del día y la humedad, así como la acidez y alcalinidad del suelo, acoplado a la presencia de nutrientes específicos (Bourges, 1987).

### **2.5.3 Composición nutricional**

Las leguminosas contienen aproximadamente 10 % de humedad, 15-45 % de proteína cruda, presentan un bajo nivel de grasa (1-7 %), salvo en las oleaginosas que pueden alcanzar hasta un 40 % como el cacahuate. Del total de ácidos grasos, alrededor del 55-57 % son insaturados, siendo los ácidos oléico, linoléico y linolénico los principales componentes de esta fracción. Por otro lado, son una fuente importante de glúcidos (25-60 %), de los cuales la principal fracción corresponde al almidón de 1-60 % del total de los glúcidos) y en segundo lugar se encuentran los oligosacáridos de la familia de la rafinosa (30-80 %); también representan una fuente de fibra (2-13 %), siendo la celulosa y la hemicelulosa los principales componentes;

la composición mineral representa 2.2-4.0% de las cenizas totales; asimismo, proporcionan de 345 a 350 kcal/100 g. Su composición química varía en función del cultivar, la localización geográfica y las condiciones de desarrollo (Muzquiz, 2006).

Su importancia en el valor actual y potencial es como fuente de proteína vegetal, ya que aportan el 20 % de proteína alimenticia consumida a nivel mundial. La proporción es diferente para cada país, por ejemplo en América Latina constituye el 10%, mientras que en la India es de 30-50 % (Deshpande y Deshpande, 2001). En el Cuadro 3, se presenta la composición de algunas leguminosas en g/100 g de ración comestible seca. Estos datos son comparados con algunos cereales y carne magra.

**Cuadro 3.** Composición nutricional de algunas leguminosas, cereales y carne magra.

Leguminosa	Agua	Calorías*	Proteína	Grasa	CHO	Fibra cruda	Ceniza
<b>Frijol pinto mexicano</b>	10.3	343	21.4	1.2	64.1	5.0	3.6
<b>Garbanzo</b>	10.7	368	19.5	5.7	61.7	4.0	2.7
<b>Cacahuete</b>	5.6	549	22.7	44.5	25.5	2.9	3.7
<b>Habas</b>	10.6	350	24.8	1.4	60.4	7.0	3.3
<b>Lentejas</b>	11.1	340	24.7	1.1	60.1	4.1	2.6
<b>Chícharos verdes</b>	10.7	347	23.9	1.3	62.4	3.4	2.5
<b>Frijol soya</b>	10.0	403	34.1	17.7	33.5	4.1	2.6
<b>Hojuelas de avena</b>	8.3	390	14.2	7.4	68.2		
<b>Cereal de trigo integral</b>	10.4	338	13.5	2.0	72.3		
<b>Carne de res magra</b>	66.6	197	20.2	12.3	0		

Fuente: Charley, 1999

Las concentraciones están dados en g/100 g de materia comestibles seca. \*kcal/100 g de ración comestible seca

Las leguminosas tienen un lugar importante en la dieta humana, ya que contienen de dos a tres veces más proteína que los cereales. Tanto para las personas de bajos recursos como para los vegetarianos, son la principal fuente de proteína, no obstante, la contribución a la satisfacción de las necesidades proteínicas depende no

sólo de la cantidad en que se encuentra sino también a su calidad, que, a su vez, depende en gran medida de su composición de aminoácidos (Aykroyd, 1977) .

La proteína de las leguminosas es deficiente en aminoácidos azufrados (metionina y cisteína) así como triptófano, pero es rica en aminoácidos esenciales como isoleucina, leucina, fenilalanina, treonina y valina Cuadro 4. En particular, su alto contenido de lisina que es un aminoácido deficiente en los cereales, hace que la proteína de las leguminosas constituya un buen complemento para estos últimos, por lo que la mezcla de ambos es altamente recomendable; por ejemplo: el frijol y el arroz, el frijol y el maíz, el arroz y la soya (Aykroyd, 1977).

**Cuadro 4.** Contenido de aminoácidos en algunas leguminosas comunes (mg/g N<sub>2</sub>)

Leguminosa	Isoleucina	Leucina	Lisina	Fenilalanina	Tirosina	Metionina	Cistina	Treonina	Triptófano	Valina
<b>Combinación-Tipo Provisional, de la FAO</b>	270	306	270	180	180	144	126	180	90	270
<i>Cicer arietinum</i>	360	460	430	300	210	80	90	220	50	310
<i>Glycine max</i>	340	480	400	310	200	80	110	250	90	330
<i>Lens esculenta</i>	330	440	380	280	170	50	50	220	50	340
<i>Ph.*lunatus</i>	360	520	420	370	160	100	90	300	60	390
<i>Ph.*mungo</i>	270	490	460	410	210	90	60	230	0	370
<i>Ph.*vulgaris</i>	360	540	460	350	240	60	60	270	60	380
<i>Pisum sativum</i>	350	520	460	320	250	80	80	240	70	350
<i>Vicia faba</i>	390	540	350	260	170	30	40	200	60	410

Fuente: Aykroyd, 1977

\*Ph. Phaseolus

Las leguminosas también son una fuente importante de diversas vitaminas del complejo B. En el Cuadro 5, se hace mención de las principales vitaminas y la concentración en que se encuentran.

**Cuadro 5.** Principales vitaminas de las leguminosas más comunes (mg/100g)

Leguminosa	Tiamina	Riboflavina	Niacina	Vit. B <sub>6</sub>	Ácido fólico	Ácido pantoténico
Cacahuate	0.90	0.183	15.44	0.582	0.401	2.92
Garbanzo	0.51	0.228	1.72	0.560	0.481	1.32
Soya	0.87	0.330	2.35	0.627	0.250	1.73
Lenteja	0.54	0.238	2.30	0.549	0.432	1.78
Frijol Pinto	0.66	0.245	1.56	0.461	0.452	0.75
Chícharo verde	0.79	0.254	2.94	0.153	0.322	1.91
Haba	0.52	0.286	2.52	0.374	0.431	1.00

Fuente: Augustin y Klein, 1989

#### 2.5.4 Utilidad de las leguminosas

Las leguminosas son una familia de gran importancia económica, ya que en ella encontramos muchas especies comestibles para el hombre así como diversos forrajes, especies proveedoras de madera tanto para construcción como para ebanistería, especies productoras de colorantes, gomas o curtientes y, desde luego, especies de uso ornamental. Son importantes como fuente de alimento para el hombre y el ganado debido a que sus semillas y algunas vainas son ricas en proteínas, carbohidratos y minerales. Además, la utilidad de las leguminosas también es importante como materias primas para la industria química y farmacéutica, utilizándose como laxantes, esteroides, etc. (López y Bellido, 1993).

La leguminosa que hasta ahora más se ha utilizado es la soya (Deshpande y Deshpande, 2001), sin embargo, se han buscado otras alternativas como fuentes de proteína, debido principalmente a la dificultad agronómica que presenta su cultivo. La importancia de las diferentes clases de leguminosas como alimento para el hombre varía ampliamente. Algunas se producen y consumen en muchas partes del mundo, mientras que otras presentan una utilización reducida.

Entre las especies que más se utilizan para el consumo humano se pueden citar el chícharo, arveja o guisante (*Pisum sativum*), el garbanzo (*Cicer arietinum*), los

diversos frijoles o judías (*Phaseolus vulgaris*, *P. lunatus*, *P. coccineus*), el haba (*Vicia faba*), el guisante de Angola (*Cajanus cajan*), la lenteja (*Lens culinaris*), la soya (*Glycine max*), el cacahuate o maní (*Arachis hypogea*), la jícama (*Pachyrrhizus erosus*), y el tamarindo (*Tamarindus indica*), entre otras.

Como plantas forrajeras se pueden mencionar el mezquite (*Prosopis juliflora*), el trébol (*Trifolium repens*), y la alfalfa (*Medicago sativa*).

Dentro de los árboles más apreciados por sus productos se pueden citar la *Acacia senegal* como productora de goma; el *Hematoxylum campechianum* como productor de colorantes, entre ellos la hematoxilina; *Acacia decurrens*, de cuya corteza se extraen valiosos curtientes, *Cassia acutifolia* y *C. angustifolia*, cuyas hojas se utilizan como purgante y son conocidas comúnmente como 'hojas de sen'. La madera de *Enterolobium cyclocarpum*, conocido como guanacaste o parota, se usa tanto en construcción como en ebanistería.

## **2.6 Mezquite**

### **2.6.1 Descripción general**

El mezquite es un recurso natural que crece principalmente en zonas áridas y semiáridas; en México, esas zonas abarcan una superficie de 1.9 % del territorio nacional, y representa un total de 3, 555, 000 Ha. Las diferentes especies de mezquite pertenecen al género *Prosopis*, de la familia Fabaceae, que se distingue por la producción de vainas con semillas. Este género consta de aproximadamente 44 especies a nivel mundial. En nuestro país, el mezquite existe en forma natural en varios estados, siendo abundante en los del norte y centro (Villanueva, 2004).

### **2.6.2 Descripción botánica**

El mezquite es un arbusto o árbol espinoso de hasta 10 m de altura; su sistema radical puede alcanzar más de 50 m de profundidad y hasta 15 m en sus laterales; los tallos son de corteza oscura y ramas con abundantes espinas axilares o terminales. Las hojas son compuestas, bipinnadas con 12 a 15 pares de folíolos

oblongos o lineares, de 5 a 10 mm de largo. Las flores son de color amarillo verdoso, agrupado en racimos, miden de 4 a 10 mm, son bisexuales, actinomorfas, con 5 sépalos y 10 estambres. El fruto es una vaina de color paja o rojizo violáceo; con forma de lomento drupáceo, alargado, recto o arqueado y espiralado en algunos casos, indehisciente, de 10 a 30 cm de longitud, puede ser plano o cilíndrico en la madurez y contiene de 12 a 20 semillas (CONAZA e INE, 2000). En México se encuentran diez especies del género *Prosopis* (Arellano, 1996).

### 2.6.3 Valor nutrimental

Respecto a la calidad de la vaina de mezquite como alimento pecuario, su análisis bromatológico reporta lo siguiente:

**Cuadro 6.** Valor nutrimental del mezquite

Muestra	Proteínas (nx6.25)	Grasa Cruda	Ceniza	Fibra Cruda	Carbohidratos Totales
Fruto Verde	13.26	2.23	3.88	35.33	80.63
Fruto Maduro	13.35	2.87	3.4	24.73	80.38
Semilla	39.34	4.91	3.61	6.86	52.14
Pericarpio	7.02	2.08	3.62	29.63	87.08

**Fuente:** Zolfaghari and Harden, 1982.

Las concentraciones están dados en g/100 g de materia comestibles seca

### 2.6.4 Usos y aplicaciones

El mezquite posee diversos usos industriales, alimenticios y medicinales, debido a que la mayoría de sus estructuras y algunos componentes químicos (goma, vainas, tronco, ramas, hojas y flores) son susceptibles de aprovechamiento (Estrada, 1993).

Actualmente sus principales usos son como forraje para ganado doméstico y fauna silvestre, las flores como fuente de polen y néctar para la producción de miel en explotaciones apícolas, la goma que excreta la planta como fuente de compuestos con efectos positivos en la salud y como sustituto de la goma arábiga (uso industrial). La madera del mezquite es fuerte y durable, por lo que puede ser utilizada para la fabricación de muebles, puertas y como leña y carbón (Meza y

Osuna, 2003). La infusión de algunas partes de la planta es utilizada para combatir la disentería, el cocimiento de las hojas se emplea para combatir algunas afecciones de los ojos, el cocimiento de la corteza es vomitivo-purgante, los extractos en alcohol de las hojas frescas y maduras han mostrado acción antibacterial contra *Staphilococcus aureus* y *Escherichia coli* (Ruiz, 2011).

