



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**Elaboración de una pasta de sémola tipo  
Fettuccine enriquecida con chía blanca (*Salvia  
hispanica L.*) con alto valor nutrimental.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERA EN ALIMENTOS

P R E S E N T A:  
DIANA AGUILAR MARTÍNEZ

ASESOR: DR. ENRIQUE MARTÍNEZ MANRIQUE  
COASESOR: I.A. VERÓNICA JIMÉNEZ VERA  
CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE

ATN: M. EN A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO  
Jefe del Departamento de Exámenes Profesionales  
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Tesis y Examen Profesional

Elaboración de una pasta de sémola tipo Fettuccine enriquecida con chía blanca (Salvia hispanica L.) con alto valor nutrimental.

Que presenta la pasante: Diana Aguilar Martínez  
Con número de cuenta: 308250349 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 28 de Abril de 2016.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	Dra. Elsa Gutiérrez Cortez	
<b>VOCAL</b>	Dr. Enrique Martínez Manrique	
<b>SECRETARIO</b>	I.A. Miriam Edith Fuentes Romero	
<b>1er. SUPLENTE</b>	M.N.H. Frida Rosalía Cornejo García	
<b>2do. SUPLENTE</b>	M. en C. Enrique Fuentes Prado	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

IHM/cga\*

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Bioquímica y Fisiología de Granos de la FES Cuautitlán, UNAM, como un proyecto del Taller Multidisciplinario de Procesos Tecnológicos de Cereales con el apoyo del programa PIAPI-1606.

*Los problemas significativos que enfrentamos no pueden resolverse con el mismo nivel de pensamiento que teníamos cuando los creamos.*

*Albert Einstein*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a todos mis maestros de la FES Cuautitlán por darme las herramientas y enseñanzas necesarias para lograr mi formación como profesional y como persona.

Al Dr. Enrique Martínez y la I.A. Verónica Jiménez por el apoyo, conocimientos y tiempo dedicado para la realización de este proyecto.

Al M. en C. Enrique Fuentes, a la Dra. Elsa Gutiérrez, a la I.A. Miriam Edith Fuentes y a la M.N.H. Frida Rosalía Cornejo por compartir sus conocimientos en las aulas, por el tiempo dedicado para la revisión de este proyecto y por sus comentarios y sugerencias que lo enriquecieron. Mil gracias.

A mis padres Margarita y German por darme la vida, por todo el apoyo, esfuerzo y cariño brindado día a día, en cada locura y decisión que he tomado, por ser un ejemplo, porque me dieron la mejor herencia que es la educación, por motivarme a seguir adelante, por ser los mejores padres, siempre estaré en deuda. Los amo profundamente.

A mis hermanos German, Samuel y Elizabeth porque son realmente admirables, inteligentes y hermosas personitas que iluminan mi vida.

A mis tíos, tías y abuelos M.B., porque han sido unos segundos padres, por todas sus enseñanzas, cuidados, regaños, apoyo y amor durante cada etapa de mi vida, estaré eternamente agradecida.

A J.Z.S.T. porque me has acompañado desde la primera clase de la FES hasta la culminación de este proyecto, porque estuviste en cada momento bueno y malo, gracias por tu amor, comprensión y apoyo incondicional♥.

A mis amigas Liza, Sharon, Karen, Danis M y P, Erika, Brenda, Blanki y Caro, porque me hacen feliz con su existencia y sus locuras, porque a pesar del tiempo y la distancia puedo contar con ustedes, porque compartimos momentos inolvidables, divertidos y difíciles; han sido un gran apoyo y he aprendido miles de cosas a su lado, su amistad es muy valiosa y después de tantos años sé que será para siempre.

A todos mis compañeros y personas que me acompañaron en esta y otras etapas de mi vida.

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

## DEDICATORIAS

*Este trabajo es dedicado únicamente a mis padres.*

## Índice

1.	Antecedentes .....	1
1.1.	Trigo.....	1
1.1.1.	Origen y clasificación.....	1
1.1.2.	Estructura del grano .....	2
1.1.3.	Trigo cristalino .....	4
1.1.4.	Obtención de sémola a partir del trigo cristalino.....	4
1.2.	Pasta alimenticia a partir de sémola .....	5
1.2.1.	Definición.....	5
1.2.2.	Valor nutritivo .....	5
1.2.3.	Ingredientes .....	6
1.2.4.	Proceso de elaboración de pasta.....	8
1.2.5.	Calidad de las pastas .....	10
1.2.6.	Producción de pastas para sopa.....	12
1.3.	Chía (Salvia hispanica L.).....	13
1.3.1.	Origen.....	13
1.3.2.	Descripción de la planta .....	15
1.3.3.	Características de la semilla de Chía.....	16
1.3.4.	Composición química y valor nutricional .....	18
1.3.5.	Otros usos generales de la semilla de chía .....	21
1.4.	Problemas actuales de alimentación en México.....	22
1.4.1.	Desnutrición .....	23
1.4.2.	Sobrepeso y obesidad .....	24
2.	Objetivos .....	25
2.1.	Objetivo general .....	25
2.1.1.	Objetivos particulares.....	25
3.	Materiales y métodos .....	23
3.1.	Cuadro metodológico .....	23
3.2.	Actividades preliminares.....	24
3.2.1.	Material biológico .....	24
3.2.2.	Preparación de la muestra.....	25



3.3.	Análisis Químico Proximal de la materia prima .....	25
3.3.1.	Determinación de humedad.....	26
3.3.2.	Determinación de extracto etéreo.....	26
3.3.3.	Determinación de proteína .....	27
3.3.4.	Determinación de fibra cruda .....	28
3.3.5.	Determinación de cenizas (923.03, AOAC).....	28
3.3.6.	Determinación de carbohidratos.....	29
3.4.	Elaboración de la pasta.....	29
3.5.	Descripción del diagrama de proceso.....	32
3.5.1.	Mezclado y amasado .....	32
3.5.2.	Reposo.....	33
3.5.3.	Laminado y moldeado .....	33
3.5.4.	Secado .....	33
3.5.5.	Pesado, empacado y etiquetado.....	34
3.6.	Evaluación de Parámetros de calidad culinaria de la pasta .....	34
3.7.	Evaluación sensorial de preferencia por ordenamiento.....	36
3.8.	Análisis realizados a la pasta seleccionada en la prueba de preferencia, sólidos granulares de chía y pasta control.....	36
3.8.1.	Factores nutrimentales.....	36
3.8.2.	Factores anti nutrimentales.....	38
3.9.	Evaluación sensorial con prueba hedónica.....	40
3.10.	Análisis estadístico .....	41
4.	Resultados y discusión .....	42
4.1.	Determinación de A.Q.P. ....	42
4.2.	Elaboración de pastas tipo Fettuccine con harina de chía blanca.....	43
4.3.	Evaluación de los parámetros de calidad de la pasta.....	44
4.3.1.	Tiempo de cocción .....	44
4.3.2.	Porcentaje de sedimentación o pérdidas por cocción .....	46
4.3.3.	Índice de tolerancia al cocimiento.....	46
4.3.4.	El grado de absorción de agua o ganancia de peso .....	47
4.3.5.	Incremento de volumen o grado de hinchamiento .....	48
4.4.	Resultados de prueba sensorial .....	50

4.5.	Determinación de A.Q.P. de la formulación elegida en la prueba de preferencia.....	51
4.6.	Triptófano.....	52
4.7.	Digestibilidad in vitro.....	53
4.8.	Determinación de factores anti nutrimentales .....	54
4.8.1.	Taninos .....	55
4.8.2.	Ácido fítico.....	55
4.8.3.	Inhibidores de tripsina .....	57
4.9.	Prueba sensorial hedónica de nivel de agrado.....	58
5.	Conclusiones .....	59
6.	Recomendaciones.....	60
7.	Referencias.....	61
ANEXOS.....		67
	Anexo 1: Resultados de evaluación sensorial .....	67
	Anexo 2. Resultados prueba hedónica de nivel de agrado. ....	69

## Índice de figuras

Figura 1. Composición del grano de trigo.....	3
Figura 2. Usos de la semilla de chía en la época prehispánica.....	14
Figura 3. Chía de la variedad blanca (probablemente), llamada chiantzotzolli o "planta que se hincha con la humedad".....	15
Figura 4. Cultivo (a) e inflorescencia (b) de la semilla de chía.....	16
Figura 5. Semillas de chía ( <i>Salvia hispanica</i> L.).....	17
Figura 6. Micrografía de semilla de chía 60X EN: Endospermo ENDO: Endocarpio MESO: Mesocarpio y EP: Epicarpio.....	17
Figura 7. Semillas de chía blancas y negras.....	18
Figura 8. Semilla chía blanca ( <i>Salvia hispanica</i> L.) del Estado de Puebla.....	24
Figura 9. Gluten marca Fabsa (a) y sémola del grupo TRIMEX (b).....	24
Figura 10. Molienda de la semilla de chía, sólidos granulares de semilla de chía (a) y sémola (b).....	25
Figura 11. Elaboración de la pasta.....	30
Figura 12. Diagrama del proceso de elaboración de pasta con sólidos granulares de chía blanca.....	31
Figura 13. a) Pasta control, b) formulación 70:20:10 c) formulación 60:30:10 d) formulación 50:40:10.....	43
Figura 14. a) tiempo de cocción de la pasta, b) pasta control y c) pasta de chía.....	45
Figura 15. Pérdidas por cocción a) pasta control y b) pastas con chía.....	46
Figura 16. Tolerancia al cocimiento de la pasta formulación 50:40:10.....	47
Figura 17. Grado de absorción de la formulación 50:40:10.....	48
Figura 18. Incremento de volumen para la pasta control (izquierda) y para la pasta con chía (derecha).....	49
Figura 19. Descriptores sensoriales.....	50
Figura 20. Edades de Jueces (a) y jueces realizando prueba sensorial (b). .....	51
Figura 21. Determinación de Triptófano.....	52
Figura 22. Determinación de digestibilidad in vitro a) equipo, b) pasta control y c) pasta de chía.....	53
Figura 23. Determinación de taninos.....	55
Figura 24. Determinación de ácido fítico.....	56
Figura 25. Determinación de Inhibidores de Tripsina, a) pasta control, b) pasta de chía y c) sólidos granulares de chía.....	57

## Índice de Tablas

Tabla 1. Producción en volumen y valor anual de pastas para sopa comunes .....	12
Tabla 2. Composición de la semilla de chía según varios autores. ....	19
Tabla 3. Composición química de la semilla de chía blanca.....	19
Tabla 4. Formulaciones propuestas para elaboración de pasta tipo Fettuccine.....	29
Tabla 5. Análisis Químico Proximal de sémola y sólidos granulares de chía blanca utilizadas para la elaboración de pasta. ....	42
Tabla 6. Resultados de la calidad culinaria de la pasta. ....	44
Tabla 7. Calidad de la pasta cocida de las diferentes formulaciones. ....	47
Tabla 8. Resultados de la prueba sensorial de preferencia para las formulaciones de pasta de chía. ....	50
Tabla 9. Composición química de pasta control y pasta seleccionada en la prueba sensorial de preferencia (formulación 50:40:10). ....	51
Tabla 10. Tabla Resultados del contenido de triptófano (g try/100g de proteína). ....	52
Tabla 11. Resultados de Digestibilidad in vitro. ....	54
Tabla 12. Resultados de parámetros antinutrimientales. ....	54
Tabla 13. Resultados de la prueba de nivel de agrado .....	58

## RESUMEN

Las pastas alimenticias constituyen los productos más simples utilizados en la dieta humana. Estos productos se elaboran principalmente mediante mezclas de sémola de trigo duro con agua. La pasta seca se compone básicamente de carbohidratos por lo que su calidad nutrimental es baja. Para mejorar su calidad nutrimental muchas empresas adicionan ingredientes como espinacas, jitomate y vitaminas. Otra opción sería la adición de otras semillas como la chía, porque ésta última tiene un alto valor nutrimental comparado con los cereales. En esta investigación se realizó una pasta larga tipo Fettuccine enriquecida con sólidos granulares de chía blanca, se propusieron tres formulaciones con un porcentaje de 20, 30 y 40% de chía, se realizaron pruebas de calidad culinaria a las pastas (tiempo de cocción, porcentaje de sedimentación o pérdidas por cocción y tolerancia al cocimiento) y la calidad de las pastas cocidas (grado de absorción o ganancia de peso e incremento de volumen o grado de hinchamiento) y se realizó una evaluación sensorial de preferencia para determinar cuál de las formulaciones antes mencionadas era la mejor. A la formulación seleccionada se le realizó un análisis químico proximal, digestibilidad *in vitro*, determinación de triptófano y factores anti nutrimentales (taninos, ácido fítico e inhibidores de tripsina). Los resultados obtenidos mostraron que la formulación preferida por los jueces fue la que contenía 40% de sustitución con chía, la composición química de la pasta de chía seleccionada tuvo un contenido de proteína de 18.27%, grasa de 5.36%, cenizas de 2.19% y fibra de 8.39% mayores en un 87.38%, 119.67%, 180.76% y 235.60% respectivamente, en comparación a la pasta control. El contenido de triptófano para la misma pasta fue de 1.08 g try/100 g proteína, 88.50% digestibilidad siendo estos mayores a la pasta control, su contenido de taninos y ácido fítico fue ligeramente mayor en la pasta de chía que el control y no se detectaron inhibidores de tripsina. Por último, se realizó una evaluación sensorial de nivel de agrado para conocer la aceptación del producto por el consumidor dando un 42% de aceptabilidad.

Palabras claves: pastas alimenticias, chía blanca, factores nutrimentales y antinutrimentales.