Ruiz (2011) en su trabajo sobre el uso potencial de la vaina de mezquite para alimentación de animales domésticos del Altiplano Potosino concluye que la vaina representa una opción para ofrecer como alimento al ganado; destacando su alto contenido de carbohidratos y proteínas.

A pesar de los diversos usos que se le puede dar al mezquite y de sus relevantes papeles ecológicos, la superficie de su distribución ha disminuido en varios estados de México a causa de cambio de uso de suelo, sobrepastoreo, y por sobreexplotación, principalmente para obtención de leña y carbón. Las áreas de mezquiales presentan una tasa de disminución de superficie de 5 054 Ha/año en el estado de Coahuila, 500 Ha/año para el estado de Durango, 70 Ha/año para el estado de Zacatecas, y 340 Ha/año en el estado de Chihuahua (Ríos *et al.*, 2011).

## **2.7 Haba**

### **2.7.1 Descripción general**

El haba común (*Vicia faba L.*) también nombrada como; broad bean o horse bean, es una planta leguminosa que tiene importancia como fuente proteínica en diversos países del mundo. Junto con la lenteja, el chícharo y el garbanzo, el haba perteneció a las principales semillas de leguminosas en la agricultura del Viejo Mundo, pues su domesticación probablemente ocurrió en el período Neolítico (Olvera *et al.*, 2001).

Esta especie, conocida también por los antiguos egipcios, griegos y romanos, era consumida seca, como grano y vaina verde. Los griegos asociaban con la muerte la pequeña cicatriz negra (el hilum) de estas semillas y a veces eran ofrecidas en

sacrificios a Apolo. Los sacerdotes tenían prohibido comerlas, e incluso mencionar su nombre. En general, la historia de *V. faba* ha estado relacionada con supersticiones, prohibiciones, magia y temor. La causa tal vez fue debida a los trastornos que puede provocar su ingestión en individuos con una alteración enzimática genética (Meletis y Konstantopoulos, 2004).

La introducción a América muy posiblemente fue realizada a través de los españoles. No hay evidencias de su cultivo por parte de los indígenas americanos en épocas precolombinas, lo que señala que esta leguminosa ha estado presente en nuestro continente por lo menos desde hace 500 años (Olvera *et. al.*, 2001). Numerosos hallazgos de habas están disponibles desde la Edad de Hierro y la época clásica en Europa y Asia occidental, lo que indica que *V. faba* fue utilizada como fuente de alimento importante (Zohary, 2000).

### 2.7.2 Descripción botánica

El tamaño de la semilla ha servido como la característica principal para la subdivisión intraespecífica. Los taxonomistas de haba (Hanelt, 1972) reconocen tres o cuatro tipos principales de 3 variedades botánicas de haba:

a) ***Vicia faba L. var. minor***: semillas pequeñas de forma elipsoidal que miden 6-13 mm, vainas cilíndricas y 3-4 semillas (Hanelt, 1972).

b) ***Vicia faba L. var. equina Pers***: semillas medianas, de forma aplanada, vainas de tamaño intermedio con una dehiscencia moderada y 3-4 semillas, su peso oscila entre 1 a 1,5 g (Hanelt, 1972).

c) ***Vicia faba L. var. major***: semillas de 15-20 mm de largo, de 12-15 mm de ancho y 5.8 mm de espesor. Es la más usada para consumo en verde, sus semillas son grandes, ovoidales y aplastadas, de colores ligeramente coloreadas, verdes blancogrisáceas, los cuales dependen de muchos factores como la edad,

composición físico-química del suelo y la manera de recolectar. Su peso oscila entre 2 a 3 g, sus vainas son indehiscentes con 3-4 semillas (Prieto *et al.*, 2007).

Los restos arqueológicos que van desde el Neolítico hasta la época romana se encuentran dentro del rango de la var. minor. La clasificación taxonómica de *V. faba* se observa en el Cuadro 7.

**Cuadro 7.** Clasificación taxonómica de la semilla de haba

<b>Familia</b>	<b>Leguminosae</b>
<b>Sub-familia</b>	Papilionoidea
<b>Género</b>	<i>Vicia</i>
<b>Especie</b>	<i>fava</i>
<b>Sub-especie</b>	eu-fava, paucijuga

Como se mencionó anteriormente, *Vicia faba* se puede dividir en dos sub-especies: eu-fava con las dos formas: mayor y minor; que se caracterizan, respectivamente, por su semillas grandes y pequeñas y paucijuga que comprende varias formas de la India, Pakistán y Afganistán.

### 2.7.3 Valor nutrimental

Las habas son utilizadas para satisfacer dos tipos de consumo: para alimentación del hombre y para alimento del ganado. Entre estas se encuentran: haba de huerta común ancha, haba panosa, haba de invierno, haba “tick” y haba caballar escocesa (Duffus y Slaughter, 1992).

El haba al igual que otras leguminosas como el frijol, el garbanzo y la lenteja, es una importante fuente alimenticia, sobre todo de los sectores de bajos ingresos del país. Su importancia radica en el valor proteínico que en comparación con otras fuentes como el maíz y frijol es superior. También se expresa en otros valores nutritivos como calorías, grasas y contenido de carbohidratos (Olvera *et al.*, 2001). El

valor nutricional depende de la variedad, las condiciones climáticas, edáficas y la genética de la semilla. El Cuadro 8. Muestra la composición nutricional promedio del haba.

**Cuadro 8.** Composición nutricional promedio de haba

CARACTERÍSTICA	VALOR
Humedad (%)	10.60
Energía (calorías)	350.00
Proteína (g)	24.80
Grasa (g)	1.40
Carbohidratos totales (g)	60.40
Fibra cruda (g)	7.00
Cenizas totales (g)	3.30
Calcio (mg)	97.80
Fósforo (mg)	373.30
Hierro (mg)	6.66
Vitamina A (U.I.)*	100.00
Tiamina (mg)	0.90
Riboflavina (mg)	0.183
Niacina (mg)	15.44
Ácido ascórbico (mg)	4.00

Fuente: Augustin y Klein, 1989

Otros autores presentan el valor nutritivo de esta leguminosa; sin embargo, no existen estudios sobre la composición nutricional de haba mexicana y las semillas de habas estudiadas hasta el momento pertenecen a otros países.

#### **2.7.4 Usos y aplicaciones**

El haba no es una leguminosa de gusto masivo, pero, como otras leguminosas, debe ser considerada en la dieta por su composición nutritiva. Puede emplearse tanto en consumo fresco, aprovechándose vainas y granos conjuntamente, así como únicamente los granos, dependiendo del estado de desarrollo en que se encuentren. Estos últimos se consumen generalmente cocidos en ensalada y acompañando diferentes platillos.

También pueden consumirse secas, tostadas y enchiladas, incluso como harina para pan mezclada con harina de trigo; o bien, se pueden preparar en crema de haba o pinole de alto contenido proteínico. Otra forma común de preparación es como sopa o tortitas de haba elaboradas en el estado de Puebla. Igualmente, se utiliza como materia prima para la industria transformadora, la demanda y capacidades oferentes son crecientes, ya que se procesa como producto enlatado y, cada vez más, como congelado, y por otro lado el follaje se usa como suplemento alimenticio para el ganado (Infoagro, 2014).

## **2.8 Garbanzo**

### **2.8.1 Descripción general**

El garbanzo o chícharo (*cicer arietinum* L) es una leguminosa de la familia de las fabáceas, de aproximadamente 5 dm de altura, con flores blancas que desarrollan una vaina en cuyo interior se encontrarán 2 o 3 semillas como máximo.

Es redondeado, aplastado por los laterales y posee un pico formado por el relieve de la raicilla por lo que se suele decir que su aspecto global se asemeja al de una cabeza de carnero con los cuernos enrollados en los flancos, de donde deriva su nombre.

El origen del cultivo del garbanzo podría situarse en el mediterráneo oriental: Grecia, Turquía o Siria desde donde se expandió por todas las regiones del mediterráneo con relativa rapidez. Los colonizadores españoles lo introdujeron en América (Agrolanzarote, 2012).

### **2.8.2 Descripción botánica**

La planta del garbanzo (*Cicer arietinum* L), es pequeña, aproximadamente de unos 60 cm, herbácea y anual. Los tallos son erectos y vellosos. Las raíces profundizan en el suelo de forma considerable, de ahí que se adapten perfectamente a los suelos áridos o secos. Las hojas son generalmente imparipinnada, alternas, pubescentes y con los folíolos dentados. En las axilas de las hojas nacen las flores

que son pequeñas y solitarias. Se trata de una planta principalmente autógama, es decir, se autofecundan. La autopolinización ocurre antes de que la flor se abra, lo que se conoce como cleistogamia. El fruto es una vaina pubescente y puntiaguda que contienen una o dos semillas en su interior. La superficie de la semilla es en general arrugada y su color puede ser blanco, crema, amarillento o café (Agrolanzarote, 2012).

### **2.8.3 Valor nutrimental**

El garbanzo es de una riqueza formidable en lo que a aportes nutritivos se refiere. Es rico en proteínas, en almidón y en lípidos (más que las otras legumbres) sobre todo de ácido oleico y linoleico, que son insaturados y carentes de colesterol. Del mismo modo el garbanzo es un buen aporte de fibra y calorías. Si bien es cierto que las proteínas que aporta son inferiores a otras, como la soja, las lentejas o las judías, pero superiores a la carne y los huevos, tratándose de proteínas completas, las vitaminas de los garbanzos son variadas, si bien las muy abundantes son las del grupo b.

Los folatos son muy abundantes en los garbanzos, estos intervienen en el buen funcionamiento del sistema nervioso y también reducen el riesgo de infarto. Los minerales de los garbanzos son también muy variados, destacando el hierro, que casi triplica el que tiene la carne, el fósforo, el potasio, el magnesio, el calcio y el zinc.

**Cuadro 9.** Información nutrimental del garbanzo

Información Nutricional del Garbanzo en 100g de Sustancia	
Proteínas (%)	19
Grasas (%)	2
Hidratos de Carbono (%)	59
Fibra Cruda (%)	11
Calcio (%)	160
Sodio (mg)	12.4
Hierro (mg)	6
Zinc (mg)	3
Valor Energético (Kcal)	244

Fuente: (Agrolanzarote, 2012).

#### 2.8.4 Usos y aplicaciones

El garbanzo es muy consumido en todo el mundo por sus propiedades nutritivas y culinarias. Esta legumbre es una excelente fuente de proteínas y presenta un alto contenido en hidratos de carbono, lo que la convierte en un alimento que suministra mucha energía. Además, aporta una cantidad importante de fibras, favoreciendo el tránsito intestinal. Por otro lado, también contiene folatos, que intervienen en el buen funcionamiento del sistema nervioso. Habitualmente esta legumbre se consume como grano seco, aunque también se utiliza tostado e incluso en forma de harina (Agrolanzarote, 2012).

El científico grande Covián explica sus beneficios de la siguiente manera: Los garbanzos contienen fibras solubles, denominadas betaglucanos que, en el proceso digestivo, forman un gel con el agua intestinal impidiendo la absorción de gran parte del colesterol presente en el intestino durante la digestión. Su riqueza en aminoácidos es tal que los bromatólogos, al clasificarlos, sitúan sus proteínas a la altura de las llamadas proteínas nobles de carnes y pescados.