## INTRODUCCIÓN

Los cereales son el principal alimento para la raza humana. En México, después del maíz, el trigo es el cereal más importante en cuanto a usos alimenticios. De acuerdo con su uso, el trigo es clasificado en suave, duro y cristalino. Los dos primeros son generalmente transformados en harinas para la manufactura de una gama de productos como; galletas, pastelería, snacks o bocadillos y cereales para desayuno. Los trigos cristalinos son molidos y purificados en una fracción más gruesa denominada sémola que se utiliza principalmente para la fabricación de pastas largas y cortas extruidas o troqueladas (Serna-Saldívar, 2013). La pasta de sémola es un alimento muy consumido en México, sin embargo, su valor nutrimental es bajo, pues tiene un porcentaje alto de carbohidratos (75.4-82 %) y su proteína es de baja calidad biológica (Kill & Turnbull, 2004). Con el fin de mejorar su calidad nutricional, se han utilizado otros alimentos resultando una pasta con propiedades funcionales (Kill & Turnbull, 2004). Esto es importante en México, pues se tienen graves problemas de obesidad y desnutrición, provocadas, entre otras cosas, por malos hábitos alimenticios, ya que la experiencia demuestra que una correcta alimentación previene los problemas de sobrepeso y obesidad (UNICEF, 2015). La chía es una semilla que puede usarse para mejorar la calidad nutrimental de las pastas. Esta planta fue uno de los cultivos más importantes junto con el maíz, frijol y el amaranto, para los mayas y aztecas (Ayerza & Coates, 2005). En la época prehispánica sus semillas, su harina o su aceite fueron apreciados por sus usos medicinales, alimenticios, artísticos y religiosos (Hernández & Miranda, 2008). Actualmente se ha retomado su consumo en diferentes postres, bebidas y panificación. El valor alimenticio y para la salud humana de los frutos de chía hoy es reconocido (Quiroga *et al.*, 2014). Está compuesta entre 19 y 23% de proteína de mejor calidad y más digerible en comparación con otros granos convencionales, contiene una mayor concentración de ácido graso alfa-linolénico y linoleico que cualquier otro cultivo, la chía es naturalmente rica en vitamina E, antioxidante natural de las grasas y vitamina C, la semilla es también una fuente abundante de calcio, hierro, magnesio, fósforo, zinc, potasio y cobre y tiene alto contenido en fibra (30-38%) (Barrera, 2015). La semilla de la chía es desmenuzada y triturada para su consumo y así se mejora sustancialmente el aprovechamiento de todos sus componentes por parte del organismo, hecho que no se logra con el consumo de la semilla entera, más aun considerando que es de un tamaño pequeño y esto dificulta su masticación (Castañeda, 2009). Es por eso que en este proyecto se planteó hacer una formulación de pasta tipo Fettuccine con

trigo y chía para mejorar su calidad nutrimental y manteniendo buena calidad culinaria ya que el aspecto visual de la pasta en el plato es un indicativo útil de calidad global, por un lado la calidad de la pasta seca establecen la ausencia de grietas y de manchas y la presencia de una superficie lisa y coloración amarilla, y los de la pasta cocida se centra en la coloración, firmeza y ausencia de pegajosidad (Mora, 2012). Para ello se realizó el análisis químico proximal de acuerdo a la AOAC (2005), se propusieron formulaciones con hasta 40% de chía blanca adicionándoles gluten y el resto de trigo, se seleccionó la mejor formulación mediante pruebas de calidad culinaria y una prueba sensorial de preferencia, a la pasta seleccionada se le evaluó su calidad nutrimental mediante la determinación de triptófano, digestibilidad *in vitro* y factores antinutrimientales como taninos, ácido fítico e inhibidores de tripsina y por último se evaluó el nivel de agrado de la pasta seleccionada.

# 1. Antecedentes

## 1.1.Trigo

### 1.1.1. Origen y clasificación

El trigo tiene sus orígenes en la antigua Mesopotamia. Las más antiguas evidencias arqueológicas del cultivo de trigo vienen de Siria, Jordania, Turquía e Iraq. Hace alrededor de 8 milenios, una mutación o una hibridación ocurrieron en el trigo silvestre, dando por resultado una planta con semillas más grandes, la cual no podría haberse diseminado con el viento. Existen hallazgos de restos carbonizados de granos de trigo almidonero (*Triticum dicocoides*) y huellas de granos en barro cocido en Jarmo (Iraq septentrional), que datan del año 6700 a. C. (OEIDRUS, 2015).

El origen del actual trigo cultivado se encuentra en la región asiática comprendida entre los ríos Tigris y Eufrates, habiendo numerosas gramíneas silvestres comprendidas en esta área y están emparentadas con el trigo. Desde Oriente Medio el cultivo del trigo se difundió en todas las direcciones. Las primeras formas de trigo recolectadas por el hombre, hace más de doce mil años, eran del tipo *Triticum monococcum* y *T. dicocccum*, caracterizadas fundamentalmente por tener espigas frágiles que se disgregan al madurar (Rimache, 2008).

Se dice que el trigo llegó a nuestro país en la época de la conquista, a través de embarcaciones españolas que arribaron con grandes cantidades de trigo, pero la historia lo documenta de otra manera. Como los viajes del viejo mundo a América eran largos, las provisiones se consumían y terminaban antes de llegar a su destino. Al parecer, los viajeros no se preocupaban por guardar algunas semillas para que fueran sembradas en México. Por eso se dice que fue un poco tardía la llegada del trigo a nuestro país (CANIMOLT, 2007).

Todos los trigos silvestres y cultivados pertenecen al género *Triticum* a la familia Gramineae y la tribu Hordeae. Hay tres grupos de trigo según Sakamura (Kill & Turnbull, 2004); el primero es el *T. monococcum*, el segundo *T. durum* (trigo cristalino o para elaboración de pasta) y el tercero el *T. aestivum* (harinero o panificable).



### 1.1.2. Estructura del grano

El grano se subdivide en tres partes fundamentales: pericarpio, endospermo y germen como se muestra en la Figura 1. A continuación se describen las partes fundamentales:

#### 1.1.2.1. Pericarpio

Encierra a la semilla y está compuesta de varias capas de células. Básicamente esta estructura se divide en epicarpio, mesocarpio y endocarpio. Este último tejido se subdivide en células intermedias, cruzadas y tubulares (Serna-Saldívar, 2013). El pericarpio y la testa juntamente con la capa de aleurona constituyen el salvado, a veces llamado salvado molinero (Aykroyd & Doughty, 1970).

#### 1.1.2.2. Endospermo

##### 1.1.2.2.1. Aleurona

La composición y estructura de la capa de aleurona es totalmente distinta a la del resto del endospermo. Las células no contienen gránulos de almidón, en cambio tienen alto contenido de proteína (20 %) concentrada en gránulos de aleurona, aceite (20 %) principalmente encerrado en los esferosomas y minerales (20 %) como el ácido fítico que se halla en los gránulos de aleurona y cuerpos fíticos. En el caso específico del trigo, la capa de aleurona se considera como parte del salvado y se remueve durante el proceso de molienda seca (Serna-Saldívar, 2013).

##### 1.1.2.2.2. Endospermo periférico

Se caracteriza por su alto contenido proteico y por contener unidades de almidón pequeñas, angulares y compactadas.

#### 1.2.2.2.3. Endospermo vítreo

Las células maduras del endospermo maduro contienen cuatro estructuras: paredes celulares, gránulos de almidón, matriz y cuerpos proteicos. Las paredes celulares encierran a los demás componentes y en ellas hay un alto contenido de fibra insoluble y soluble. Los gránulos de almidón ocupan la mayoría del espacio celular y están rodeados y separados por la matriz proteica que sirve como pegamento para mantener la estructura interna de la célula. Los cuerpos proteicos son redondos y muy pequeños, están dispersos en el espacio celular y en su mayoría incrustado en la membrana de los gránulos de almidón. En las células del endospermo vítreo no existe espacio de aire y los gránulos de almidón están bien recubiertos por la matriz proteica por lo que adquieren forma poligonal.

#### 1.1.2.3. Germen

Encierra al axis embrionario y al escutelum o escudo. Esta estructura se encuentra adherida o fusionada al endospermo por medio del escudo. Sirve como almacén de nutrientes, se caracteriza por carecer de almidón y por su alto contenido de aceite, proteína, azúcares solubles y cenizas (Serna-Saldívar, 2013).

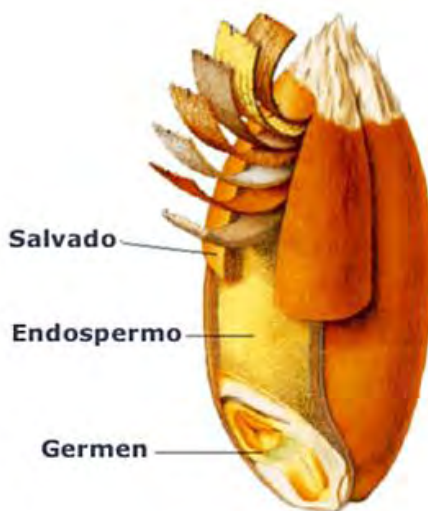


Figura 1. Composición del grano de trigo.  
Fuente: Nutrisofia, 2016

### 1.1.3. Trigo cristalino

El trigo cristalino es de la especie *T. durum* y contiene más proteínas que ningún otro cereal, a excepción de la avena. En general el trigo tiene un elevado contenido de tiamina y niacina. Al igual que otros cereales es pobre en riboflavina y también en calcio. Químicamente el trigo está compuesto por 75.4-82 % de carbohidratos, 12-15.6 % de proteína, 1.8-3.8 % de grasa casi toda ella en el embrión, 2.4-3.1 % de fibra cruda y 1.8-2.1 % de cenizas, carece de vitamina A y el germen de trigo es rico en vitamina E (Serna-Saldívar, 2013). El trigo contiene menos proteínas que otros alimentos comunes, tales como las leguminosas (18-16 % de proteína), la carne (12-20 %), el pescado (16-20 %), los huevos (13 %) y el queso (19-25 %). Lo mismo que otros cereales, el trigo es mucho más rico en proteínas que varias raíces, tubérculos y frutos feculentos que son alimentos básicos en distintas partes del mundo y no contienen más de 1 a 2% de proteínas cuando están frescos (Aykroyd & Doughty, 1970).

### 1.1.4. Obtención de sémola a partir del trigo cristalino

El trigo duro es el cereal más adecuado para la elaboración de la pasta. Sus proteínas tienen la capacidad de interactuar entre ellas y con otros componentes como los lípidos, para formar complejos de lipoproteínas viscoelásticas (gluten), que contribuyen al desarrollo de la masa y previenen la disgregación de la pasta durante la cocción en agua caliente (Granito *et al.*, 2003). Para obtener la materia prima en la elaboración de pasta, se debe transformar el trigo cristalino en sémola. La sémola son partículas o gránulos refinados de endospermo de tamaño intermedio (retenidas por mallas #40- #85) generalmente de color amarillo. La molienda requiere de varios sistemas de rodillos corrugados cuya función es la de separar los residuos de pericarpio de la sémola (Serna-Saldívar, 2013).

## **1.2. Pasta alimenticia a partir de sémola**

### 1.2.1. Definición

La Organización Internacional de la Pasta (I.P.O.) (2011), define a esta como el alimento hecho de sémola (harina) de trigo duro mezclada con agua y algunas veces con huevo, los cuales se amasan, se transforman en diversas figuras y se secan para posteriormente ya en la cocina, hervirse previo a su consumo. La palabra “pasta” es el término que se emplea en italiano para designar a la masa. Los ingredientes básicos habituales son harina o sémola de trigo y agua. Entre otros ingredientes adicionales se encuentran huevo, colorantes naturales como las espinacas o el tomate y en otros casos vitaminas (Kill & Turnbull, 2004).

Se denomina genéricamente pastas alimenticias o fideos a los productos no fermentados obtenidos por el empaste y amasado mecánico de sémolas o harinas de trigo con agua potable con o sin adición de sustancias colorantes autorizadas a este fin, con o sin la adición de otros productos alimenticios de uso permitido para esta clase de productos. Puede ser sencilla o compuesta, si se le añaden otros alimentos, como verduras, huevo (SENECYT, 2015)

### 1.2.2. Valor nutritivo

La pasta es un producto con un contenido relativamente bajo en grasa, especialmente si se trata de la pasta normal cocida y lista para servir. La pasta tiene esencialmente un alto contenido de carbohidratos y la mayor parte de su valor energético deriva de ellos y de su contenido en proteínas. Las pastas elaboradas a partir de sémola se consumen principalmente en Europa y América. La pasta de sémola es un alimento altamente consumido, sin embargo, su valor biológico es bajo. Con el fin de mejorar su calidad nutricional, se han utilizado otros alimentos resultando una pasta con propiedades funcionales, entendiéndose como alimentos con propiedades funcionales aquellos que son apreciados como promotores de la salud, los cuales bajo ciertas condiciones de ingesta influirán positivamente en una o más funciones del cuerpo, mejorando el estado de salud y/o reduciendo el riesgo de enfermedades (Cárdenas, 2012).

### 1.2.3. Ingredientes

#### 1.2.3.1. Sémola

La sémola, producto granular de color amarillo oscuro y estructura vítrea proveniente de la molienda del endospermo del grano de trigo *T. durum*, es la materia prima ideal para la fabricación de pasta (Granito *et al.*, 2003), también por sémola y harina de trigo cristalino se entiende los productos elaborados con granos de trigo *Triticum durum* por medio de procedimientos de trituración o molienda en los que se separa la mayor parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura. La sémola integral de trigo duro se prepara mediante un procedimiento de molienda similar, pero se conserva el salvado y parte del germen (Codex Standard 178-1991). Una sémola para la elaboración de pasta debe tener 75.3 % de carbohidratos, 14.4 % humedad, 10.5-15.2 % de proteína, 1.96 % de grasa y 0.83-1.3 % como máximo de cenizas (Kill & Turnbull, 2004; Codex Standard 178-1991).