El porcentaje de calcio, hierro y magnesio es más que considerable; su porcentaje en ácidos grasos mono insaturados los ácidos que dificultan la formación de placas de ateromas en las arterias es mayor que el de lentejas y alubias.

Donde quizá más se aprecie su valor sea en los polisacáridos no digeribles que contienen y que tanto intervienen en la salud, protegiendo el aparato digestivo contra la diverticulitis, el estreñimiento crónico y presumiblemente, contra el cáncer de colon y recto. Por su alto contenido en fibras ayuda a aliviar el estreñimiento. Contiene magnesio, con lo cual protege al organismo contra enfermedades cardiovasculares y el estrés, lo que se complementa por su propiedad de reducir el colesterol malo. Es ideal para las embarazadas, por su riqueza en proteínas, hierro y otros minerales, también por sus folatos (Agrolanzarote, 2012).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Sección experimental I: Obtención de una combinación de harinas de leguminosas para la elaboración de galletas.**

Las harinas de leguminosas utilizadas fueron proporcionadas por la panadería “**TRES ESPIGAS S.A DE C.V.**”, ubicada en Saltillo, Coahuila, México.

##### **3.1.1 Localización**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la panadería “**TRES ESPIGAS S.A DE C.V.**”, ubicada en Saltillo, Coahuila, México.

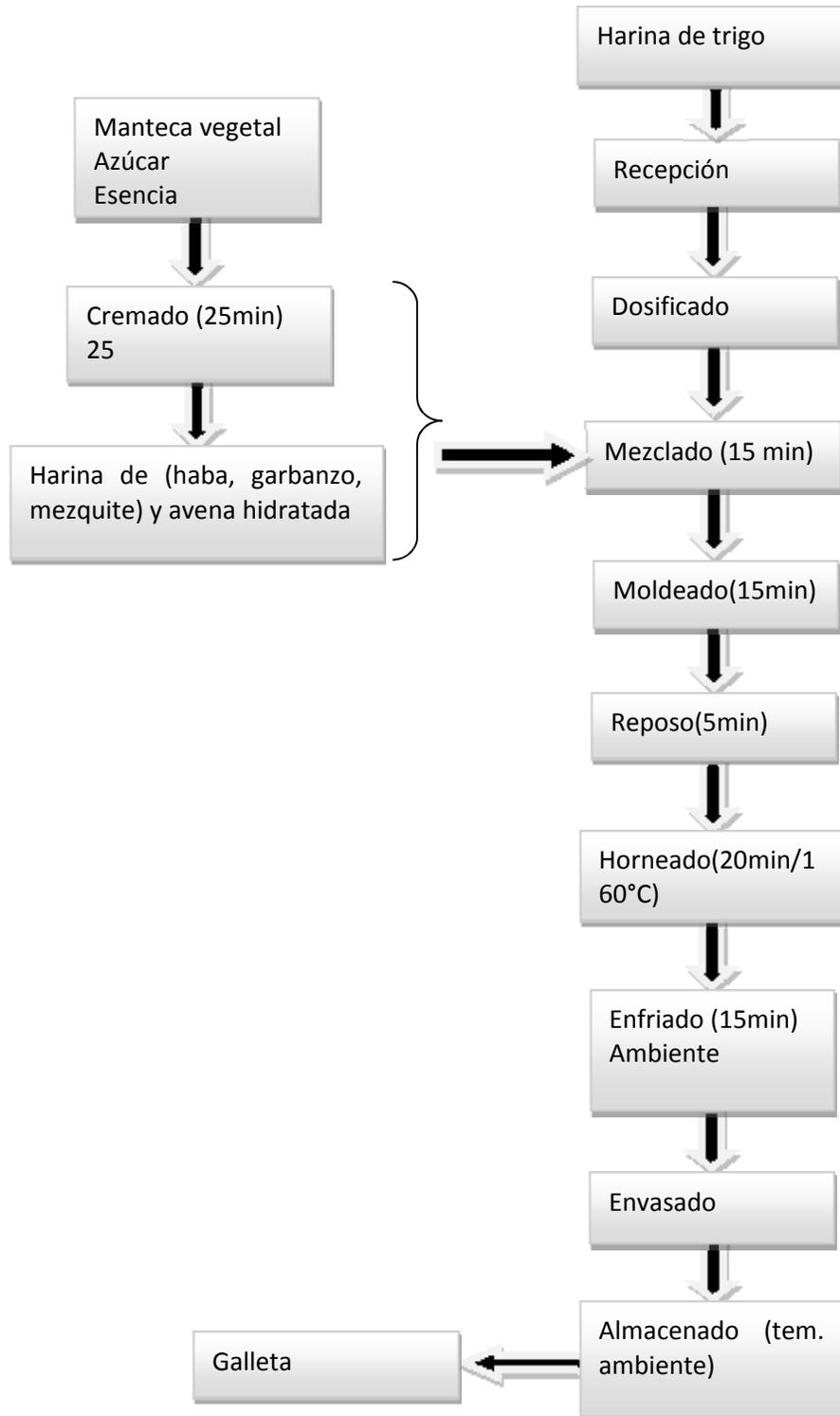
##### **3.1.2 Selección de porcentajes de harinas**

###### **3.1.2.1 Diseño Experimental**

En esta fase se generó un diseño de superficie de respuesta para optimizar las concentraciones que maximizaban la respuesta: (Box y Behnken, 1960). Y de esta manera poder acortar el número de tratamientos.

### 3.1.3 Proceso de elaboración de galletas

#### 3.1.3.1 Diagrama de bloques para la elaboración de galletas



### **3.1.3.2 Descripción del proceso de elaboración de galletas**

- **Recepción materia prima**

Se adquirieron las harinas que se van a utilizar y los insumos para la elaboración y control de calidad de los ingredientes.

- **Dosificado**

Para pesar se utilizó una balanza digital de capacidad de 200 g y una vez receptada la materia prima, se procedió a pesar las harinas en base a los porcentajes determinados y de acuerdo a la fórmula de cada uno de los ingredientes.

- **Cremado**

Esta operación consistió en formar una emulsión de grasa (manteca vegetal) y (Azúcar) durante 15 minutos, luego se le agregó esencia hasta que se forme la crema.

- **Mezclado**

Se procedió a mezclar la harina de trigo con la harina de haba, mezquite, garbanzo y avena manualmente, a esta mezcla se le agregó la crema hasta obtener una masa homogénea.

- **Moldeado**

Se procedió a cortar en porciones de 20g aproximadamente cada una, se dio forma redonda, las mismas se colocaron en las bandejas de horneado y se dio forma plana.

- **Reposo**

Una vez que la masa se encontró en las bandejas se mantuvo en reposo por 5 minutos para que actúe el polvo de hornear.

- **Horneado**

Este proceso consistió en colocar las bandejas con las porciones moldeadas de masa al horno previamente calentado a la temperatura de 160 °C y hornear por el lapso de 20 minutos aproximadamente.

- **Enfriado**

Horneado las galletas se sacaron de las bandejas del horno y se procedieron a enfriar al medio ambiente a temperatura bajo la de horneado por un tiempo aproximado de 15 minutos.

- **Empacado y etiquetado**

Las galletas frías se envasaron en bolsas de celofán previamente etiquetadas con identificación.

- **Almacenamiento**

Se realizó en un lugar seco y ventilado.

## **3.2 Sección experimental II: Evaluación sensorial de las Galletas formuladas).**

### **3.2.1 Definición**

Quien quiera diseñar productos alimenticios con fines de conquistar déficit nutricionales, prevenir la malnutrición y satisfacer los apetitos del consumidor, deberá poner especial atención a la evaluación sensorial (Wittig, 1999). La evaluación sensorial ha existido desde que existe el hombre, las personas siempre están indagando si la comida que se llevan a la boca, sabe bien o huele bien (Castellanos, 2003).

Ésta es una disciplina que se usa para evocar, medir, analizar e interpretar lo relativo a aquellas características de los alimentos y otras sustancias que son percibidas por los sentidos (Castellanos, 2003). Trabaja en base a paneles de degustadores, denominados jueces, que hacen uso de sus sentidos como herramienta de trabajo (Witiig, 1999).

Medir las propiedades sensoriales y determinar la importancia de éstas con el fin de poder predecir la aceptabilidad del consumidor, representa el mayor compromiso de la evaluación sensorial para la industria. La evaluación sensorial proporciona información de las expectativas de aceptabilidad por parte del consumidor (Witiig, 1999).

La importancia tecnológica y económica de la evaluación sensorial resulta evidente, ya que, puede condicionar el éxito o el fracaso de los avances e innovaciones que se producen en la tecnología de alimentos. La industria alimentaria

moderna aprovecha la información obtenida mediante el análisis sensorial para el diseño y desarrollo de nuevos productos, reformulación por reducción de costos o cambio de ingredientes o equipo y control de calidad (Castellanos, 2003).

Existen dos divisiones de pruebas sensoriales. Las primeras son las pruebas utilizadas para evaluar la preferencia, aceptabilidad o grado en que gustan los productos y de las actitudes de los consumidores hacia los alimentos (Pruebas orientadas al consumidor). Las segundas son las pruebas analíticas se utilizan para determinar las diferencias entre productos o para medir características sensoriales (Pruebas orientadas al producto) (Castellanos, 2003).

El principal propósito de las pruebas afectivas es valorar la respuesta personal de preferencia y aceptabilidad del consumidor hacia un producto. Las razones por las cuales se realizan estas pruebas; són la conservación del producto, mejorar el producto, desarrollar productos nuevos y valorar el mercado potencial (Meilgard *et al.*, 1999).

Dependiendo de los resultados de las pruebas durante cada etapa se realizarán modificaciones al producto para satisfacer las necesidades de los consumidores (Meilgard *et al.*, 1999).

- Pruebas afectivas cualitativas

Estas pruebas se refieren a aquellas que miden subjetivamente las respuestas de una muestra de consumidores hacia las propiedades sensoriales de un producto. Las pruebas cualitativas son utilizadas para descubrir y entender las necesidades de los consumidores y valorar la respuesta inicial de éstos hacia un producto nuevo (Meilgard *et al.*, 1999).

También se utilizan para conocer la terminología de los consumidores para describir atributos sensoriales de un producto comercial y conocer acerca del

conocimiento de los consumidores referente al uso particular de un producto (Meilgard *et al.*, 1999)

Estas pruebas pueden ser de diferentes tipos:

1) Pruebas de preferencia

Las pruebas de preferencia permiten a los consumidores seleccionar entre varias muestras, indicando si prefieren una sobre la otra, o si no tienen preferencia. Se pueden utilizar pruebas de preferencia pareada o de ordenamiento. Una de las ventajas de estas pruebas consiste en que permite al panelista degustar la muestra varias veces. Los resultados son analizados mediante una prueba binomial de dos extremos (Castellanos, 2003).

2) Pruebas de aceptabilidad

Se usan para determinar la aceptación de un producto por parte de los consumidores. Se pueden utilizar pruebas de comparación pareada similares a las de preferencia pareada y de ordenamiento y ordenamiento con escalas. La aceptabilidad de un producto generalmente indica el uso real del producto (compra y consumo) (Castellanos, 2003).

Las muestras se pueden presentar todas al mismo tiempo o de una en una. La presentación simultánea de las muestras es preferible ya que es más fácil de administrar y le permite a los panelistas volver a evaluar las muestra hacer comparaciones (Castellanos, 2003).

En las pruebas de aceptabilidad, el producto es comparado con uno semejante o el producto de la competencia, y se utiliza una escala hedónica para indicar el grado de aceptabilidad o inaceptabilidad, gusto o disgusto. La muestra con calificación más alta es la preferida. Los mejores resultados se obtienen con escalas que son balanceadas (Meilgard *et al.*, 1999).

### 3) Pruebas hedónicas

Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuanto agrada o desagrada un producto. En este método la evaluación del alimento resulta hecha indirectamente como consecuencia de la medida de una reacción humana (Witiig, 1999). Se diferencian de las pruebas de aceptabilidad en que miden el grado en que agrada o desagrada un producto (generalmente se utiliza una escala hedónica de 9 puntos), no solamente si es aceptable o no (Ixcamparij, 2005). Se utilizan para estudiar en el laboratorio la posible aceptación del alimento. En ellas, se pide al panelista que luego de su primera impresión responda cuánto le agrada o desagrada el producto, esto lo informa de acuerdo a una escala verbal numérica que se encuentra impresa en la ficha. La escala consta de 9 puntos, sin embargo, a veces es demasiado extensa por lo que se acorta a 7 ó 5 puntos (Meilgard *et al.*, 1999).

Requisitos para una evaluación sensorial de alimentos, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Laboratorio de pruebas
- Muestras
- Panel de degustadores
- Métodos de evaluación
- Análisis estadístico de los datos obtenidos

La razón de contar con un laboratorio de degustación es poder controlar todas las condiciones de la investigación, eliminando al máximo las variables que interfieran en los juicios. Está prohibido conversar durante la degustación de las muestras, de manera de no influir sobre los juicios de los demás (Witiig, 1999).

Las muestras, es el nombre con el que se designa al producto que será entregado a los jueces para su evaluación. Cada producto tiene una técnica de preparación que debe de ser reproducida cada vez que el panel vaya a degustarlo. No deben evaluarse muchas muestras a la vez; aquí se debe considerar el producto, la intensidad de sabor, capacidad e interés de los jueces (Witiig, 1999).

El análisis sistemático de las propiedades sensoriales de los alimentos requiere el uso de personas que los deguste. El instrumento de trabajo de esta metodología son los sentidos de los jueces; por lo que la validez de los resultados está influenciada por la sensibilidad individual de los jueces. Para seleccionar al personal que trabajará en paneles de degustación, deben de considerarse como factores necesarios la habilidad innata, la aptitud, el interés, el deseo de cooperar en la prueba, capacidad, salud y tiempo disponible (Witiig, 1999).

### **3.2.2 Localización**

La evaluación se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, campus Saltillo Coahuila, en el laboratorio de Evaluación Sensorial del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

### **3.2.3 Prueba escala hedónica estructurada (galleta)**

Es un método para medir preferencias, además permite medir estados psicológicos y nos podemos dar cuenta de acuerdo a los resultados por los jueces evaluadores si un producto es aceptado o rechazado (Wittig de Penna, 2001).

### **3.2.4 Proceso de evaluación de galletas**

La prueba de evaluación de las galletas se realizó con 60 jueces no entrenados a los cuales se les pidió probar la muestra e indicar el nivel de agrado en la escala que mejor describe su reacción para cada uno de los atributos apariencia, sabor, textura y aceptación general.

### **3.2.5 Expresión de resultados**

Se contabilizaron los resultados proporcionado por cada juez evaluador en las hojas de evaluación correspondientes a cada prueba.

### **3.3 Sección experimental III. Análisis bromatológico**

Se realizó el análisis bromatológico del Testigo y el Blanco al igual de los tratamientos 6, 9 y 13 todo se trabajó con tres repeticiones, se determinó; grasa, proteína, hidratos de carbono, minerales, humedad, fibra cruda y fibra dietética y contenido energético siguiendo los Métodos Oficiales de Análisis de la Asociación Oficial de Químicos Analíticos, AOAC por sus siglas en inglés 1991.

#### **3.3.1 Localización del experimento**

La evaluación se realizó en el Departamento de Nutrición y Alimentos en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro campus (Saltillo Coahuila).

#### **3.3.2 Determinación de materia seca total y húmeda**

Se utilizaron crisoles de porcelana a peso constante de la estufa (Marca Thelco, modelo 27) que presenta temperaturas de 100-103 °C los crisoles fueron colocados por 12 horas con el fin de mantenerlos a peso constante, se toman los crisoles necesarios, se colocan en un desecador por un periodo de 15-20 minutos hasta peso constante, posteriormente se pasan a una balanza analítica (Marca AND serie 12310970) y se registra el peso. Enseguida se le agregan 2 gramos de muestra y se meten a la estufa por 24 horas, por último se pesa el crisol con muestra y se efectuaron las operaciones correspondientes (A.O.A.C. 1990).

$$\% \text{Materia Seca Total} = \frac{\text{Peso del crisol con muestra} - \text{Peso del crisol vacío}}{\text{Gramos de muestra}} \times 100$$

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

### 3.3.3 Determinación de Cenizas

Después de haber determinado la MST, el contenido de esa muestra se pasa a una parrilla para preincinerar hasta que ya no salga humo, los crisoles se colocan en la mufla (Marca Thermolyne modelo 1500), con una temperatura de 100-900 a 600 °C por 3 horas, enseguida se enfría por 30 minutos en un desecado y por último se pesa en una balanza analítica (Marca AND serie 12310970) (A.O.A.C. 1990).

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{Peso del crisol con cenizas} - \text{Peso del crisol vacío}}{\text{Gramos de muestra}} \times 100$$

### 3.3.4 Determinación de proteína cruda método Kjeldahl

Se pesaron 1g de muestra se envolvió en papel de celulosa, enseguida se pasa a un matraz Kjeldhal de 100 ml, se agregan 4 perlas de vidrio para que este a ebullición constante, se colocó 30 ml de mezcla digestora y se conectó en el digestor Kjeldhal hasta digerir a color cristalino.

Se enfrió el matraz y se colocó en la llave del agua con cuidado, agregándole 300 ml de agua destilada. En el matraz Erlenmeyer agregue 50 ml de ácido bórico, se añadió 6 gotas de indicador mixto, se colocó la manguera del digestor Kjeldahl dentro del matraz. Se agito el matraz para disolver la muestra, con la llave del agua abierta colocar por las paredes del matraz 110 ml de hidróxido de sodio al 45 % se añadió 6 granallas de zinc, se llevó al aparato de destilación Kjeldahl, para recibir hasta 300 ml. Se dejó enfriar y se tituló con ácido sulfúrico 0.1 N. por último se calculó las operaciones correspondientes (A.O.A.C. 1990).

$\%N = \frac{\text{ml gastados de } H_2SO_4 \text{ en la muestra} - \text{ml gastados de } H_2SO_4 \text{ en el blanco}}{\text{Gramos de muestra}} \times 0.014 \times 100$

Normalidad del ácido sulfúrico = 0.1075268

$\%PC = \%N \times 6.2$

$$\%N = \frac{(\text{mL gastados de } H_2SO_4 \text{ en la muestra} - \text{mL gastados de } H_2SO_4 \text{ en el blanco}) \times (0.014) \times \text{Normalidad del ácido}}{\text{Gramos de muestra}} \times 100 \times 6.35$$

### 3.3.5 Determinación de extracto etéreo (Método Soxhlet)

Se colocó a una estufa matraces bola fondo plano con tres perlas de vidrio por un periodo de 12 horas hasta peso constante, transcurrido el tiempo se sacaron de la estufa (marca thelco, modelo 27) se pesaron 4 gramos de muestra en un papel filtro, se colocaron en un cartucho (dedal) de celulosa, se identificó el cartucho (dedal). Posteriormente se agregó 250 ml de éter de petróleo a los matraces bola, el cartucho se colocó en el sifón Soxhlet y estos se conectaron al matraz bola y al refrigerante, después se realizó la extracción por 8 horas para desengrasar, transcurrido el tiempo se retiró el cartucho con pinzas y se recupera el solvente excedente. Se retiraron los matraces bola y se colocaron en la estufa (marca thelco, modelo 27) durante 12 horas, finalmente se enfriaron el desecador por 15-20 minutos y finalmente se pesó (A.O.A.C. 1990).

$$\% \text{ Extracto etéreo} = \frac{\text{Peso del matraz con grasa} - \text{Peso del matraz vacío}}{\text{Gramos de muestra}} \times 100$$

### 3.3.6 Determinación de fibra cruda

Se pesaron 2 gramos de muestra desengrasada, se pasó a un vaso Berzelius, se agregó 100 ml de ácido sulfúrico N=0.255, el vaso se coloca en el digestor (Marca Labconco serie 54781), después se abrió el sistema de enfriamiento, se encendió la parrilla y se calentó a una temperatura de 80-90°C cuando la muestra empezó a hervir, se contó 30 minutos, enseguida se sacó la muestra y se filtró en tela de lino el cual se colocó sobre un embudo, se lavó con 3 porciones de agua hervida destilada de 150 ml hasta quitar la reacción acida. Después se pasó a la muestra que queda en la tela al vaso Berzelius, nuevamente se agrega 100 ml de hidróxido de sodio N=0.313 por 30 minutos, se retira la muestra, se filtra y lava con agua caliente con 3 porciones de 150 ml hasta quitar la reacción alcalina, se retiró la fibra y se pasa a un crisol de porcelana con ayuda de un espátula. El crisol con la fibra se pasa a la estufa por 12 horas, se retira el crisol transcurrido el tiempo, se enfría, se pesa después se lleva a preincinerar y se mete a la mufla (marca thermolyne) a una temperatura de 600 °C por 2 horas, se saca y se coloca en un desecador por 20 minutos y por último se pesa (A.O.A.C. 1990).

$$\% \text{Fibra Cruda} = \frac{\text{Peso del crisol con muestra seca} - \text{Peso del crisol con cenizas}}{\text{Gramos de muestra desengrasada}} \times 100$$

### 3.3.7 Determinación de fibra dietética.

Pesar 0.5 g de muestra, se transfiere a un vaso de Berzelius de 600 ml, se agrega 50 ml de solución neutro de detergente, conectar el vaso al aparato de reflujo por un periodo de tiempo de una hora a partir de cuando empieza a hervir, bajar la temperatura para que esté con ebullición suave, transcurrido el tiempo, sacar del aparato y filtrar con ayuda de vacío, a través de crisoles filtrantes, con placa porosa (previamente secado y pesado), enjuagar con agua destilada caliente, para quitar el exceso de la solución neutra hasta que ya no haga espuma, poner los crisoles en la estufa a secar a una temperatura de 100- 103 °C por 12 h, sacar de la estufa, enfriar en desecador por 5 minutos, pesar y calcular. (A.O.A.C. 1990).

$$\% \text{ Fibra Dietética} = \frac{\text{Peso del papel con fibra} - \text{Peso del papel sin fibra}}{\text{Gramos de muestra desengrasada}} \times 100$$

### 3.3.8 Determinación de carbohidratos

Se determinó a través de una diferencia, esta diferencia es la que existe entre el peso original de la muestra y la suma de pesos de cenizas, proteína, fibra y extracto etéreo (A.O.A.C. 1990).

#### Fórmula utilizada

$$100 - (\% \text{ cenizas} + \% \text{ proteína} + \% \text{ fibra} + \% \text{ extracto etéreo}) = \text{carbohidratos totales}$$

### 3.3.9 Determinación de contenido energético

Para la determinación del contenido calórico se realizó mediante el uso de reglas de 3, tomando en cuenta 9 Kcal/g para la grasa, 4 Kcal/g para proteína y carbohidratos respectivamente. Enseguida se sumaron las Kcal que se obtuvieron de la grasa, proteína y carbohidratos por último se multiplico por 100 el resultado (A.O.A.C. 1990).

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Sección experimental I: Obtención de una combinación de harinas de leguminosas para la elaboración de galletas.