Las sémolas finas y la harina absorben el agua rápidamente y son fáciles de procesar, obteniendo una masa homogénea. Si se mezclan sémolas gruesas y finas, las partículas pequeñas absorben el agua mucho más rápidamente que las gruesas. Esto impedirá tener una mezcla homogénea. El resultado sería la obtención de manchas blancas en el producto final. Para eliminarlas, la acción del amasado tendría que ser más intensa, generando más calor lo cual afectaría la calidad culinaria del producto final (Acosta, 2007).

#### 1.2.3.2. Agua

El agua es indispensable en la elaboración de pastas alimenticias para el amasado, la que debe ser de las mejores características sanitarias, potable, incolora e inodora, por que de ella depende la calidad del producto final. Hay que descartar las aguas duras que contengan tierra, cal, silicatos, etc.; por que desgastan los recipientes donde se almacena y dan como resultado, productos deficientes y frágiles, un alto contenido de estos materiales, producen pastas oscuras, friables de desagradable sabor y a veces terrosas al masticarlas (SENECYT, 2015).

Ante todo, un agua con mucha sal aumenta el poder de absorción del gluten, pero si la sal es demasiada, se hará rígido y frágil. Un agua con poca sal tiene una acción dispersiva sobre el gluten (Carrasquero, 2009).

Durante la preparación de la masa se añade agua aproximadamente en proporción de 18-25 % con respecto a las materias primas secas, para conseguir que una masa recién formada contenga una media de 30-32 % de humedad, el producto terminado tiene un contenido final de agua de 12.5 % con respecto a la masa del producto (Acosta,2007).

### *1.2.3.3. Gluten*

Carrasquero (2009), comenta que después de haber añadido a la sémola agua y energía, bajo forma de acción mecánica de amasado, la mezcla de las fracciones proteicas, o sea de las gliadinas y de las gluteninas origina un compuesto húmedo, gomoso, viscoso y amarillento que contiene el 65 % de agua, llamado “gluten”. El detalle de las gliadinas es que proporcionan viscosidad al amasado e influyen en el volumen del pan; las gluteninas son responsables de la elasticidad del amasado y de la resistencia al cocido de la pasta, ellas son las más importantes y por lo tanto hay más de ellas mejor será el producto.

El gluten de trigo está presente en estructuras en forma de cuña que se encuentran entre los gránulos de almidón. Es el material pétreo o vítreo cuando está seco, pero la adición de una cantidad moderada de agua permite que se produzcan cambios en su naturaleza física y química. El gluten se transforma en un material gomoso y elástico que adquiere la capacidad de formar cadenas y láminas mediante el establecimiento de puentes intermoleculares. Estas propiedades son fundamentales para su papel como matriz continua que atrapa y encapsula el almidón en la pasta y mantiene la forma del producto durante su elaboración y cocción. Al calentar el gluten hidratado se forman enlaces cruzados proteína-proteína irreversibles que, cuando se controlan adecuadamente, estabilizan la estructura y la textura comestible de la pasta final (Acosta, 2007).

#### 1.2.3.4. Otros ingredientes

Los ingredientes que comunmente se adicionan con el fin de enriquecer las propiedades nutritivas o sensoriales del producto son: albumina de huevo en polvo, huevo entero o clara de huevo (liquido o en polvo), harina de soya, sal yodatada, ajo, perejil, apio, cebolla, vitaminas, saborizantes, colorantes naturales o artificiales (Acosta, 2007). Otros ingredientes adicionales son la espinaca y el jitomate empleados como colorantes naturales. Basta una pequeña cantidad de estos productos para conseguir la coloracion de la pasta y generalmente se añaden a estos productos deshidratados. La cantidad de espinaca añadida es alrededor del 2 %, mientras que de jitomate es del 4 % (Kill & Turnbull, 2011).

#### 1.2.4. Proceso de elaboración de pasta

La pasta se puede hacer con maquinaria a pequeña escala o de forma manual, pero sin duda la mayor parte de la pasta comercial se hace en grandes líneas de producción en continuo y altamente automatizadas (Dendy & Dobraszczy, 2001). Para la producción de pastas la sémola es hidratada, amasada, formada y cuidadosamente secada para formar el producto terminado que posee una prolongada vida de almacén (Kill & Turnbull, 2004).

Existen básicamente dos maneras de procesar pastas:

- 1.- Pastas prensadas/troqueladas
- 2.- Pastas manufacturadas vía extrusión en frio

En ambos procesos la sémola es primeramente mezclada con agua hasta alcanzar un 31% de humedad la amasadora generalmente está provista con un sistema de aplicación de vacío con el objetivo de reducir o impedir la formación de burbujas de aire que disminuya el grado de color, la aceptabilidad del producto terminado y resistencia de la pasta al manejo durante su comercialización. Durante el mezclado, la sémola hidratada tiende a formar pequeñas pelotas de masa debido a la limitada cantidad de agua.

Además, la ausencia de aire, específicamente el oxígeno, evita la oxidación de carotenoides por la lipooxigenasa que definitivamente afecta el grado de color del producto terminado. Posteriormente la masa hidratada es laminada y troquelada o comúnmente transformada en pasta en un extrusor. En el caso de productos troquelados, la masa es rolada y laminada a través de un sistema de rodillos, troquelada y formada por otros rodillos formadores y la masa de desperdicio es reciclada. En el caso de extrusión, el proceso se denomina en frío (45 °C) ya que el calor generado por la fricción es disipado por medio de una chaqueta de enfriamiento que recubre el barril del extrusor. La pasta finalmente es sometida a un programa de secado. El principal objetivo del secado de la pasta es reducir el contenido de humedad del producto completo hasta un nivel donde sea microbiológicamente estable cuando se almacene en condiciones ambientales. Pero hay otros objetivos secundarios importantes en especial en la correcta aplicación de las modernas técnicas de secado, entre los que se incluye la optimización de color y de la textura para una determinada calidad de sémola. La mejora en la textura de la pasta radica en que a temperaturas más altas tienen lugar un mayor entrecruzamiento de las proteínas, lo cual mejora la consistencia durante la masticación y evita la liberación de almidón. La mejora de color se logra por dos vías.

- a) La primera es por la rápida eliminación de las enzimas lipooxigenasas a causa de las elevadas temperaturas (>60 °C) utilizadas en las primeras etapas del secado, que de no ser así degradarían el caroteno presente en la pasta.
- b) La segunda es por la reacción de Maillard que puede dar un color ligeramente amarillo.

Indudablemente la parte más crítica del proceso es el secado, el cual consiste en la evaporación de la mayoría del agua de la pasta formada. La velocidad de deshidratación está ligada a la presión de vapor de la masa y a la disponibilidad del agua en la periferia de la pasta formada. La velocidad de difusión del agua dentro del producto formado está íntimamente relacionada con el perfil de temperatura y humedad. Generalmente se remueve 40 % del agua en corto tiempo (30 min). Posteriormente la pasta se somete a un programa de baja temperatura con alta humedad relativa (90 %) con el objetivo de lograr el objetivo entre la humedad del centro con la del exterior de la pasta (2-3 h). Finalmente, la pasta se deshidrata lentamente (45 °C) hasta llegar a 10-12 % de humedad (8-12 h) recomendada para el empaque y comercialización.



Si el secado es muy lento, la pasta será más propensa a contaminarse con hongos y si es muy rápido más susceptible a quebrarse durante su manejo debido a una mayor formación de microfisuras. La velocidad de absorción del agua y el tiempo necesario para el desarrollo de masa tienen una influencia positiva en el intervalo de temperatura entre 40 y 50 °C (Kill & Turnbull, 2004).

#### 1.2.5. Calidad de las pastas

El aspecto visual de la pasta en el plato es un indicativo útil de calidad global, siendo una mezcla del color y del brillo del producto. El brillo está en relación con la cantidad de almidón en exceso que se libera durante la fase de cocción. Criterios de calidad de la pasta seca establecen la ausencia de grietas y de manchas y la presencia de una superficie lisa y una coloración amarilla, y los de pasta cocida se centran en la coloración, firmeza y ausencia de pegajosidad (Mora, 2012).

La calidad culinaria de una pasta puede ser interpretada de distinta manera, de acuerdo a los hábitos culinarios de los consumidores, debido a esto, las pruebas para evaluarla varían entre países e incluso dentro de un mismo país (Kill & Turnbull, 2004).

Las características culinarias dependen principalmente de la calidad y la cantidad de proteínas. Por ello resulta lógico que un contenido proteico elevado conduzca una buena calidad de cocción, lo cual explica por qué a mayor número de cadenas polipeptídicas, mayor es el número de interacciones entre las proteínas con lo que se favorece la formación de una red más resistente (Acosta, 2007).

##### 1.2.5.1. Calidad de las pastas secas o crudas

**Tiempo de cocción:** Es el tiempo necesario para la total gelatinización del almidón presente en la pasta. La pasta debe tolerar un calentamiento en agua a ebullición, manteniendo su forma y sin ponerse pegajosa ni desintegrarse (Cabrera, 2007). Debe quedar firme al mordisco, es decir,

al “dente”, el cual está definido como el momento en el cual desaparece la zona blanquecina de la sémola, correspondiente al almidón del centro del endospermo, que aún permanece sin gelatinizar (Vasiliu & Navas, 2009). El desempeño en la cocción depende esencialmente de las características intrínsecas de la sémola utilizada, aunque también puede afectarse por ciertas condiciones del proceso, así como la razón de extracción de la sémola durante la molienda (Mora, 2012).

**Porcentaje de sedimentación:** Es el volumen en mililitros que ocupa el sedimento producido por la pasta durante el cocimiento. Este sedimento está constituido principalmente por almidón perdido por la pasta por efecto de la cocción y un menor porcentaje de este indica una mayor calidad del gluten y por lo tanto de sémola (Cabrera, 2007). El agua de cocción debe quedar libre de almidón. Cuanto más turbia sea, más almidón se habrá disuelto en la matriz proteica (Acosta, 2007).

**Índice de tolerancia al cocimiento:** Es el tiempo en que la pasta empieza a romperse por acción del cocimiento menos su grado de cocimiento (Acosta, 2007). Cuanto más resistente sea la pasta, más tardará en empezar a romperse, lo que está relacionado con la estructura del gluten fuerte y por tanto una sémola de mejor calidad (Cabrera, 2007). La pasta debe ser resistente al exceso de cocción (Acosta, 2007).

#### 1.2.5.2. Calidad de las pastas cocidas

**Grado de absorción:** Es la cantidad de agua absorbida por el producto durante su cocimiento. Un buen producto absorbe por lo menos el doble de su peso en agua (Cabrera, 2007).

**Incremento de volumen:** Los productos de buena calidad se hinchan tres o cuatro veces a su volumen original o al menos debe hincharse al doble de su volumen (Acosta, 2007)

### 1.2.6. Producción de pastas para sopa

Hoy en día la pasta es un alimento aceptado y empleado en todo el mundo. El mayor consumidor y productor de pastas en el mundo es Italia según datos de la International Pasta Organization (I.P.O.). La pasta ha tenido un importante desarrollo en México, pues constituye parte de la comida diaria como una alternativa para acceder a los carbohidratos indispensables en toda buena nutrición. Actualmente la producción de pasta en México ha ido aumentando (Tabla 1) en 5 años aumento casi un 5% la producción anual. El valor presentado correspondiente al año 2016 es de los primeros cuatro meses del mismo.

Tabla 1. Producción en volumen y valor anual de pastas para sopa comunes

<b>Periodo anual</b>	<b>Toneladas</b>	<b>Miles de pesos corrientes</b>
<b>2016</b>	108,225	1,308,575
<b>2015</b>	342,366	5,268,141
<b>2014</b>	345,797	4,857,978
<b>2013</b>	337,759	4,820,281
<b>2012</b>	347,302	4,802,710
<b>2011</b>	333,928	4,544,342
<b>2010</b>	327,054	4,122,817

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2016

En México, según datos de la International Pasta Organization (I.P.O.) en el año 2011 la producción de pastas fue de 330 mil toneladas de las cuales 75 mil se elaboraron en la entidad mexiquense y el consumo per cápita es de 2.7 Kg. Las ganancias ascienden a 500 millones de dólares y por sus precios México exporta el 25 por ciento de su producción a Estados Unidos y Centroamérica. Esta industria genera 7 mil empleos directos y 30 mil indirectos, además se coloca al país en el décimo lugar a nivel mundial (Muñoz, 2012).

### **1.3. Chía (*Salvia hispanica L.*)**

#### 1.3.1. Origen

*Salvia hispanica L.* es comúnmente conocida como chía, siendo esta palabra una adaptación española al término nahua *chían* o *chien* (plural), término que en náhuatl significa “semilla de la que obtiene aceite” (Lugo, 2013).

Su origen se remonta a los 3500 años a.C., y fue conocida por las culturas precolombinas de México y de Guatemala. Se podría considerar que fue uno de los alimentos básicos para las civilizaciones de América Central y México y su cultivo fue probablemente el tercero en importancia económica, superado solo por el maíz (*Zea mays*) y el frijol (*Phaseolus vulgaris*).