#### 4.1.1 Obtención de las harinas

Se adquirieron 3 harinas de leguminosas: **Mezquite (*Prosopis laevigata*)**, **Haba (*Vicia faba L.*)**, **Garbanzo (*Cicer arietinum L.*)**. Las cuales se mezclaron en diferentes proporciones de acuerdo a los experimentos desarrollados anteriormente en la panadería Tres Espigas, para seleccionar los porcentajes que proporcionaran una harina que permita obtener las mejores galletas.

##### 4.1.1.1 Selección de la combinación de diferentes porcentajes de harina de leguminosas para la elaboración de galletas.

En la presente investigación se utilizó un diseño factorial  $2^k$  que permite reducir el número de experimentos necesarios para la optimización de un proceso y de esta manera poder acortar el número de tratamientos. Sin embargo las diferentes combinaciones de las formulaciones generadas nos arrojaron galletas visiblemente aceptables tomando en cuenta únicamente características visuales subjetivas de acuerdo a lo reportado por (Maldonado y Pacheco 2000).

De acuerdo al diseño experimental se obtuvieron los siguientes tratamientos que se detallan en el cuadro 10.

**Cuadro 10.** Porcentaje de harinas en las galletas desarrolladas.

Muestra	Haba	Mezquite	Garbanzo	Trigo	Avena
Tratamiento 1	15%	15%	20%	40%	10%
Tratamiento 2	15%	20%	15%	40%	10%
Tratamiento 3	15%	20%	25%	30%	10%
Tratamiento 4	15%	25%	20%	30%	10%
Tratamiento 5	20%	15%	15%	40%	10%
Tratamiento 6	20%	15%	25%	30%	10%
Tratamiento 7	20%	20%	20%	30%	10%
Tratamiento 8	20%	25%	15%	30%	10%
Tratamiento 9	20%	25%	25%	20%	10%
Tratamiento 10	25%	15%	20%	30%	10%
Tratamiento 11	25%	20%	15%	30%	10%
Tratamiento 12	25%	20%	25%	20%	10%
Tratamiento 13	25%	25%	20%	20%	10%
Blanco				90%	10%
Testigo				100%	

#### 4.1.1.2 Características del Experimento

Tratamientos: 13

Repeticiones: 3

Unidades experimentales: 39

La unidad experimental fue dada por 275 g. de harina.

En la figura 1. Se pueden observar las galletas que se elaboraron con la mezcla de harina de trigo con leguminosas, en general presentan características como: Buena apariencia, textura y de buen color. Por lo tanto se seleccionaron las 15 formulaciones realizadas.



**Figura 1.** Galletas desarrolladas. De izquierda a derecha. Blanco, T6 Y T13

## **4.2 Sección experimental II: Evaluación sensorial de las (galletas generadas).**

### **4.2.1 Resultados de prueba de escala hedónica estructurada**

El análisis sensorial consistió en evaluar las características de un producto. En nuestra investigación las características evaluadas fueron: color, sabor, textura y apariencia general. Para realizar el análisis organoléptico se utilizó una prueba de escala hedónica estructurada que es la herramienta que más se ajusta a lo requerido. El panel de degustadores estuvo formado por 60 jueces no entrenados mismos que analizaron las características antes mencionadas del producto terminado.

Los datos se sometieron a un análisis de varianza utilizando en paquete estadístico JMP 5.0.1. Cuando el efecto del tratamiento fue significativo se empleó la prueba de comparación de medias de Tukey HSD con un nivel de confianza del 95%, Para identificar las diferencias significativas entre las medias individuales de los parámetros de las galletas adicionadas con harina de leguminosas.

Los resultados de la evaluación sensorial se muestran en el cuadro 11. Por la prueba de Tukey en el cual podemos observar la preferencia de los panelistas.

**Cuadro 11.** Comparación de medias y desviación estándar entre tratamientos

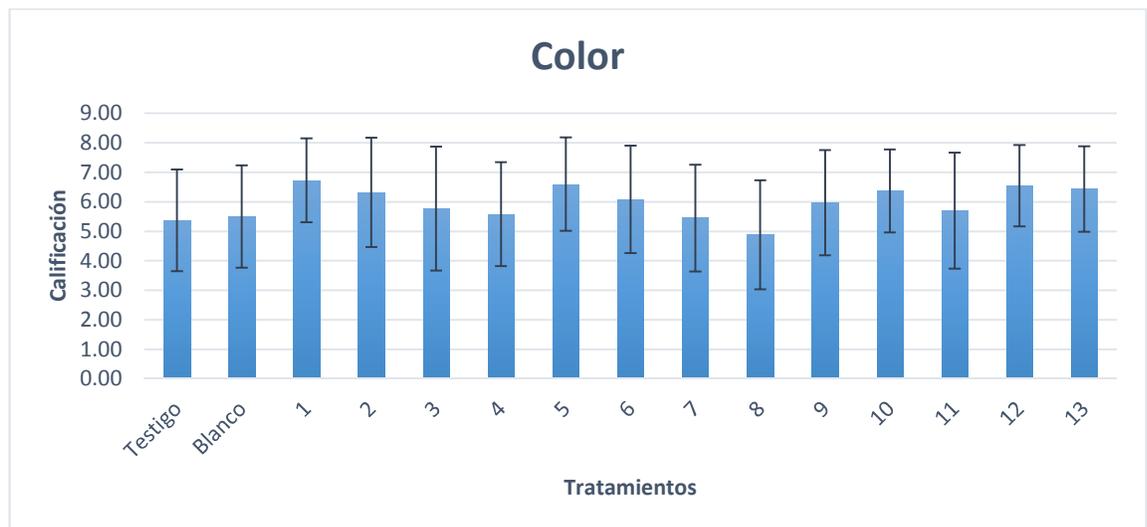
Tratamientos	Color	Sabor	Textura	Aceptación Gral.
Testigo	5.37 ± 1.73 <sup>de</sup>	6.50 ± <sup>ab</sup>	6.70 ± 1.45 <sup>a</sup>	6.68 ± 1.89 <sup>ab</sup>
Blanco	5.50 ± 1.72 <sup>cde</sup>	5.92 ± 1.51 <sup>abc</sup>	6.17 ± 1.79 <sup>ab</sup>	6.32 ± 1.52 <sup>abc</sup>
1	6.73 ± 1.42 <sup>a</sup>	5.23 ± 1.89 <sup>c</sup>	6.20 ± 1.76 <sup>ab</sup>	6.03 ± 1.89 <sup>abc</sup>
2	6.32 ± 1.85 <sup>abcd</sup>	5.55 ± 1.95 <sup>abc</sup>	5.87 ± 1.86 <sup>ab</sup>	5.87 ± 1.81 <sup>abc</sup>
3	5.77 ± 2.10 <sup>abcde</sup>	5.52 ± 1.86 <sup>bc</sup>	5.13 ± 2.05 <sup>b</sup>	5.50 ± 1.98 <sup>c</sup>
4	5.58 ± 1.76 <sup>bcde</sup>	5.25 ± 1.96 <sup>c</sup>	5.18 ± 1.87 <sup>b</sup>	5.50 ± 1.89 <sup>c</sup>
5	6.60 ± 1.58 <sup>ab</sup>	6.63 ± 1.49 <sup>a</sup>	6.12 ± 1.55 <sup>ab</sup>	6.82 ± 1.28 <sup>a</sup>
6	6.08 ± 1.82 <sup>abcd</sup>	6.12 ± 1.76 <sup>abc</sup>	5.88 ± 1.78 <sup>ab</sup>	6.18 ± 1.79 <sup>abc</sup>
7	5.45 ± 1.81 <sup>de</sup>	5.85 ± 1.71 <sup>abc</sup>	5.55 ± 1.87 <sup>b</sup>	5.70 ± 1.78 <sup>bc</sup>
8	4.88 ± 1.85 <sup>e</sup>	5.67 ± 1.78 <sup>abc</sup>	5.42 ± 1.91 <sup>b</sup>	5.50 ± 1.89 <sup>c</sup>
9	5.97 ± 1.78 <sup>abcd</sup>	5.90 ± 1.64 <sup>abc</sup>	6.05 ± 1.84 <sup>ab</sup>	6.17 ± 1.76 <sup>abc</sup>
10	6.37 ± 1.41 <sup>abcd</sup>	6.37 ± 1.51 <sup>ab</sup>	5.98 ± 1.55 <sup>ab</sup>	6.62 ± 1.36 <sup>ab</sup>
11	5.70 ± 1.97 <sup>abcde</sup>	5.98 ± 1.80 <sup>abc</sup>	5.87 ± 1.88 <sup>ab</sup>	5.98 ± 1.69 <sup>abc</sup>
12	6.55 ± 1.38 <sup>abc</sup>	6.60 ± 1.77 <sup>ab</sup>	6.92 ± 1.74 <sup>a</sup>	6.67 ± 1.43 <sup>ab</sup>
13	6.43 ± 1.45 <sup>abcd</sup>	6.38 ± 1.88 <sup>ab</sup>	6.17 ± 1.75 <sup>ab</sup>	6.70 ± 1.63 <sup>ab</sup>

Datos de promedios con letras iguales en la misma columna no son significativamente diferentes ( $p \geq 0.05$ ).

#### 4.2.1.1 Color

El color es una característica que define directamente la aceptación del producto, por lo que en nuestra investigación este debió ser uniforme, de color dorado característico de una galleta recién horneada sin presentar partes de color marrón demasiado oscuro o quemado.

Para encontrar una relación estadística entre los diferentes tratamientos con respecto al Blanco y al Testigo, se realizó el análisis de varianza con ( $p \geq 0.05$ ), haciendo una comparación de medias por el método de Tukey (cuadro 11). Encontrándose que el T7 y el Testigo no presentan diferencias significativas por lo tanto estadísticamente son iguales. Sin embargo los otros tratamientos presentan ciertas similitudes entre ellos pero estadísticamente son diferentes al Testigo y al Blanco y con mejor aceptación que estos (Figura 2).



**Figura 2.** Efecto de los tratamientos sobre el atributo de color

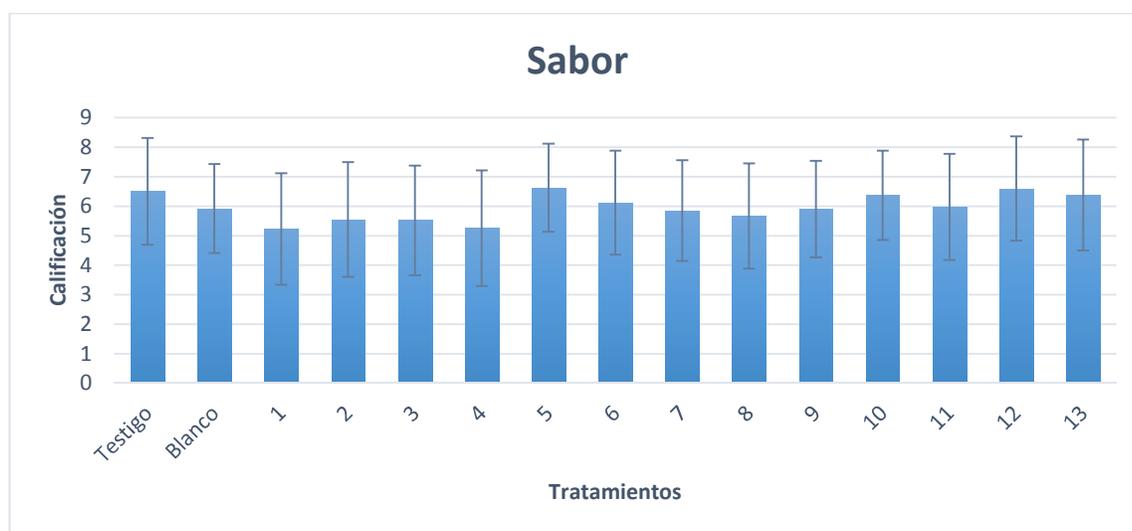
En la Figura 2. Se presenta a los tratamientos que obtuvieron valores de medias más altos para el atributo color en la escala de 1 a 9 estos fueron: T1, T5 y T12. Cabe mencionar que la intensidad del color depende del azúcar añadida, de la composición química del alimento y de la temperatura del horno se ha observado que es mayor cuando se utiliza inulina + oligofruktosa (Valero *et al.*...2012). No obstante esto dependerá de los tipos de fuentes de fibra y sus proporciones en una

mezcla. Esta diferencia de puntuación se debe a la incorporación de harina de leguminosas, porque las galletas presentan una coloración más café denotando una gran diferencia en las galletas elaboradas solamente con harina de trigo y avena que fueron más claras y según las observaciones de los jueces estas galletas les parecieron que estaban crudas.