Durante la época de las colonias, los cereales introducidos por los españoles desplazaron al cultivo de chía, lo que casi produjo su desaparición, confinando su existencia solamente a las áreas montañosas aisladas de México gracias a que algunos grupos étnicos conservaron varias costumbres, por estar ubicados en zonas montañosas de difícil acceso (Rovati *et al.*, 2015)

Actualmente, los principales países productores de chía son México, Guatemala, Bolivia, Colombia y la Argentina (Ayerza & Coates, 2006). La chía resurgió muchos años después, adquiriendo particular importancia por la composición química de su semilla.

Para los aztecas, la chía tuvo mucha importancia como producto medicinal. La chía era utilizada en infusiones de la semilla entera, también para tratamientos respiratorios y obstétricos antes de 1600, posteriormente, su uso se enfocó en el tratamiento de infecciones y obstrucciones oculares. El aceite de la semilla de chía era utilizado para la pintura de los cuerpos de los guerreros, así como ingrediente básico en la preparación de bebidas durante ceremonias religiosas y sociales (Molina, 2008) como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Usos de la semilla de chía en la época prehispánica

Fuente: Castañeda, 2009

Manuel Orozco y Berra menciona dos variedades de la semilla de chía: la *chianpitzáhuac* (negra) y la *chianpatláhuac* (blanca) de mayor tamaño. Francisco J. Santamaría sostiene que la chía fue llamada "Salvia chian" (Castañeda, 2009). Este mismo autor la quiso llamar "Salvia nezahualia", porque Nezahualcóyotl evadió a sus perseguidores al esconderse entre una gavilla de chía, pero este nombre no se aceptó ya que desde antes Linneo ya la había clasificado como *Salvia hispanica*.

También hay referencias para asegurar que la semilla era tan valiosa que por las mismas peticiones del rey se entregaba como recompensa a ciertas personas por su desempeño en la guerra. Se daba asimismo a deudos de guerreros muertos en la lucha y se la daban a la viuda de ofrenda. A la vez se usaba en las ceremonias y en las ofrendas (Castañeda, 2009).

En el periodo de 1932-1935, el cultivo de la chía en México ocupaba una superficie promedio anual de 74 ha en los Estados de Jalisco, Puebla, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Actualmente, es cultivada en Acatic, Jalisco, en Atzitzihuacan, Puebla y en Olinalá, Guerrero (Hernández & Miranda, 2008).

### 1.3.2. Descripción de la planta

Como se muestra en la Figura 3 tiene una raíz fibrosa, tallo de más de vara (en tierra pujante), de cuatro ángulos, acanaladas las caras y con puntos rojizos. Hojas aovadas, estrechas por abajo, agudas por el ápice, vellosas, algo arrugadas, y por el margen entre almenadas y aserradas. El tallo termina en una espiga, y otros también salen de los sobacos de los ramillos superiores.



Figura 3. Chía de la variedad blanca (probablemente), llamada chiantzotzolli o "planta que se hincha con la humedad".  
Fuente: (Urbina, 2015)

La planta de chía (Figura 4), se trata de una planta anual, de hasta 1 m de altura, presenta hojas opuestas, de 4 a 8 cm de largo y 3 a 5 de ancho. Las flores son hermafroditas, purpúreas a blancas, y aparecen en ramilletes terminales, sobre pedicelos; el cáliz es un tubo acampanado, ligeramente comprimido lateralmente, con pelillos a lo largo de las venas, florece entre julio y agosto en el hemisferio norte.



Figura 4. Cultivo (a) e inflorescencia (b) de la semilla de chía

Fuente: Guiotto, 2014

Al cabo del verano, las flores dan lugar a un fruto en forma de aquenio. Sus hojas son enteras y ovaladitas de hasta 6 cm de largo, con pelitos en la parte de abajo y poco onduladas en las orillas. Las flores son de color morado y chiquititas y se dan estas florecitas en espigas gruesas que le salen en las puntas de las ramas llegan a medir 10 cm aproximadamente.

### 1.3.3. Características de la semilla de Chía

Según la clasificación taxonómica propuesta por Linneo (Ixtaina, 2010), la posición sistemática de la chía es la siguiente:

**Reino:** Vegetal o Plantae

**División:** Magnoliophyta o Angiospermae

**Clase:** Magnoliopsida o Dicotyledoneae

**Orden:** Lamiales

**Familia:** Lamiaceae

**Subfamilia:** Nepetoideae

**Tribu:** Mentheae

**Género:** *Salvia*

**Especie:** *hispanica*

La semilla es muy pequeña, café con rayitas o manchitas negras como se muestra en la Figura 5, parda-grisácea, rica en mucílago, fécula y aceite; tiene unos 2 mm de largo por 1, mm de ancho, y es ovalada y lustrosa. Es originaria de áreas montañosas de México y si bien resulta una verdadera novedad en nuestro mercado, se sabe que hace ya 3500 años a.C. era conocida como un importante alimento y medicina (Castañeda, 2009). En la Figura 6 se muestra una micrografía de un corte transversal de la semilla de chía, el fruto es típicamente un esquizocarpo consistente en lóculos indehiscentes que se separan para formar cuatro mericarpios parciales (núculas), comúnmente conocidas como “semillas”.



Figura 5. Semillas de chía (*Salvia hispanica* L.)  
Fuente: Rovati *et al.*, 2015

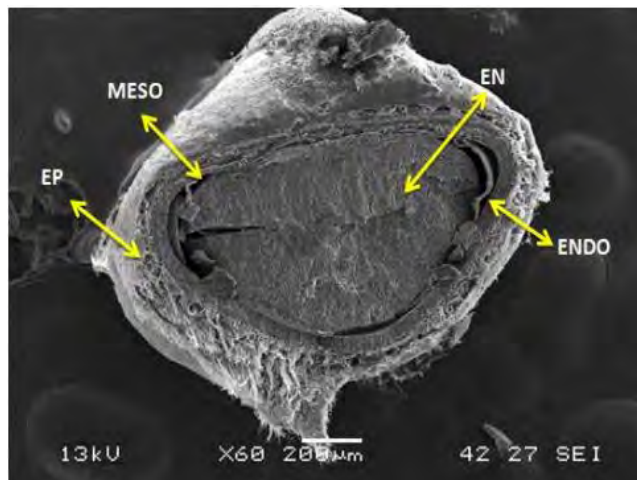


Figura 6. Micrografía de semilla de chía 60X EN: Endospermo ENDO: Endocarpio MESO: Mesocarpio y EP: Epicarpio  
Fuente: Fuentes, 2010



Algunos promueven la semilla de chía blanca como superior en calidad nutricional a la semilla negra. Sin embargo, investigadores sostienen que, de existir la diferencia nutricional entre las semillas de chía, sería probablemente debida a las condiciones en que se cultiva la semilla y no el color de la semilla misma. También añaden que, dado que casi todas las semillas de chía cultivada hoy en día se originan en México, no hay ninguna razón para sospechar diferencias genéticas que pudieran afectar su valor nutricional. Las semillas de chía tanto blancas como grises o comúnmente llamadas negras (Figura 7) presentan las mismas características químicas y particularidades como lo son el tamaño y la capacidad de desarrollar un mucilago cuando se hidrata (Rovati *et al.*, 2015).



Figura 7. Semillas de chía blancas y negras

Fuente: Rovati *et al.*, 2015

#### 1.3.4. Composición química y valor nutricional

El valor alimenticio y para la salud humana de los frutos de chía hoy es reconocido (Quiroga *et al.*, 2014). La composición química de la semilla de chía (Tabla 2) según varios autores tiene contenidos altos de fibra, grasa, proteínas chia y minerales, tanto en la semilla negra o gris como en la blanca (Tabla 3).

Tabla 2. Composición de la semilla de chía según varios autores.

Nutriente %	Botanical-online, 2015	Reyes,2006	Cooper,2006	
<b>Humedad</b>	N. R	4.31 ± 0.16	4.90-7.20	5.97 ± 0.14
<b>Proteínas</b>	16.62	23.60	15.62-16.45	19.79 ± 0.42
<b>Grasas</b>	26.25	29.80 ± 0.87	30.75	26.55 ± 1.37
<b>Fibra</b>	38.00	18.0 ± 0.64	37.7	30.19 ± 0.13
<b>Cenizas</b>	2.28	4.61 ± 0.03	4.84-5.24	2.73 ± 0.13
<b>Carbohidratos</b>	47.87	18.70	21.65-43.85	14.77

N. R. No reportado

Tabla 3. Composición química de la semilla de chía blanca.

Chía marca Benexia	Chía marca Potenza	Nutriente %
N.R.	8	<b>Humedad</b>
21.1	24	<b>Proteínas</b>
31.5	37	<b>Grasas</b>
40	38	<b>Fibra</b>
2.46	N.R	<b>Cenizas</b>
0.9	29	<b>Carbohidratos</b>

N.R. No reportado

Fuente: Benexia y Potenza, 2016

A continuación se describen sus componentes:

1.3.4.1. **Proteínas:** Si se hace un análisis del contenido de sus aminoácidos, se puede encontrar que el aporte de lisina es relativamente alto y la cisteína y metionina se pueden comparar favorablemente con otras semillas oleaginosas (Jaramillo, 2013) y no contiene gluten, por lo que es apta para celíacos e hipertensos (Quiroga *et al.*, 2014). Contiene entre 19 y 23 % de proteína de mejor calidad y más digerible en comparación con otros granos convencionales (Barrera, 2015).

1.3.4.2. **Grasas:** El aceite de semilla de chía (*Salvia hispanica*), se caracteriza por un alto contenido de ácido linolénico en su composición (Jiménez *et al.*, 2013).

El 32 a 39 % de la composición química de la semilla de chía se constituye de ácidos grasos omega 3 (Barrera, 2015), estos eliminan la necesidad de utilizar antioxidantes artificiales como las vitaminas (Di Sapio *et al*, 2008; Guiotto, 2014). De esta forma le otorgan una enorme ventaja sobre todas las demás fuentes de ácidos grasos omega 3, ya que permiten que pueda almacenarse por años, sin que se deteriore el sabor, el olor o el valor nutritivo. Los aceites obtenidos a partir de las semillas de chía cultivadas en diferentes estados de México se caracterizan por tener un perfil similar de ácidos grasos (AG). El número de ácidos grasos en el aceite de chía es diez, identificándose al ácido palmítico, ácido palmitoleico, esteárico, oleico cis-9, oleico cis-11, oleico cis-12, linoleico, araquídico, linolénico y alfa linolénico (Gutiérrez *et al.*, 2014), siendo el alfa linolénico el de mayor abundancia en la semilla de chía, lo que representa una importancia nutricional destacable porque éste participa como precursor de otros ácidos grasos esenciales y además da origen a ciertas prostaglandinas, Leucotrienos y Tromboxano con actividad antiinflamatoria, anticoagulante (Jaramillo, 2013). La semilla de chía contiene más aceite que otros granos, por lo que sería una fuente de alimento muy atractiva para países en desarrollo, los aceites esenciales pueden usarse en la industria de saborizantes y fragancias (Hernández *et al.*, 2008).

1.3.4.3. **Vitaminas:** En comparación del contenido de vitaminas de la chía con otros cultivos tradicionales muestra que tiene más niacina que el maíz, la soya, el arroz y el cártamo; el contenido de tiamina y riboflavina es similar al del arroz y maíz (Lugo, 2013). Igual que las otras semillas oleaginosas, la chía es naturalmente rica en vitamina E, antioxidante natural de las grasas y vitamina C (Barrera, 2015). También tiene un aporte considerable de niacina y ácido fólico, nutrientes muy importantes en el embarazo.

1.3.4.4. **Minerales:** Destaca principalmente su aporte de calcio, lo cual hace una semilla importante en la prevención de la osteoporosis en todas las etapas de la vida.

Es una semilla rica en zinc, mineral antioxidante; oligoelementos como el cobre y el manganeso. La semilla es también una fuente abundante de hierro, fósforo, zinc y potasio (Barrera, 2015). Los niveles de hierro son elevados y representan una cantidad inusual para una semilla que, comparada con otros productos tradicionales conocidos como fuentes ricas en hierro presenta, por cada 100 gramos de porción comestible, 6, 1.8 y 24 veces más cantidad de hierro que la espinaca, las lentejas y el hígado vacuno respectivamente (Lugo, 2013).

1.3.4.5. **Fibra:** Contiene 38 g por cada 100 de alimento, siendo relevante la cantidad de fibra soluble contenida en las semillas. El mucílago de la testa de la semilla es un polisacárido útil como fibra soluble y dietética (Hernández *et al.*, 2008), este posee una extraordinaria capacidad retención de agua. Ello explica que cuando la chía se mezcla con el agua incrementa su peso casi al cuádruple, formando un gel con agua. Su alto contenido en fibra (33.6 %), permite aumentar el volumen del bolo fecal que transita por el tubo digestivo, lo que se debe principalmente a su capacidad para absorber agua. En consecuencia, las heces se vuelven más voluminosas y suaves, debido a la mayor hidratación. Además, el aumento del tamaño del bolo fecal estimula el tránsito intestinal, regula los movimientos intestinales, evitando el estreñimiento, la diverticulosis (enfermedad cólica más frecuente en Occidente que corresponde a la presencia de divertículos dentro del colon) y el cáncer de colon.

#### 1.3.5. Otros usos generales de la semilla de chía

Hasta la fecha la chía se ha agregado a las dietas en forma de semilla entera. Sin embargo, la chía molida puede mejorar la absorción de los ácidos omega-3. La chía molida no ha demostrado deterioro exudativo significativo durante extensos periodos de almacenamiento. Por lo tanto, al moler la semilla de chía podría mejorar la disposición de omega-3 y no se incurriría en costos adicionales de almacenamiento (Ayerza & Coates, 2006). La semilla de la chía es desmenuzada y triturada para su consumo a si mejora sustancialmente el aprovechamiento de todos sus componentes por parte del organismo, hecho que no se logra con el consumo de la semilla entera, más aun considerando que es de un tamaño pequeño y esto dificulta su masticación.

Las semillas remojadas en agua liberan el mucílago, produciendo un líquido gelatinoso, en México se usa para dar sabor con jugos vegetales o esencias, y se le consume como bebida refrescante. Las semillas también pueden secarse y molerse para preparar una harina fina y de sabor intenso, llamada pinole, que se consume principalmente como dulce (Castañeda, 2009).

Estas propiedades de la chía generan una plusvalía para la semilla y el incremento de su valor en el mercado. Mora (2012) resaltó que esta oleaginosa contiene altos niveles de proteínas y nutrientes, lo que permite una buena nutrición y además “es un cultivo que se puede incorporar al sistema de alimentación de México, dentro de la Cruzada Nacional Contra el Hambre para que se consuma y mejoraremos nuestra nutrición además de exportarlo”. Cuando las semillas de chía se hidratan, se forma una solución altamente viscosa. Algunos investigadores creen que este mismo fenómeno de formación de gel se puede producir en el interior del estómago cuando los alimentos que contengan estas fibras de goma o mucílago se consumen. El gel crea una barrera física entre los carbohidratos y las enzimas digestivas que los disuelven, lo que disminuye la conversión de carbohidratos en azúcares, mientras que el aumento de volumen da la sensación de saciedad (Fuentes, 2012). Actualmente, su semilla entera se usa en la preparación de una bebida nutritiva y refrescante; con el aceite extraído de sus cotiledones se elaboran lacas artesanales (Hernández *et al.*, 2008). El valor alimenticio y para la salud humana de los frutos de chía hoy es reconocido (Quiroga *et al.*, 2014).

#### **1.4. Problemas actuales de alimentación en México**

Cambios en los hábitos alimenticios, el consumo de la llamada comida rápida, alimentos ricos en grasa, azúcares y sal, porciones abundantes de alimento, aunado al estrés, el sedentarismo urbano, el mal uso y abuso de productos light y el concepto de que los alimentos saludables son caros, aburridos y de mal sabor han provocado en México un serio problema de salud pública, con una alta incidencia de enfermedades crónico-degenerativas, como la diabetes, el cáncer y padecimientos cardiovasculares, además altos índices de sobrepeso y obesidad (Cárdenas, 2012).

A pesar de los enormes avances que en general ha experimentado México en los últimos años, la desnutrición -por un lado- y la obesidad infantil -por otro-, siguen siendo un problema a solucionar en el país (Shamah *et al.*, 2015). La desnutrición, que afecta de un modo significativo a la región sur, y la obesidad, que lo hace en el norte, se extienden a lo largo de todo el territorio mexicano, poniendo de manifiesto la necesidad de aumentar los esfuerzos en promover una dieta saludable y equilibrada en todos los grupos de edad, con especial hincapié en niños, niñas y adolescentes.

#### 1.4.1. Desnutrición

La desnutrición a largo plazo tiene efectos negativos sobre el desarrollo cognoscitivo y motor, la inmunidad y tal vez la incidencia de enfermedades crónicas degenerativas.

En el ámbito internacional se ha estimado que 178 millones de niños menores de cinco años en el mundo sufren de desnutrición crónica (baja talla para la edad), la cual es responsable del 35% (3.5 millones) de muertes en este grupo de edad. En México, 1.5 millones de niños la padecen y es más prevalente en la región sur (19.2 %) así como en las zonas con población indígena. A pesar de que en los últimos 20 años en México se ha observado una disminución en los diferentes tipos de desnutrición infantil, la prevalencia de baja talla continúa siendo un grave problema de salud pública en menores de cinco años de edad.

La desnutrición infantil tiene orígenes complejos que involucran determinantes biológicos, socioeconómicos y culturales. La desnutrición eleva la mortalidad y morbilidad materna e infantil. Sus causas inmediatas incluyen la alimentación inadecuada en cantidad o calidad, la incidencia de enfermedades infecciosas y el cuidado impropio del niño, del cual depende su adecuada alimentación y salud. Éstas son, a su vez, el resultado de una inapropiada disponibilidad de alimentos, de servicios de salud, de educación, así como de una infraestructura sanitaria deficiente (causas subyacentes).

#### 1.4.2. Sobrepeso y obesidad

La otra cara de los problemas de nutrición lo conforma la obesidad infantil, que ha ido creciendo de forma alarmante en los últimos años. Actualmente, México ocupa el primer lugar mundial en obesidad en niños y adolescentes y en obesidad en adultos (Juárez, 2016) precedido sólo por los Estados Unidos (Shamah *et al.*, 2015).

Datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición indican que uno de cada tres adolescentes de entre 12 y 19 años presenta sobrepeso u obesidad. La principal causa a la que se apunta son los malos hábitos en la alimentación, que acaban desembocando en una prevalencia del sobrepeso de un 70% en la edad adulta. A largo plazo, la obesidad favorece la aparición de enfermedades tales como diabetes, infartos, altos niveles de colesterol o insuficiencia renal, entre otros. Actualmente, la diabetes es el mayor problema al que se enfrenta el sistema nacional de salud: es la principal causa de muerte en adultos, la primera causa de demanda de atención médica y la enfermedad que consume el mayor porcentaje de gastos en las instituciones públicas (Shamah *et al.*, 2015).

La experiencia demuestra que una correcta alimentación previene los problemas de sobrepeso y obesidad (UNICEF, 2015). Una alimentación y nutrición adecuada son la base para la supervivencia, la salud y el crecimiento del ser humano. Por su parte, el sobrepeso y la obesidad son uno de los problemas de mayor peso en la carga de enfermedad en el mundo y se han considerado como el quinto factor de riesgo en las causas de muerte. Asimismo, se han asociado a 2,8 millones de las muertes anuales en adultos. Como puede observarse, el sobrepeso y la obesidad son un problema prevalente a escala mundial.

Por todo lo anterior hoy en día es necesario retomar el consumo de granos como una buena opción e incluirla en los alimentos o en la dieta diaria. La pasta, por ejemplo, es un alimento consumido en todas las clases sociales por su sabor, su bajo costo y la diversidad de platillos que se pueden preparar con ella, es por eso que en este proyecto se planteó evaluar diferentes formulaciones para elaborar una pasta aumentando su valor nutricional con chía y así poder contribuir a la disminución de problemas que se sufren actualmente como es la desnutrición y obesidad ya que la chía ha demostrado tener una muy buena calidad nutrimental.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo general

Desarrollar una formulación para elaborar una pasta tipo Fettuccine con sémola y chía blanca con buena calidad culinaria y mayor calidad nutrimental con respecto a una pasta de trigo.

#### 2.1.1. Objetivos particulares

Objetivo particular 1: Determinar la composición química de sémola de trigo y sólidos granulares de chía blanca mediante un análisis químico proximal para establecer su calidad nutrimental.

Objetivo particular 2: Evaluar las pastas elaboradas con diferentes formulaciones de sémola y chía blanca por medio de pruebas calidad culinaria (tiempo de cocción, porcentaje de sedimentación y grado de absorción) y sensorial (prueba de preferencia) para seleccionar la mejor.

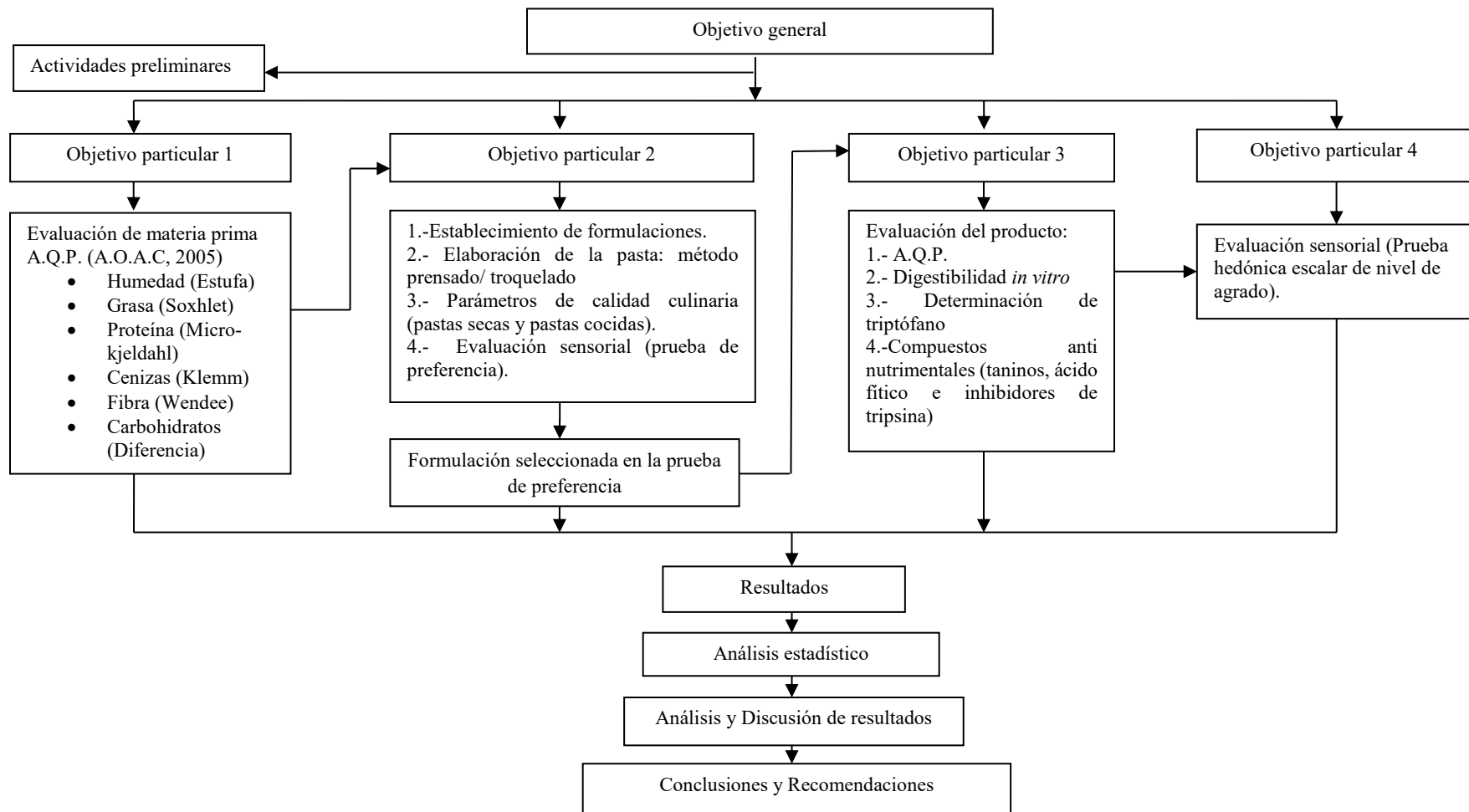
Objetivo particular 3: Determinar la calidad nutrimental de la pasta seleccionada previamente mediante su análisis químico proximal, digestibilidad *in vitro*, determinación de triptófano y compuestos anti nutrimental (taninos, ácido fítico e inhibidores de tripsina) para saber si es mejor que una pasta de trigo.

Objetivo particular 4. Evaluar la pasta seleccionada mediante una prueba sensorial (nivel de agrado) para que se conozca el grado de aceptación por parte del consumidor.



# 3. Materiales y métodos

## 3.1. Cuadro metodológico



### 3.2. Actividades preliminares

#### 3.2.1. Material biológico

Como se muestra a continuación se utilizó chía blanca especie (*Salvia hispanica L.*) (Figura 8), obtenida en el Estado de Puebla. También se utilizó sémola del grupo TRIMEX y gluten de trigo marca Fabpsa (Figura 9).



Figura 8. Semilla chía blanca (*Salvia hispanica L.*) del Estado de Puebla

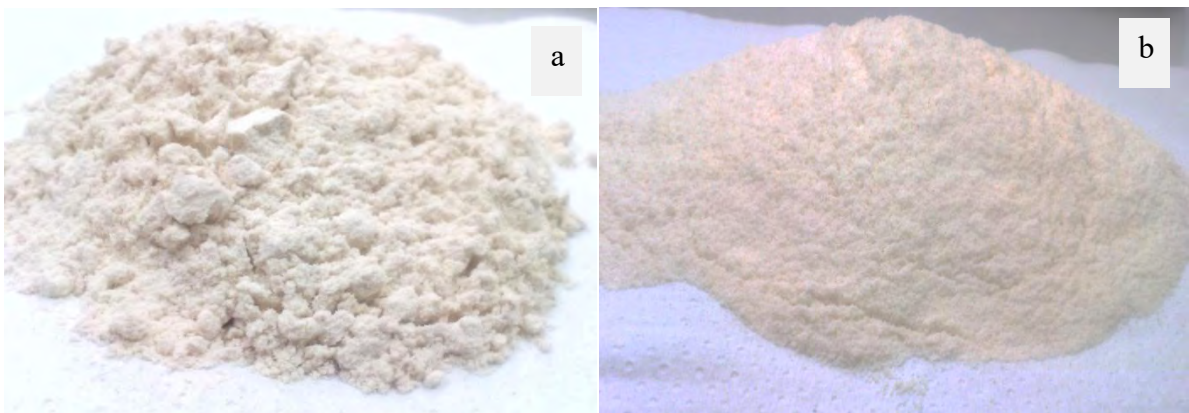


Figura 9. Gluten marca Fabpsa (a) y sémola del grupo TRIMEX (b)

### 3.2.2. Preparación de la muestra

- Materia Prima

La semilla de chía blanca fue sometida a una operación unitaria de molienda en un molino de café marca Krups y posteriormente tamizada con un tamiz malla # 40 USA serie Tyler como se muestra en la Figura 10. Se utilizó esta malla porque se buscaba tener una granulometría más homogénea, además que en otra malla de mayor número no permitía el paso de los sólidos granulares.