#### 4.2.1.2 Sabor

El sabor es la impresión que causa un alimento u otra sustancia, y está determinado principalmente por sensaciones químicas en el órgano del gusto y es la sensación agradable la que definió si el producto es o no aceptable.

Para el atributo de sabor de acuerdo a la prueba de Tukey. Los tratamientos (10, 12, y 13) son iguales respecto al Testigo estadísticamente: así como los tratamientos (2, 6, 7, 8, 9 y 11) estadísticamente son iguales al Blanco. Solo el T5 es diferente a todos ellos estadísticamente. Cabe mencionar que el T5 (20% de Haba, 15% de Mezquite y 15% de Garbanzo), también fue el que tuvo mayor puntuación de medias (Figura 3). Esto se atribuye a la incorporación de harina de leguminosas que mejora el sabor. Por tal motivo se determinó que para la característica de sabor el T5 fue el más aceptado.



**Figura 3.** Efecto de los tratamientos sobre el atributo de sabor

#### 4.2.1.3 Textura (Crocancia)

Uno de los parámetros de control más importantes para las galletas es la textura. Si la textura no es la esperada es inevitable el rechazo por parte de los consumidores (Castro, 1993). Textura se define como el conjunto de percepciones que permiten evaluar las características físicas de un alimento por medio de la piel y músculos sensitivos de la cavidad bucal, sin incluir las sensaciones de temperatura y dolor (Wittig, 1981).

De acuerdo a la prueba de Tukey, los tratamientos (1, 2, 5, 6, 9, 10, 11, 13) estadísticamente son iguales al Blanco, porque no presentan diferencias significativas para la característica de Textura. El Testigo y el T12 no presentan diferencias significativas por lo tanto estadísticamente son iguales. De igual manera estos tratamientos también fueron los más aceptados por los jueces (6.7 y 6.92) respectivamente (Figura 4).

De este análisis se determina que la incorporación de harina de leguminosas con la formulación T12 mejora notablemente la textura en comparación de la galleta tradicional. Por lo que el producto final de nuestra investigación presentó una textura ni muy suave ni muy dura a la mordida.

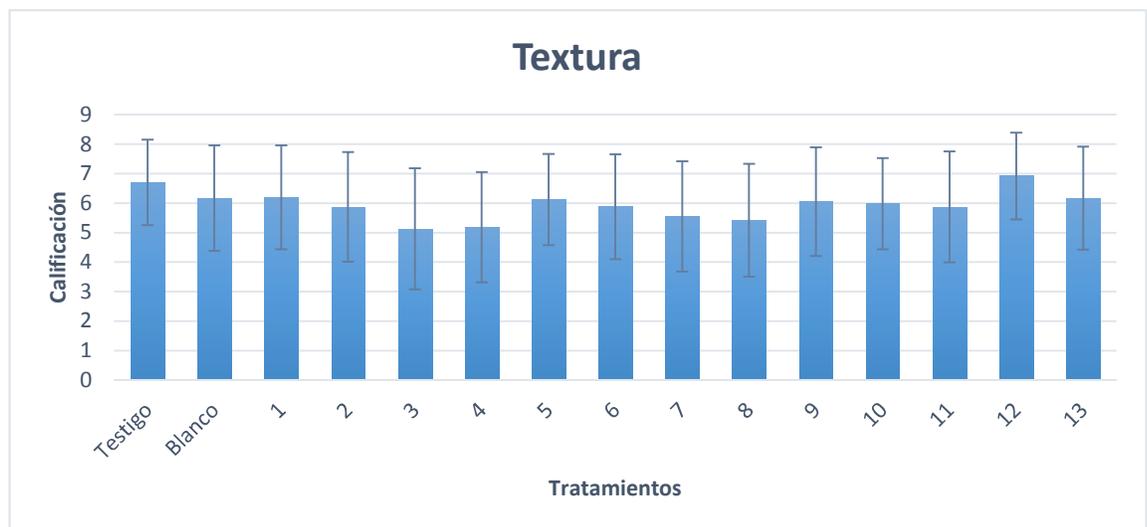


Figura 4. Efecto de los tratamientos sobre el atributo de textura

#### 4.2.1.4 Aceptabilidad

Las pruebas de aceptabilidad están destinadas a medir cuánto agrada o desagrada un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden tener diferente número de categorías y que comúnmente van desde "extremadamente agradable", pasando por "ni agradable ni desagradable" hasta "extremadamente desagradable". Para determinar el nivel de agrado de las galletas, se les sometió a una prueba de aceptabilidad cuya escala estructurada fue de 9 puntos.

De acuerdo a la prueba de Tukey para la aceptación general los tratamientos (T1, T2, T6, T9, Y T11) estadísticamente son igual al Blanco porque no presentaron diferencias significativas. El testigo tampoco presento diferencias significativas para los tratamientos (T10, T12 Y T13). Pero el T5 estadísticamente es diferente a los demás y de igual manera este tratamiento tuvo mayor puntaje de aceptación general por los panelistas (6.82) con respecto al Testigo y al Blanco (6.68 y 6.32) respectivamente. (Figura 5) de esta comparación se puede decir que las galletas elaboradas con (90% trigo y 10% de avena) son aceptables por los jueces consumidores, sin embargo al incorporar harinas de leguminosas en la proporción de (20% haba, 15% mezquite, 15% garbanzo) las galletas aumentan considerablemente su aceptación por los panelistas.



**Figura 5.** Efecto de los tratamientos sobre la apariencia general

Es evidente que la adición de harina de mezquite, haba y garbanzo, presentaron aceptabilidad en las galletas, concordando con (Abd *et al.*, 2000). Quien menciona que la utilización de ambas especies (cereales y leguminosas) en la dieta podría incrementarse si se desarrollan productos de fácil consumo y que sean sensorialmente atractivos.

De las comparaciones anteriores, cabe mencionar que la evaluación la realizaron jueces no entrenados (posibles consumidores), concordando con (Bárcenas *et al.*, 2001), quienes mencionan que en el momento de evaluar las preferencias de un producto, los consumidores no tienen los mismos conceptos de aceptabilidad, lo que hace amplio el margen de preferencias, esto es que cada consumidor puede tener una idea de lo que es el sabor o la apariencia ideal de lo evaluado. Las preferencias organolépticas para muchos alimentos están influenciadas por la cultura regional (Witting *et al.*, 2005), por lo que es necesario determinar estándares para cada producto que satisfagan al mercado (Pérez *et al.*, 2007).

Como se pudo observar en el análisis estadístico el T5, se encontró entre los tratamientos mejor aceptados por los panelistas, respecto a los atributos color, sabor y aceptación general; aunque para la característica de textura no fue el mejor. De acuerdo a estos datos se puede decir que en general el T5 fue el mejor de los 13 tratamientos evaluados. Sin embargo las galletas generadas van dirigidas a consumidores que buscan productos con menos harinas refinadas y el T5 en su formulación contiene 40% de trigo por lo tanto se descartó para la siguiente etapa (análisis bromatológico) de la investigación. De tal manera, para el análisis bromatológico se decidió trabajar con los tratamientos 6, 9 y 13, los cuales contienen un 30% y 20% de harina de trigo, por consiguiente tienen mayor adición de harina de leguminosas y aunque no tuvieron la misma aceptación que el T5 estuvieron dentro del rango aceptable.

### 4.3 Sección Experimental III. Bromatológico

Como se mencionó anteriormente para el análisis bromatológico se decidió trabajar con los tratamientos 13, 9 y 6. Teniendo por entendido que el objetivo principal del presente proyecto de investigación es evaluar la incorporación de la harina de mezquite en las galletas, se decidió realizar el análisis bromatológico al tratamiento 13, porque es el que mayor porcentaje de harina de mezquite contiene (25%), y comparado con los tratamiento que cuentan con la misma proporción de esta harina resultó el de mayor aceptación general por los jueces (6.7). Los tratamientos 6 y 9 también reúnen las cualidades necesarias de aceptación y a la panadería “TRES ESPIGAS” les pareció importante el análisis también de estos tratamientos 6 y 9 para saber el efecto que tienen estas mezclas en la composición nutrimental de galletas. En el cuadro 12. Se puede observar las formulaciones elegidas para realizarles dicho análisis.

**Cuadro 12.** Cantidades y proporciones de las fórmulas de galletas desarrolladas

Tratamientos	Nomenclatura			Descripción
6	H2	M1	G3	20% de Haba, 15% de Mezquite y 25% de Garbanzo
9	H2	M3	G2	20% de Haba, 25% de Mezquite y 25% de Garbanzo
13	H3	M3	G2	25% de Haba, 25% de Mezquite y 20% de Garbanzo

Los experimentos se llevaron a cabo con un diseño completamente aleatorizado. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) a un nivel de significancia del 5 % ( $\alpha = 0.05$ ). Para la obtención de los resultados se utilizó el programa estadístico Sigma-Plot para Windows Versión 12.5 (Systat Software, Inc., Alemania). Cuando se encontraron diferencias significativas se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey (Walpole *et al.*, 1999). En todos los experimentos y determinaciones el tamaño mínimo de repeticiones fue de 3 ( $n > 3$ ) para cumplir con los criterios de normalidad y homogeneidad de varianza.