Figura 10. Molienda de la semilla de chía, sólidos granulares de semilla de chía (a) y sémola (b)

### 3.3. Análisis Químico Proximal de la materia prima

Se realizó un Análisis Químico Proximal a las materias primas, sémola y sólidos granulares de chía, a las cuales se les aplicaron las siguientes pruebas:

### 3.3.1. Determinación de humedad

Técnica: Secado por estufa (925.09, AOAC)

Fundamento: Se determinó el contenido de humedad por el método de secado por estufa; el cual se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua. El resultado se expresó como porcentaje de humedad (A.O.A.C, 2005).

$$\% H = \left[ \frac{W_2 - W_3}{W_1} \right] \times 100$$

Dónde:

$W_1$  = Peso de la muestra (g)

$W_2$  = Peso de la muestra húmeda (g)

$W_3$  = Peso de la muestra seca (g)

### 3.3.2. Determinación de extracto etéreo

Técnica: Método de Soxhlet (920.39, AOAC)

Fundamento: El contenido de grasa se determinó por el método de Soxhlet; el cual consiste en una extracción continua con un disolvente orgánico, el disolvente se calienta, se volatiliza y condensa goteando sobre la muestra la cual queda sumergida en el disolvente. El contenido de grasa se cuantifica por diferencia de peso. El resultado se expresó como porcentaje de grasa extraíble (A.O.A.C, 2005).

$$\% \text{ Grasa extraíble} = \left[ \frac{W_2 - W_3}{W_1} \right] \times 100$$

Dónde:

W1= Peso de la muestra (g) antes de la desecación

W2= Peso del matraz sin grasa (g)

W3= Peso del matraz con grasa (g)

### 3.3.3. Determinación de proteína

Técnica: Método de Micro-kjeldahl (954.01, AOAC)

Fundamento: El método Kjeldahl es la técnica para la determinación de nitrógeno orgánico.

Este método se basa en la combustión húmeda de la muestra calentada con ácido sulfúrico concentrado en presencia de un catalizador metálico donde se transforman las sustancias nitrogenadas en sulfato de amonio valorable con desprendimiento de CO<sub>2</sub> y formación de agua (digestión), la muestra obtenida es colocada en un destilador con la finalidad de obtener el NH<sub>3</sub> libre a partir de NH<sub>4</sub>SO<sub>4</sub> agregando NaOH + Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y recibiendo el destilado en un volumen de HBO<sub>3</sub> (destilación) y quedando atrapado el NH<sub>3</sub> para finalmente titularlo. El amoniaco destilado se recibe en ácido sulfúrico donde se forma sulfato de amonio y el exceso de ácido es valorado con NaOH. (A.O.A.C, 1984 y Ronald,1996).

$$\text{Nitrògeno total} = \frac{(V_2 - V_1) * N * 0.014}{W} * 100$$

$$\% \text{ Proteina} = (\% \text{ Nitrogeno total})(F)$$

Dónde:

V<sub>1</sub>= Volumen de NaOH gastado en la muestra (ml)

V<sub>2</sub>= Volumen de NaOH gastado para la prueba en blanco (ml)

N= Normalidad del NaOH

W= Peso de la muestra (g)

F= Factor de conversión de nitrógeno a proteína (Sémola 5.7, Chía 6.25)

### 3.3.4. Determinación de fibra cruda

Técnica: Método de Wendee (989.03, AOAC)

Fundamento: Se establece que la fibra cruda es la pérdida de masa que corresponde a la incineración del residuo orgánico que queda después de la digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en condiciones específicas. El resultado se expresa como % de fibra cruda (A.O.A.C, 2005).

$$\% \text{ Fibra cruda} = [(W_2 - W_1) - (W_4 - W_3)/W_5] \times 100$$

Dónde:

$W_1$  = Peso del papel filtro (g)

$W_2$  = Peso del papel filtro con residuos secos (fibra) (g)

$W_3$  = Peso del crisol vacío (g)

$W_4$  = Peso del crisol después de la incineración (cenizas) (g)

$W_5$  = Peso de la muestra (g)

### 3.3.5. Determinación de cenizas (923.03, AOAC)

Técnica: Método de Klemm (Cenizas totales)

Fundamento: Se basa en la descomposición de la materia orgánica quedando solo materia inorgánica en la muestra. En este método toda la materia orgánica se oxida en ausencia de flama a una temperatura que fluctúa entre 550-600°C; el material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza. El residuo de incineración se calcula por diferencia de peso.

$$\% \text{ Cenizas totales} = [(W_3 - W_2)/W_1] \times 100$$

Dónde:

$W_1$  = Peso de la muestra (g)

$W_2$  = Peso del crisol sin muestra (g)

$W_3$  = Peso del crisol con las cenizas (g)

### 3.3.6. Determinación de carbohidratos

El contenido de carbohidratos se determinó por diferencia

## 3.4. Elaboración de la pasta

En la Tabla 4 se muestran las formulaciones propuestas:

Tabla 4. Formulaciones propuestas para elaboración de pasta tipo Fettuccine.

Ingrediente	Formulaciones			
	Control	70:20:10	60:30:10	50:40:10
Sémola (%)	100	70	60	50
Sólidos granulares de chía blanca (%)	0	20	30	40
Agua (ml)	45	45	45	45
Gluten (%)	0	10	10	10

Se decidió partir desde una sustitución del 20 % de chía ya que por experiencia en trabajos realizados en el laboratorio una sustitución de menor porcentaje no cambia significativamente el valor nutrimental de los productos, así también se ha observado que a partir de 20% aumentando el 10 % consecutivo existe una diferencia, cosa que no se logra si se sustituyera en un intervalo menor. La formulación llamada como control está hecha solo con sémola y agua pues así es como está hecha una pasta tradicional, aunque las industrias le han agregado vitaminas o huevo para aumentar su valor nutrimental.

En la Figura 11 se muestra el proceso de elaboración de la pasta el cual por realizado por el método de prensado y troquelado:



Figura 11. Elaboración de la pasta

Método de prensado y troquelado: Para todas las formulaciones se siguió el siguiente procedimiento que se ilustra en la Figura 11: Se mezclaron todos los ingredientes secos (sólidos granulares de chíá blanca y sémola) (a) con los porcentajes marcados en la Tabla 4, se le adiciono agua a 45°C y se amaso (b) una vez que la masa estuvo homogénea se dejó reposar por 10 minutos se cortó y se pesó, posteriormente se laminó utilizando una máquina para pasta modelo Atlas Modelo 150 mm con 9 diferentes niveles de abertura de rodillos usando niveles 1,4 y 6 (c) y se dejó reposar otros 10 minutos (d). Después se realizó el troquelado para formar la pasta larga tipo Fettuccine (e) y se finalizó con un secado en una estufa a 55 °C por 4 horas (f). Pasando las 4 horas se pesó, empaco y etiqueto (g).



En la Figura 12 se muestra el diagrama de proceso de la elaboración de la pasta:

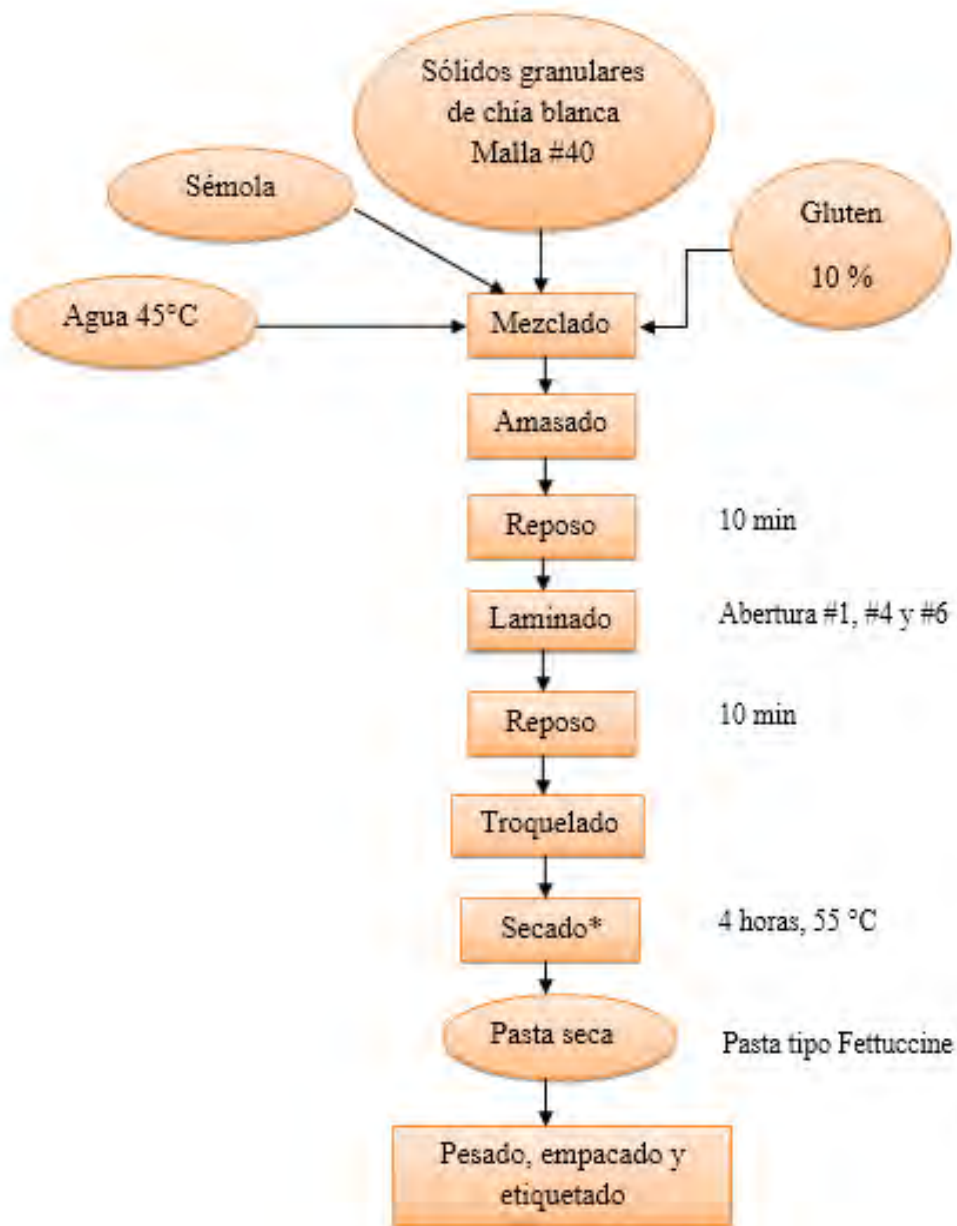


Figura 12. Diagrama del proceso de elaboración de pasta con sólidos granulares de chía blanca

Fuente: Cabrera, 2007

\*Puntos críticos

### 3.5. Descripción del diagrama de proceso

#### 3.5.1. Mezclado y amasado

El proceso de producción de pasta inicia a partir de que la sémola se mezcla con agua. El amasado asegura la mezcla de los componentes, para formar una pasta llamada masa, hasta que tengan las mejores propiedades reológicas. La intensidad, la duración de la operación, así como el tipo de amasadora, determinara en parte la calidad de la masa. Con ello se entremezclan e interaccionan la sémola, el agua desencadenándose micro procesos de naturaleza física, química, bioquímica, microbiológica y químico-coloidal, necesarios para el proceso de formación de masa. Durante el amasado la sémola absorbe agua (la cantidad de agua absorbida depende de la granulometría y contenido de proteínas, la humedad inicial de la sémola, la humedad relativa del ambiente y la consistencia de la masa). Las proteínas (gliadina, glutenina) se combinan entre sí, desarrollándose la red de gluten y el almidón absorbe agua, hinchándose. El amasado tiene como objeto la formación del gluten y depende del manejo de las siguientes variables:

Temperatura del agua de amasado: afecta directamente el tiempo de amasado. A mayor temperatura, la hidratación de las partículas se favorece con un menor tiempo de formación de gluten. La temperatura del agua no debe ser mayor de 45 °C de lo contrario se podría favorecer una reacción de gelatinización que tendría como resultado la fabricación de una pasta de mala calidad.

Velocidad y tiempo de amasado: durante este tiempo, el amasado deberá alcanzar la formación completa del gluten con un 30 % de humedad y sin alcanzar reacciones de gelatinización. Si el tiempo sobrepasa, se originará un excesivo desarrollo del gluten que ocasionará un mezclado chicloso de difícil manejo, llegando inclusive al rompimiento del mismo. Igualmente afecta un mezclado débil, es decir, cuando el tiempo óptimo de formación del gluten no llega a su fin, produciendo un amasado sin un buen desarrollo del gluten provocando una pasta débil que sufrirá alteraciones durante el proceso de secado.

### 3.5.2. Reposo

El reposo corresponde a un periodo de descanso después de la formación de la masa y asegura una recuperación de la flexibilidad necesaria para un buen manejo de la masa. El reposo se efectúa a bajas temperaturas. En este caso fue a temperatura ambiente no mayor a 25 °C.

### 3.5.3. Laminado y moldeado

El principal objetivo de esta operación es dar forma concreta y definitiva a la pasta. Se desarrolla en dos etapas:

- a) **Laminado:** para producir una estructura uniforme, la masa se lamina haciendo pasar la bola entre dos rodillos lisos que, girando en sentido opuesto, aplastan la masa en forma de lámina. Para evitarse el desgarro de la pieza los rodillos tienen nueve diferentes niveles de abertura que deben abrirse o cerrarse, dependiendo del tamaño o volumen de la pieza.
  
- b) **Troquelado:** Consiste en cortar la lámina en fragmentos y se procede a pasar cada uno por los rodillos acanalados (o moldes). Sirve para dar forma a la pieza de pasta, así como para mejorar la estructura de la masa de trigo, en la cual la estructura espacial del gluten es orientada y tensada en un determinado sentido, reduciéndose el tamaño de las grandes burbujas de gas obtenida en la masa formándose muchas otras pequeñas. Existe una gran variedad de pastas, de diferentes formas y tamaños y para su elaboración se cuenta con un gran número de moldes. En este proyecto fue un molde para elaborar una pasta larga tipo Fettuccine.

### 3.5.4. Secado

El secado del producto progresa de la superficie hasta el centro, se lleva a cabo después de la operación de moldeado y consiste en desecar rápidamente la superficie de la pasta, lo que causa un endurecimiento superficial, evitándose la pérdida de forma. Además, le confiere cierta

resistencia y disminuye el peligro de contaminación microbiana. Generalmente, elimina un 40 % de la humedad total de la pieza. Posteriormente a un periodo (2-4 horas, aproximadamente) que consiste en mantener al producto bajo una atmosfera húmeda.

### 3.5.5. Pesado, empacado y etiquetado

Una vez obtenida la pasta seca tipo Fettuccine se pesó en una balanza analítica después se empaco en una bolsa sellada herméticamente y se etiqueto con el nombre de la formulación propuesta para poder diferenciarlas.

## 3.6. Evaluación de Parámetros de calidad culinaria de la pasta

La evaluación de parámetros de calidad culinaria se llevó a cabo según Cabrera (2007):

**Tiempo óptimo de cocción.** Definido como el tiempo necesario para obtener un producto al dente, definiéndose este como el momento en el cual el almidón esta gelatinizado (Vasiliu & Navas, 2009). Se pesaron 25 g de pasta seca y se introdujeron en 150 mL de agua en ebullición, cada 3 minutos se tomaban pedazos de la pasta y se colocaban entre dos placas de vidrio y se presionaban, esto se realizó hasta que en la pasta presionada no se observaban núcleos blancos y solo se tenía una apariencia homogénea.

**Porcentaje de sedimentación.** Se midió con el agua resultante de la cocción durante el tiempo óptimo de cocción establecido anteriormente. Se colocaron 100 mL en una probeta y se dejó reposar durante 2 horas y se leyó el porcentaje de sedimentación que es equivalente a los mililitros que abarca el sedimento en la probeta.

**Índice de tolerancia al cocimiento.** Se pesó 25 g de pasta y se agregaron en 500 mL de agua en ebullición, la pasta se dejó cocer por el tiempo de cocción establecido y se continuó la cocción de la pasta hasta que se observó al menos tres fragmentos de pasta quebrada y se registró el tiempo ( $t_2$ ). El índice se calculó como se indica a continuación:

$$\text{Índice de tolerancia al cocimiento (min)} = t_2 - t_1$$

Donde:

$t_1$  = tiempo de cocción

$t_2$  = tiempo de desintegración de la pasta

**Grado de absorción de agua.** Para evaluar el grado de absorción de la pasta se prepararon muestras de 25 g de cada formulación (Pps) en 500 mL de agua en ebullición y se mantuvo así hasta el término del tiempo de cocción. Una vez cocidas se colocaron en un embudo Buhner durante 10 minutos y después se pesó la muestra (Ppc).

$$\text{Grado de absorcion \%} = \frac{Ppc - Pps}{Pps} \times 100$$

**Incremento de volumen.** Se cuantificó pesando 25 g de pasta seca o cruda, colocándola en una probeta con 150 mL de agua ( $V_{1ps}$ ) y se registró el volumen alcanzado por el desplazamiento de la pasta ( $V_{2ps}$ ). Se calculó el volumen de la pasta seca de la siguiente manera:

$$V_{ps} \text{ (mL)} = (V_{2ps}) - (V_{1ps})$$

Para determinar el volumen de la pasta cocida, es necesario cocer la pasta bajo condiciones establecidas en el tiempo de cocción, una vez cocida la pasta se colocó en un embudo Buchnery se dejó reposar por 12 minutos después se colocó en una probeta con 150 mL de agua ( $V_{1pc}$ ) y se registró el volumen alcanzado por el desplazamiento del agua ( $V_{2pc}$ ). Se calculó el volumen de la pasta cocida de la siguiente manera:

$$V_{pc} \text{ (mL)} = (V_{2pc}) - (V_{1pc})$$

Se calculó el incremento de volumen con la siguiente fórmula:

$$\text{Incremento de volumen (\%)} = \frac{V_{pc} - V_{ps}}{V_{ps}} \times 100$$

### **3.7. Evaluación sensorial de preferencia por ordenamiento**

Se realizó una prueba sensorial afectiva de preferencia por ordenamiento la cual se realizó con personas no entrenadas, las que constituyen los denominados jueces afectivos (individuo que no puede ser seleccionado ni adiestrado, son consumidores escogidos al azar representativo de la población a la cual se estima va dirigido el producto que se evalúa). El objetivo que se persigue al aplicar una prueba de evaluación sensorial con este tipo de juez es conocer la preferencia que estas personas tienen con relación a varios productos evaluados (Espinosa, 2007). La prueba la realizaron 100 jueces (estudiantes y docentes) de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. El cuestionario realizado se muestra en el Anexo 1.

### **3.8. Análisis realizados a la pasta seleccionada en la prueba de preferencia, sólidos granulares de chía y pasta control**

#### 3.8.1. Factores nutrimentales

##### *3.8.1.1. Determinación de Triptófano*

#### **Fundamento:**

La técnica se basa en una hidrólisis enzimática para liberar el triptófano del enlace peptídico. Este aminoácido se cuantifica en proteínas puras o péptidos, mediante técnicas colorimétricas en el cual se desarrollará color  $\rho$ -dimetilaminobenzaldehído (DMAB) y nitrito de sodio como contraste. La lectura se realiza mediante espectrofotometría a  $\lambda = 590\text{nm}$  (Rama *et al.*, 1974).

#### Reactivos:

- Amortiguador de fosfatos pH 8
- Pepsina 0.3%
- Pancreatina 0.4%
- DMAB al 0.5%
- Nitrito de sodio al 0.2% y Solución estándar de triptófano al 0.5 mg/mL.

## Preparación

1. Pesar 1 g de muestra.
2. Agregar 10 mL de pepsina; incubar a temperatura ambiente.
3. Adicionarle 10 mL de NaOH 0.1N y 10 mL de pancreatina, incubar por 24 horas.
4. Aforar a 50 mL con agua destilada y filtrar.
5. Tomar 2 mL y adicionarle 3.75 ml de HCl concentrado y 3.75 ml de DMAB, así como 0.5 ml de NaNO<sub>2</sub> y reposar 15 min.
6. Leer a  $\lambda=590$  nm.

### 3.8.1.2. Digestibilidad “*in vitro*”

La digestibilidad *in vitro* se lleva a cabo utilizando un sistema multienzimático para determinar la digestibilidad de proteínas. El sistema multienzimático está compuesto por tripsina, quimotripsina, peptidasa y proteasa. Se encontró que el pH de una proteína en suspensión inmediatamente después de los 20 minutos de digestión con la solución multienzimática tiene una gran correlación con la digestibilidad *in vitro* de ratas (Hsu *et al.*, 1974). El coeficiente de correlación entre el pH a los 20 minutos y la digestibilidad aparente *in vitro* es de 0.90, con un margen de error estimado de 2.23, la ecuación de la regresión obtenida experimentalmente es:

$$\%D = 234.84 - 22.56 (x)$$

Donde:

X= es el pH de la suspensión de proteína registrado inmediatamente después de los 20 minutos de la digestión con la solución multienzimática.

### 3.8.2. Factores anti nutrimentales

#### 3.8.2.1. Determinación de ácido fítico

##### **Fundamento:**

El extracto de una muestra se calienta con una solución de ácido férrico para conocer el contenido de hierro. La disminución del hierro (determinada colorimétricamente con 2,2-bipiridina) en el sobrenadante es la medida del contenido de ácido fítico (Haug & Lantzsch, 1983).

1. Pesar 0.1 g de muestra y adicionar 20 mL de HCl 0.2 N, agitar durante 20 minutos, centrifugar durante 15 minutos.
  2. Tomar 0.5 mL del extracto y colocarlo en un tubo de ensaye.
  3. Adicionar 1 mL de sulfato férrico de amonio 0.2 %.
  4. Tapar el tubo y calentarlo a  $95 \pm 2$  °C durante 30 minutos.
  5. Enfriar los tubos de ensaye.
  6. Una vez que se encuentran a temperatura ambiente adicionar 2 mL de 2,2-Bipiridina a cada tubo y agitar.
  7. A los 30 segundos exactamente de adicionar la 2,2-Bipiridina, leer la absorbancia a 519 nm.
  8. Realizar los cálculos correspondientes
- Graficar  $\mu\text{g}$  de P del ácido fítico/mL Vs. Absorbancia corregida, realizar la regresión lineal y obtener la ecuación de la recta ( $y=mx + b$ ).

- Determinar el porcentaje de ácido fítico:

$\frac{P \cdot 100\%}{\text{Muestra} / \text{mL HCl}}$

$$\text{Donde: } P = \frac{(x \cdot E)}{T}$$

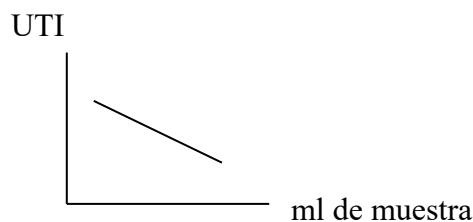


### 3.8.2.2. Inhibidores de Tripsina

#### Fundamento:

La técnica se basa en poner en contacto el extracto acuoso o diluido de una muestra con una solución estándar de tripsina. Posteriormente se determina la actividad proteolítica remanente utilizando un sustrato sintético (benzoil-arginina-p-nitroanilide) (BAPNA), el cual producirá coloración, que es inversamente proporcional al contenido de inhibidores de tripsina y que se lee en el espectrofotómetro a una  $\lambda = 410$  nm (Kakade *et al.*, 1974).

1. A 1 g de muestra adicionarle NaOH 0.01N; se ajusta el pH a 9.6, agitar por un tiempo de 2 h con 30 min a 300 rpm. Después se deja en reposo por 30 min y centrifugar.
2. Se toman porciones de 0, 0.6, 1, 1.4, y 1.8 mL del extracto anterior ajustando el volumen a 2.0 mL con agua destilada.
3. Adicionar 2 mL de solución estándar de tripsina y agitar. Se mantiene en contacto inhibidor de tripsina-tripsina por 10 min en un baño de 37 °C.
4. Adicionar 5mL de solución BAPNA cada 30 segundos a los cinco tubos. Se mantiene dicha mezcla de reacción por 10 minutos exactamente.
5. Adicionar 1mL de ácido Acético al 30%, para detener la reacción.
6. La lectura en el espectro se realiza a  $\lambda$  410 nm.
7. Se grafican (x) los mL de extracto vs (y)UTI/mL para calcular la regresión lineal.



8. La r debe ser mayor a 0.9 y si es así, se sustituye el valor de la ordenada al origen (b) en la siguiente ecuación.

$$B \times Factor \times \frac{vol.aforomuestra}{mgdemuestra} = \frac{UTI}{mgdemuestra}$$

B= Ordenada al origen ; Factor= Factor de dilución

### 3.8.2.3. *Determinación de taninos*

#### **Fundamento:**

Se basa en la extracción de los taninos hidrolizables y condensados (fenoles totales) mediante dimetilformamida al 75% y la posterior reducción del ión férrico debido a los iones polifenoles con la subsiguiente formación de un complejo colorido en condiciones alcalinas, cuantificado espectrofotométricamente a 525 nm (ISO 9648, 1988).

#### Preparación de la muestra

1. Pesar 1 g de muestra.
2. Adicionar DMF al 75 %.
3. Agitar durante 1 hora, y dejar reposar durante 15 minutos.
4. Centrifugar a 5000 rpm durante 20 minutos.
5. Tomar 1mL de muestra del sobrenadante, ajustar el volumen a 6 mL con agua destilada, 1 mL de citrato férrico (17-20%), 1 mL de amoníaco.
6. Leer la absorbancia a 525nm y realizar los cálculos correspondientes.

### **3.9. Evaluación sensorial con prueba hedónica**

Se realizó una prueba hedónica afectiva con el propósito de conocer el nivel de agrado o desagrado del producto (Espinosa, 2007). La apreciación global de la pasta fue evaluada usando una escala hedónica no estructurada de 10 cm, con anclajes extremos de “me disgusta mucho” y “me agrada mucho”. Para analizar los datos obtenidos mediante esta prueba, de la aceptación del producto se calculó la media aritmética de la respuesta de los jueces. Esta prueba se realizó con 100 jueces afectivos (individuo que no puede ser seleccionado ni adiestrado, son consumidores escogidos al azar representativo de la población a la cual se estima va dirigido el producto que se evalúa) de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. La pasta fue cocinada con sal y mantequilla. El cuestionario realizado se puede ver en el Anexo 2.

### **3.10. Análisis estadístico**

Las pruebas se realizaron por triplicado; calculando su media, desviación estándar y coeficiente de variación. Para las pruebas sensoriales se determinó la frecuencia de votos asignados y se analizaron las medias con la prueba de rango múltiple t-student con un nivel de significación de 0.05 utilizando el programa estadístico Origin V. 4.