**Cuadro 13.** Información nutrimental de las galletas seleccionadas

Composición(g/100g)	Testigo	Blanco	T6	T9	T13
<b>Humedad</b>	1.75 ± 0.16 <sup>a</sup>	1.10 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.07 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.15 ± 0.13 <sup>a</sup>	1.41 ± 0.61 <sup>a</sup>
<b>Proteína</b>	8.46 ± 1.26 <sup>b</sup>	8.22 ± 0.16 <sup>b</sup>	10.67 ± 0.13 <sup>a</sup>	10.78 ± 0.03 <sup>a</sup>	10.77 ± 0.10 <sup>a</sup>
<b>Grasa</b>	25.31 ± 0.06 <sup>d</sup>	26.14 ± 0.14 <sup>c</sup>	26.67 ± 0.04 <sup>b</sup>	27.16 ± 0.33 <sup>a</sup>	26.94 ± 0.08 <sup>ab</sup>
<b>Fibra cruda</b>	ND	ND	3.82 ± 0.01 <sup>c</sup>	3.28 ± 0.11 <sup>b</sup>	4.80 ± 0.01 <sup>a</sup>
<b>Fibra dietética</b>	ND	ND	50.53 ± 7.08 <sup>a</sup>	48.84 ± 3.98 <sup>a</sup>	52.34 ± 2.81 <sup>a</sup>
<b>Carbohidratos</b>	64.23 ± 0.09 <sup>a</sup>	64.41 ± 0.28 <sup>a</sup>	56.97 ± 0.11 <sup>b</sup>	57.09 ± 0.44 <sup>b</sup>	55.12 ± 0.21 <sup>c</sup>
<b>Cenizas</b>	2.02 ± 0.05 <sup>b</sup>	1.23 ± 0.01 <sup>d</sup>	1.86 ± 0.03 <sup>c</sup>	1.83 ± 0.04 <sup>c</sup>	2.37 ± 0.03 <sup>a</sup>
<b>Contenido calórico</b>	518.46 ± 0.47 <sup>a</sup>	525.16 ± 0.95 <sup>b</sup>	510.63 ± 0.27 <sup>c</sup>	515.69 ± 1.44 <sup>d</sup>	505.92 ± 0.47 <sup>e</sup>

ND = No detectado

Media aritmética de al menos tres repeticiones ± desviación estándar. Promedios con letras iguales en la misma fila no son significativamente diferentes ( $p \geq 0.0$ )

#### 4.3.1 Humedad

Como se puede ver en el cuadro 13. Al analizar la composición química de las galletas obtenidas se observa que los valores de humedad (>8 g/100 g) son los ideales para obtener una buena textura por tratarse de un producto particularmente seco, en el que la presencia de agua la afecta negativamente. De acuerdo a la Norma NMX-F-006-1983, establece un límite máximo de 8 % para la humedad. Estos resultados son importantes para lograr estabilidad de las grasas y tiempo de vida útil disminuyendo además los riesgos microbiológicos. Sin embargo estadísticamente no presentan diferencias significativas por lo tanto los tratamientos 6, 9 y 13 junto con el Testigo y el Blanco son iguales.

#### 4.3.2 Proteína

Como podemos ver en el cuadro 13. El contenido de proteínas en los tratamientos 6, 9 y 13 estadísticamente no presentan diferencias significativas, con un valor de medias superior al Testigo y el Blanco que estadísticamente son iguales. Esto se debió a la incorporación de harina de leguminosas que aportaron un mayor contenido proteico y posibilitaron un mejor perfil de aminoácido indispensable lisina. Se esperaba que se incrementara más el contenido de proteína pero a pesar de estos resultados, es importante tener en cuenta que la calidad proteica está determinada por el contenido de aminoácidos esenciales (Aykroyd, 1977). Así se logró la compensación de aminoácidos esenciales de las proteínas de cereales que

son deficientes en lisina pero con buen nivel de aminoácidos azufrados para complementar las proteínas de leguminosas, las cuales son deficientes en aminoácidos azufrados y con buen nivel en lisina obteniendo una mezcla de harina de alto valor biológico (Apro *et al.*, 2004).

#### **4.3.3 Grasa**

En cuanto a grasa todos son diferentes estadísticamente excepto el T13 es similar al tratamiento 6 y 9. El aporte de materia grasa se encuentra en valores similares pero con un ligero aumento en los 3 tratamientos. Esto se debe a que las cereales aportan aproximadamente un 3% de grasa y las leguminosas en su composición nutrimental tienen aproximadamente (1-7 %), del total de ácidos grasos, alrededor del 55-57 % son insaturados, siendo los ácidos oléico, linoléico y linolénico los principales componentes de esta fracción (Muzquiz, 2006).

La función de las grasas en la elaboración de galletas es la formación de una textura cremosa, que permite obtener una textura blanda, agradable y desmenuzable. Dendy y Dobraszczyk 2004).

#### **4.3.4 Fibra cruda y dietética**

Como se puede observar en el cuadro 13. En el Testigo y el Blanco no se detectó la presencia de fibra cruda ni fibra dietética, Sin embargo en todos los tratamientos se encontró la presencia de estas fibras, siendo los tratamientos 6, 9 y 13 los que presentaron mayor cantidad sin que hubiera diferencia estadística entre ellos. Este aporte de fibra puede tener efectos positivos en el bienestar a la salud del consumidor, como: mejorar el control de la glucemia, reducción del riesgo de cáncer colorrectal y menor riesgo de enfermedad cardiovascular; y su consumo en niños mayores, adolescentes y adultos, entre 20 a 35 gramos por día, pudiera favorecer la conducción de estos efectos (García *et al.*... 2007). La incorporación de avena aporta beta glucanos y fructanos, lo que no solo permite obtener un producto con mayor contenido de fibra sino también mejora la relación fibra soluble e insoluble (Margalef *et al.*, 2012). Por lo anterior las galletas elaboradas con la mezcla de

harinas de leguminosas-trigo y avena, pueden considerarse como un alimento prebiótico.

#### **4.3.5 Carbohidratos**

En cuanto a carbohidratos el Testigo y el Blanco no presentan diferencias significativas entre ellos. Pero los tratamientos 6, 9 y 13 fueron estadísticamente diferentes al Blanco y al Testigo, presentado menores contenidos de carbohidratos. Esta diferencia se atribuye a que la fibra no contribuye a elevar los niveles de azúcar en la sangre ni aporta energía, por lo tanto se puede restar de los carbohidratos totales según lo explica la Organización para la Alimentación y la Agricultura, o FAO. Como podemos ver en el cuadro 13. El Blanco y el Testigo en su composición nutrimental carecen de fibras por lo tanto la diferencia es notable.

#### **4.3.6 Cenizas**

De acuerdo al cuadro 13. El contenido de cenizas para los tratamientos 6 y 9 no hay diferencia significativa entre ellos pero con un contenido de cenizas menor al testigo. Sin embargo el T13 fue el que presento mayor cantidad de cenizas que el testigo y blanco para las otras formulaciones el contenido de cenizas varía mucho. El T13 es el que tiene el mayor porcentaje de harina de mezquite en un 25% la cual aporta un 4% de minerales entre ellos hierro, calcio y fibra. (CONAZA, 2008).

#### **4.3.7 Contenido calórico**

Como se observa en el cuadro 13. El Contenido calórico en las galletas desarrolladas estadísticamente si presentan diferencias significativas entre ellas. Pero en el T13 se observa que el contenido calórico disminuye considerablemente, en comparación con el Blanco y el Testigo, esta diferencia se debe a que el T13 tiene un balance más óptimo en cuanto a nutrientes. (Más fibra, más minerales, más proteínas). En base a los datos obtenidos del análisis bromatológico se recomendó como mejor formula la del T13 por que fue, la formulación de galletas que apporto más alto contenido de proteínas (de mayor valor biológico), además incrementó el aporte de fibras y minerales y disminuyo el contenido calórico.

## 5. CONCLUSIONES

En base a los objetivos planteados y a los resultados obtenidos de esta investigación, tenemos las siguientes conclusiones:

Del análisis sensorial de las 13 formulaciones de harina de mezquite, haba y garbanzo con harina de trigo y avena que se evaluaron sensorialmente se eligieron las 3 formulaciones con menor contenido de harina de trigo y buena aceptabilidad estas fueron: T6 (20% haba, 15% mezquite, 25% garbanzo); T9 (20% haba, 25% mezquite, 25% garbanzo); T13 (25% haba, 25% mezquite, 20% garbanzo).

Se comprobó que la incorporación de harina de leguminosas en la formulación de galletas mejoró la calidad sensorial potencializando su color, sabor y aceptación general.

A estas 3 formulaciones seleccionadas se les realizó su análisis bromatológico siendo la formulación T13, la que presentó mejor composición nutricional, resaltando el mayor incremento en fibra cruda y fibra dietética, por lo que se les puede considerar como un alimento prebiótico.

Se logró elaborar galletas con harina del fruto de mezquite hasta con un 25 % con una mejor o igual aceptación organoléptica que el Testigo y el Blanco, pero hay que destacar que con la adición de mezquite y otras leguminosas logró mejorar su composición nutricional, principalmente en su contenido de fibra y proteínas de mayor valor biológico y menor contenido energético, por lo que se les puede considerar como galletas con valor prebiótico.

La buena aceptación de esta galletita dulce, sabrosa, crocante la posiciona como una opción novedosa y práctica, destacándose su importante aporte de aminoácidos esenciales, minerales, fibra, cruda y fibra dietética.

## **6. PERSPECTIVAS**

Es importante mencionar que la incorporación de harina de mezquite (junto con haba y garbanzo) en la elaboración de galletas con una calidad prebiótica y una buena aceptación sensorial permitirá que los ejidatarios en donde se encuentra esta planta aprovecharan la vaina del mezquite (que se encuentra en gran cantidad en el estado de Coahuila y que hasta el momento no se ha aprovechado para consumo humano sino más bien para ganado) para elaborar galletas para autoconsumo o venta o bien vendieran esta harina con lo que pudieran contribuir a su desarrollo económico.

Estudiar las propiedades nutritivas y funcionales de la harina de mezquite para incentivar su consumo.

Promover la industrialización de la harina de mezquite para aprovechar este recurso natural que existe en el estado de Coahuila y apoyar el sector rural.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

**Abd El-Moniem GM, Honke J, and Bednarska A.** 2000. Effect of frying various legumes under optimum conditions on amino acids, *in vitro* protein digestibility, phytate and oligosaccharides. *J. Sci Food Agric.* 80: 57-62.

**AOAC.** 1991. Official Methods of Analysis. 16th ed. Arlington

**Apro N.J., Rodríguez J., Orbea M.M. y Puntieri M.V.** 2004. Desarrollo de harinas

**Arai S.** Functional food science in Japan: state of the art. *Biofactors* 2000;12(1 4):13-6.

**Arellano, D. S.** 1996. Determinación del potencial productivo del mezquite (*Prosopis* spp) en el municipio de San Juan de Guadalupe, Dgo. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango.

**Augustin J., Klein B.P.** (1989). Nutrient composition of raw, cooked, canned, and sprouted legumes En: *Legumes: chemistry, technology, and human nutrition.* Matthews R.H. (Ed.), 187-217.

**Aykroyd, W.R.** (1977). Las leguminosas en la nutrición humana. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Colección Alimentación y Nutrición. Roma. Segunda reimpresión. Pp. 42-131.

**Bárcenas, P., Pérez de San Román, R.; Pérez Elortondo, F. J. and Albisu, M.** 2001. Consumer preference structures for traditional Spanish cheeses and their relationship with sensory properties. *Food Quality and Preference.* 12 (4), 269-279

**Bourges, R. H.** (1987). Las leguminosas en la alimentación humana (Parte 1). Cuadernos de Nutrición, 10(1):17-32

**Box G, Behnken D.** 1960. Some new three level designs for the study of quantitative variables *Technometrics.* 2(4): 455-475.

**Bressani R., Braham J.E., Elías L.G., Cuevas R. and Molina M.R.** 1978. Protein *Journal of Food Science.* 43: 1563-1565.

**Burton-Freeman, B., Davis, P. & Schneeman, B. O.** (1998) Postprandial satiety: the effect of fat availability in meals. *FASEB J* 12:A650 (abs.).

**Calaveras. j.** 1996. Tratado de panificación y bollería. 1ª edición. Amv ediciones y mundi-prensa s.a. p. 53.

**Castellanos**, Lucía. 2003. Formación de un panel sensorial entrenado. Guatemala, UVG/INCAP/OPS. 100 p.

**Castro E.** (1993), "Reología", Monografías sobre Ingeniería en Alimentos, N° 11. Depto. De Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química. Facultad de Ciencias Químicas Farmacéuticas. Universidad de Chile.

**Cerezal-** Mezquita P, Carrasco-Verdejo A, Pinto- Tapia K, Romero- Palacios N y Arcos-Zavala R. 2007. Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2-5 años. Desarrollo de la formulación y aceptabilidad. *Interciencia* 32: 857-864

**Charley**, H. (1999). Tecnología de alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos. Ed. Limusa. México. Pp. 623-633.

**Dendy**. D y Dobraszczyk. b. 2004. Cereales y productos derivados. Química y tecnología. España: editorial acribia s.a. p. 285

**Deshpande**, U.S., & Deshpande, S.S. (2001). Legumes. In Salunke and Deshpande (Ed.), *Foods of Plant Origin. Production, Technology and Human Nutrition* (pp. 137-300). England.

**Diplock** AT, Aggett PJ, Ashweel M, Bornet F, Fern EB, Roberfroid M. Scientific concepts of functional foods in Europe consensus documents. *Br J Nutr* 1991;81:S1. *Encyclopedia of Chemical Technology*, Wiley, New York, 1998

**Duffus**, C.; Slaughter, C. (1992). Las semillas y sus usos. AGT Editor. México. Primera reimpresión pp.9-25, 31-36,121-123.

**DUNCAN** J.R. MANLEY. Tecnología de la industria galletera galletas, crackers y otros horneados. Zaragoza:Acribia S.A. 1983.

**Estrada**, S. L. 1993. Estudios sobre el potencial técnico de aprovechamiento de la goma, vainas, hojas y madera del mezquite (*Prosopis* spp) en México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Estado de México, México.

**FDA** (2003). Food labeling : Health claims; soluble fiber from certain foods and coronary heart disease. Final rule. Fed. Regist. 68, 44207–44209. Department of Health and Human Services.U.S. Food and Drug Administration:Washington,DC.

**García-Méndez**, Auris Damely y Pacheco de Delahaye, Emperatriz. 2007. Evaluación de galletas dulces tipo wafer a base de harina de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* B.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*. 60(2):4195-4212.

**Gisslen. W.** Panadería y repostería para profesionales. México: Limusa S.A. 2002 p. 253

**González-Galán, Abel;** Duarte-Corrêa, Angelita; Patto de Abreu, Celeste Maria y Piccolo-Barcelos, Maria de Fatima. 2008. Caracterización química de la harina del fruto de *Prosopis* spp. procedente de Bolivia y Brasil. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 58(3):309-315.

**Granito, Marisela;** Valero, Yolmar y Zambraro, Rosaura. 2010. Desarrollo de productos horneados a base de leguminosas fermentadas y cereales destinados a la merienda escolar. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 60(1):85-92.

**Gutkoski, Luiz Carlos;** Bonamigo, Jane Maria de Almeida; Teixeira, Débora Marli de Freitas e Pedó, Ivone. 2007. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. Ciência e Tecnologia de Alimentos (Brasil). 27(2):355-363.

**Hanelt P.** (1972). Die infraspezifische Variabilität von *Vicia faba* und ihre Gliederung. Kulturpflanze, 20: 276-284.

**INCAP** (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá). 2002. La galleta escolar nutricionalmente mejorada. Notas Técnicas PP/NT/005. Guatemala. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria. 2007. Software Formulador versión 3.0. Departamento de Matemática Aplicada. Cuba.

**Ixcamparij, Muckay.** 2005. Desarrollo de panificación tipo muffin "nutricionalmente mejorado" por sustitución parcial con harina de maíz opaco 2. 97p. Tesis Licenciada en Nutrición. Universidad del Valle de Guatemala. Facultad de Ciencias y Humanidades. Departamento de Nutrición.

**Juste J.A.** (1992). Las legumbres en la historia. En: Legumbres, Aguilar S.A. de Ediciones, Madrid, España, 9-21.

**Kirk RS, Sawyer R, Egan H.** 2004. Composición y Análisis de Alimentos de Pearson. CECSA: México, pp. 348 - 350 Klein

**Lopez-Bellido, L.** (1993). The role of legumes crop in sustainable agriculture. The case of lupine. Advances in Lupin Research. Agronomy & production (pp 272-289). (lugar, editors, editorial) IASSA 2008

**Maldonado R. y E. Pacheco.** 2000. Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y de plátano verde. Arch. Latinoam. Nutr. 50(4): 387-393.

**Margalef, María Isabel;** Tófoli, Susana L.; Burgos, Verónica E.; Campos, Arnaldo; Valdez-Clinis, Gabriela A. y Jiménez, Marta J. 2012. Algarroba negra (*Prosopis nigra*): caracterización físico-química y elaboración de productos dietéticos. Revista

de la Facultad de Ciencias de la Salud (Universidad Nacional de Salta, Argentina).1(2):13-19.

**Meilgaard**, M. et. al. 1999. Sensory evaluation technique. 3a. ed. Estados Unidos, CRC Press. 416 p.

**Meletis J.**, Konstantopoulos K. 2004. Favism - from the “avoid fava beans” of Pythagoras to the present. *Haema*, 7(1): 17-21

**Meza**, S. R, L. E. Osuna. 2003. Estudio dasométrico del mezquite en la zona de las Pocitas, B.C.S. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental Todos Santos. La Paz, B.C.S. México. Folleto Científico No. 3.

**Muzquiz**, M.; Pedrosa, M.; Varela, A.; Guillamón, E.; Goyoaga, C.; Cuadrado, C.; Burbano, C. (2006). Factores no-nutritivos en Fuentes Proteicas de Origen Vegetal. Su Implicación en Nutrición y Salud. *Braz. J. Food Technol*,

**Olvera**, J.; Sánchez RJ.; Ochoa, R.; Rodríguez, F.; Roque, J.; Ortega, C.; Palacios, H.; Carrillo, LA.(2001). *Claridades Agropecuarias* 93: 1-32.

**Pérez-Elortondo**, F. J., Ojeda, M., Albisu, M., Salmerón, J., Etayo, I. and Molina M. (2007). Food quality certification: An approach for the development of accredited sensory evaluation methods. *Food Quality and Preference*, 18 (2), 425-439.

**Prieto**, F., Callejas, J., Román, AD., Prieto, J.; Gordillo, AJ.; Méndez, MA. (2007). Acumulación de arsénico en el cultivo de habas (Vicia faba). *Agronomía Costarricense* 31(2): 101-109.

**Ríos**, S. J. C, C. R. Trucíos, N. L. M. Valenzuela, P. G. Sosa, S. R. Rosales. 2011. Importancia de las poblaciones de mezquite en el norte-centro de México. CENID-RASPA. Durango, México.

**Ruíz**, T. D. R. 2011. Uso potencial de la vaina de mezquite para la alimentación de animales domésticos del Altiplano Potosino. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.

**Saavedra** JM, Bauman NA, Oung I, et al. Feeding *Bifidobacterium bifidum* and *Streptococcus thermophiles* to infant in hospital for prevention of diarrhoea and shedding of rotavirus. *Lancet* 1994;344: 1046-9.

**Serna**, S. *Almacenamiento e industrialización de los cereales*.1era Ediccion.Madrid España.2001.521 P.AGT EDITOR S.A.

**Serna, S.** *Manufactura y control de calidad de productos basados en cereales*. 1era Edición. DF, Mexico. 2003. 340 p. AGT EDITOR S.A.

**Sudha, M.L;** Srivastava, A.K.; Vetrmani, R. and Leelavathi K. 2007. Fat replacement in soft dough biscuits: its implications on dough rheology and biscuit quality. *Journal of Food Engineering*. 80(3):922-930.

**Thomas, P.R.;** Eart, R. (1994). Enhancing the food supply. En *Opportunities in the Nutrition and Food Sciences*: 98-142, Washington, D.C, National Academy Press.

**Torija M.E.,** Díez C. (1999). Legumbres. En: *Tratado de nutrición*, Hernández M., Sastre A. (Ed.). Ediciones Díaz de Santos, Madrid, España, 425-429.

**Torres, Saura V.,** Grande Beltrán E. Del Castillo Quesada, *et al.* 2011. Procesos de panificación en la industria alimentaria *Hig. Sanid. Ambient.* 11: 739-745

**Valero-Muñoz, Antonio.** 2012. *Principios de color y holopintura*. Alicante, España:

**Villanueva, D. J.,** I. R. Jasso, O. E. Cornejo, T. C. Potisek. 2004. El mezquite en la Comarca Lagunera: su dinámica, volumen maderable y tasas de crecimiento anual. *Agrofaz* 4: 633-648.

**Whyte, R. O.** (1968). Las leguminosas en la Agricultura. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Yugoslavia. Segunda reimpresión. Pp.1-17, 379-381.

**Wittig .,** (1981)., "Evaluación Sensorial. Una Metodología Actual para Tecnología de Alimentos". Talleres Gráficos USACH. Santiago, Chile.

**Wittig de Penna, Emma.** 1999. *Evaluación Sensorial, una metodología actual para tecnología de alimentos*. Chile, Universidad de Chile. 134 p.

**Wittig, P. E.,** Curia, A., Calderón, S., López, L., Fuenzalida, R., Hough, G. 2005. Un estudio transcultural de yogurt batido de fresa: aceptabilidad con consumidores versus calidad sensorial con paneles entrenados. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 55 (1), 77-85.

**Yao, N.,** Ekenstedt, K., White, P. (2011). Textural properties of food systems having different moisture concentrations as impacted by oat bran with different  $\beta$ -glucan concentrations, *J. of Texture Studies* doi:10.1111/j.1745-4603.2011.00292.x

**Zohary, D.;** Hopf, M. (2000). *Domestication of Plants in the Old World*. New York, United States. pp. 112-116.

**Zolfaghari**, R. and M. Harden. 1982. Nutritional value of mesquite beans (*Prosopis glandulosa*). In: Parker, H. W. (ed.). Mesquite Utilization. Texas Tech University. College of Agricultural Sciences. Lubbock, TX. USA. pp. 1-9

**Zuleta**, Ángela; Binaghi, María Julieta; Greco, Carola Beatriz; Aguirre, Cristina; De La Casa, Laura; Tadini, Carmen y Ronayne de Ferrer, Patricia Ana. 2012. Diseño de panes funcionales a base de harinas no tradicionales. Revista Chilena de Nutrición. 39(3):58-64.

## 7. 1 Páginas web

**Agrolanzarote**. Fichas técnicas de cultivo de Lanzarote. Consultado 20/09/014. En línea. Disponible en [http://www.agrolanzarote.com/sites/default/files/Agrolanzarote/02Productos/documentos/agrolanzarote.ficha\\_garbanzo.pdf](http://www.agrolanzarote.com/sites/default/files/Agrolanzarote/02Productos/documentos/agrolanzarote.ficha_garbanzo.pdf).

**Asociación Mexicana de Industriales de Galletas y Pastas**. Consultado: 10 de Octubre de 2014. Disponible en: <http://www.amexigapa.com.mx/2NIV/Galletas/2n5.htm>

**CONAZA**, 2008. Coquia *Kochia scoparia* L. Saltillo, Coah., México. Consultado 25/07/2014. Disponible en [www.chapingo.mx/revistas/phpscript/download.php?file](http://www.chapingo.mx/revistas/phpscript/download.php?file).

**CONAZA** e INE. 1994. Mezquite *Prosopis* spp. Cultivo Alternativo para las Zonas Áridas y Semiáridas de México. Consultado 23/09/2014. En línea: [www.ine.mx](http://www.ine.mx). 31 p.

**NMX-F-006-1983**. Alimentos. Galletas. Food. Cookie. Normas mexicanas. Dirección general de normas. Consultado 16/08/2014. Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-006-1983.PDF>

**INFOAGRO**, 2014. "Cultivo del haba". Consultado el 18/09/2014. Disponible en: [www.infoagro.com/hortalizas/haba.htm](http://www.infoagro.com/hortalizas/haba.htm)