## 4. Resultados y discusión

### 4.1. Determinación de A.Q.P.

Los resultados del análisis químico de las materias primas se muestran en la Tabla 5. La composición de la sémola tiene un porcentaje menor de proteína, grasa, fibra y cenizas que la chía, pues tiene aproximadamente el 45 % de la proteína, el 6 % de grasa, el 8 % de fibra y el 22 % de las cenizas de esta semilla. Esto es importante porque indica que la chía puede mejorar la calidad nutrimental de la sémola, pero no solo por la mayor cantidad de los componentes químicos mencionados anteriormente, sino porque se ha reportado que las proteínas de chía tienen una buena composición de aminoácidos esenciales y entre ellos la lisina, aminoácido deficitario en todos los cereales incluido el trigo; además la gran cantidad de grasas que contienen la constituyen ácidos grasos omega 3 como el alfa-linolénico y linoleícos los cuales son considerados como esenciales; también su contenido de fibra soluble y dietética tiene grandes beneficios digestivos para quien la consume (Lugo, 2013). Con base en estos resultados se puede decir que juntas la sémola y la chía podrían mejorar la composición química de la pasta elaborada con ellas.

Tabla 5. Análisis Químico Proximal de sémola y sólidos granulares de chía blanca utilizadas para la elaboración de pasta.

<b>Análisis Químico Proximal</b>	<b>Sémola</b>	<b>Chía blanca</b>
<b>Humedad</b>	13.5±0.17	5.6±0.1
<b>Proteína</b>	8.13±0.01	18.0±0.48
<b>Grasa</b>	1.42±0.04	23.51±2.56
<b>Cenizas</b>	0.8±0.01	3.63±0.04
<b>Fibra</b>	2.65±0.20	31.65±0.56
<b>Carbohidratos</b>	73.5	17.61

Por otra parte, los resultados obtenidos en esta investigación los porcentajes de proteína, grasa y fibra de la chía están por debajo de los valores reportados en las etiquetas de semillas de chía blanca comercial de marcas Benexia y Potenza (Tabla 3) pero están dentro del intervalo de los resultados que reportan para proteínas, grasa, fibra y cenizas de otros trabajos de investigación sobre la semilla de chía (Cooper, 2006; Reyes, 2006). Estas diferencias pueden ser explicadas porque no se trabajó con diferentes variedades de semillas y se sabe que la composición de las semillas puede ser influenciada por la variedad y sus condiciones de siembra, desarrollo y cosecha (Hernández& Miranda, 2008).

#### 4.2. Elaboración de pastas tipo Fettuccine con sólidos granulares de chía blanca

Se elaboraron las pastas con las formulaciones propuestas en la Tabla 4. La formulación control está compuesta por sémola y agua, igual que la mayoría de las pastas comerciales. Con todas las formulaciones se pudo elaborar pasta como se muestra en la Figura 13.



Figura 13. a) Pasta control, b) formulación 70:20:10 c) formulación 60:30:10 d) formulación 50:40:10

En la Figura 13a se muestra la pasta control, se puede ver que su color es amarillo brillante característico de las pastas, mientras que las pastas elaboradas con chía presentan una coloración café oscuro (Figura 13 b, c y d), pero en cuanto a la textura no muestran diferencias importantes pues se parecen mucho a la pasta control.

### 4.3. Evaluación de los parámetros de calidad de la pasta

Una vez obtenidas las diferentes pastas, se determinó cual de ella presento la mejor calidad en base a su calidad culinaria y sensorial. Los resultados se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados de la calidad culinaria de la pasta.

Formulación	Calidad culinaria de la pasta		
	Tiempo de cocción	Porcentaje de sedimentación	Tolerancia al cocimiento
<b>Control</b>	10± 0 <sup>a*</sup>	11 ± 1 <sup>a</sup>	20± 0 <sup>a</sup>
<b>70:20:10</b>	8.16 ± 0.235 <sup>b</sup>	8 ± 0 <sup>b</sup>	13 ± 0 <sup>b</sup>
<b>60:30:10</b>	7±0 <sup>b</sup>	8 ± 0 <sup>b</sup>	12 ± 0 <sup>c</sup>
<b>50:40:10</b>	3 ± 0 <sup>c</sup>	8± 0 <sup>b</sup>	10± 0 <sup>c</sup>

\*Diferentes letras indican diferencia estadísticamente significativa  $P \leq 0.05$

#### 4.3.1. Tiempo de cocción

El cocimiento de la pasta de chía se muestra en la Figura 14, como se puede observar la determinación del tiempo de cocción para la pasta control (Figura 14b) y para la pasta con chía (Figura 14c), en ambas se nota la uniformidad de la pasta lo cual es un indicativo de la gelatinización del almidón que indica su cocción. Como se ve en la Tabla 6, el tiempo de cocción de las formulaciones propuestas va de 3 a 10 min y se observa una relación inversa entre la concentración de chía y el tiempo de cocción, pues a mayor porcentaje de chía menor tiempo de cocción. Esto podría deberse a varios factores, en primera instancia esta la composición química de los sólidos granulares de la chía, en segundo lugar, las propiedades reológicas de la misma, parecen depender de la cantidad de proteína y de la visco-elasticidad del gluten.

La gelatinización del almidón durante la cocción, se ve afectada por su interacción con las proteínas del gluten, por lo tanto, resulta lógico que un contenido proteico elevado conduzca a un mayor tiempo de cocción, porque favorece la formación de una red más resistente (Acosta, 2007). La chía no contiene gluten, por lo tanto, hace que la red sea débil, por esto el tiempo de cocción se reduce notablemente en comparación a la pasta control utilizada en esta investigación. Por otra parte, el tiempo de cocción reportado por diferentes autores para una pasta 100 % de sémola, va de 8 - 15 min intervalo en el que se encuentra la pasta control de este proyecto (Granito *et al.*, 2003; Vasiliu & Navas, 2009). La evaluación de las propiedades de cocción en productos es importante, sobre todo cuando se trata de materiales novedosos, distintos a las pastas simples; ya que son parámetros fundamentales e índices comúnmente empleados por los consumidores y por los industriales como predictores generales de calidad de distintas pastas alimenticias.



(a)

(b)

(c)

Figura 14. a) tiempo de cocción de la pasta, b) pasta control y c) pasta de chía

#### 4.3.2. Porcentaje de sedimentación o pérdidas por cocción

El porcentaje de sedimentación o pérdidas por cocción es el volumen en mililitros que ocupa el sedimento producido por la pasta durante el cocimiento, este se puede observar en la Figura 15 para las dos diferentes pastas. El porcentaje de sedimentación es mayor en la pasta control que en las pastas con chía, mientras que las tres formulaciones con chía no presentaron diferencia entre ellas. El sedimento está constituido principalmente por almidón perdido por la pasta durante la cocción y un menor porcentaje de este indica una mayor calidad del gluten y por lo tanto de sémola (Acosta, 2007). La semilla de chía no contiene gluten por eso en este trabajo se le adicionó un 10 % de gluten vital para fortalecer la textura de la pasta, al parecer la adición de chía no influye en el porcentaje de sedimentación lo que pudo influir es el alto contenido de mucílago que tiene la chía al hidratarse, lo que pudo ayudar a una menor pérdida de almidón durante la cocción.

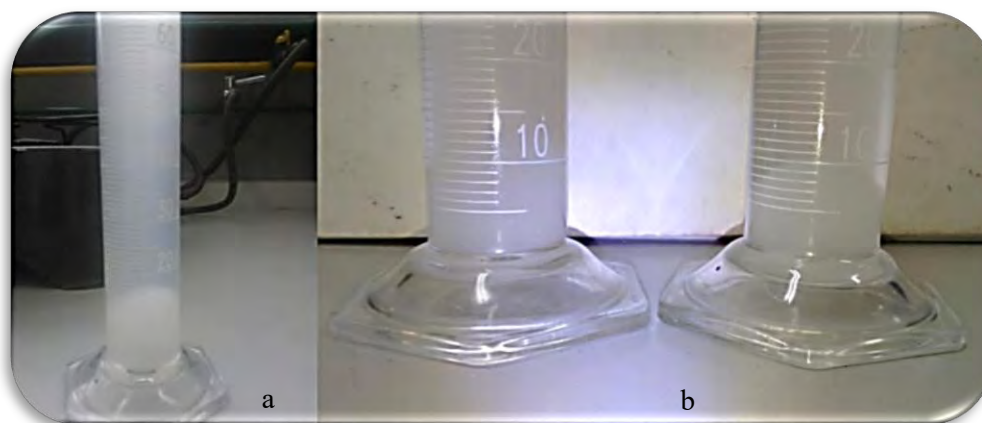


Figura15. Pérdidas por cocción a) pasta control y b) pastas con chía

#### 4.3.3. Índice de tolerancia al cocimiento

La tolerancia al cocimiento está relacionada con la buena calidad del gluten y de la sémola pues a mayor calidad de estas mayor tolerancia al cocimiento. Una buena pasta debe estar en ebullición durante 10 minutos sin romperse ni desintegrarse (Acosta, 2007), las formulaciones con sólidos granulares de chía tienden a disminuir la tolerancia al cocimiento conforme aumenta



la concentración de esta, pero todas las formulaciones pueden considerarse de buena calidad pues toleran 10 minutos sin desintegrarse como puede verse en la Figura 16.

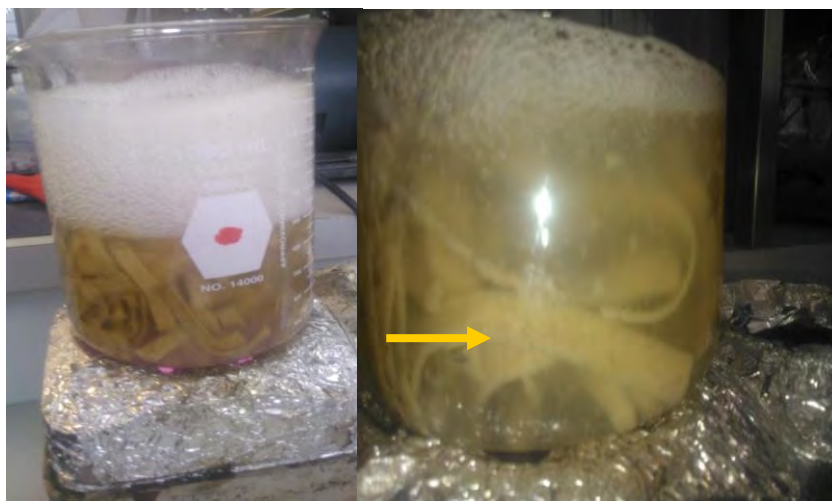


Figura 16. Tolerancia al cocimiento de la pasta formulación 50:40:10

En la Tabla 7 se muestran los resultados de la calidad culinaria de las pastas elaboradas.

Tabla 7. Calidad de la pasta cocida de las diferentes formulaciones.

Formulación	Calidad de la Pasta cocida	
	Grado de absorción	Incremento de volumen
<b>Control</b>	237.5± 2.5 <sup>a*</sup>	200± 0 <sup>a</sup>
<b>70:20:10</b>	200.25 ± 12.25 <sup>b</sup>	317± 4.96 <sup>b</sup>
<b>60:30:10</b>	314.28 ± 14.28 <sup>c</sup>	324.99 ± 8.33 <sup>b</sup>
<b>50:40:10</b>	209.3 ± 6.59 <sup>ab</sup>	350 ± 8.16 <sup>b</sup>

\*Diferentes letras indican diferencia estadísticamente significativa  $P \leq 0.05$

#### 4.3.4. El grado de absorción de agua o ganancia de peso

El grado de absorción es el peso ganado por la pasta durante la cocción e indica la cantidad de agua que es absorbida y por lo tanto es un índice de la habilidad de la pasta para hincharse (Cárdenas, 2012). Un buen producto absorbe por lo menos el doble de su peso en agua durante el tiempo de cocción (Cabrera, 2007).

En todas las formulaciones aumentaron más del doble de su peso inicial como se puede ver en la Figura 17. Cuando se les adicionan otros ingredientes a las pastas como leguminosas, zanahoria, etc. (Granito *et al.*, 2014; Astaíza *et al.*, 2010), el grado de absorción tiende a disminuir con respecto a la pasta de sémola, para las pastas elaboradas en este proyecto el porcentaje de absorción disminuyó en las formulaciones 70:20:10 y 50:40:10, en la formulación 60:30:10 se obtuvo el valor más alto 314.28%.

Este fenómeno se puede explicar a partir del hecho de que otros compuestos presentes en las pastas, como la fibra, compiten por el agua con el almidón durante la cocción, impidiendo o limitando su hinchamiento y la chíá blanca tiene un alto contenido de fibra con respecto a la sémola y otros granos. El peso después de la cocción está relacionado con el rendimiento final de la pasta, por lo tanto, es conveniente considerar el uso de agentes que contribuyan a la retención de agua para contrarrestar el efecto negativo de estos ingredientes (Cárdenas, 2012).



Figura 17. Grado de absorción de la formulación 50:40:10

#### 4.3.5. Incremento de volumen o grado de hinchamiento

Todos los productos de buena calidad aumentan de tres a cuatro veces su volumen original o al menos debe hincharse al doble de su volumen (Cabrera, 2007).

Todas las formulaciones aumentaron poco más del triple de su volumen inicial, como se aprecia en la Figura 18, resultando productos de buena calidad. Los datos reportados por Cabrera (2007) para la pasta control es 350 % y para las pastas de amaranto de 150-271 %.



Figura 18. Incremento de volumen para la pasta control (izquierda) y para la pasta con chía (derecha)

En esta investigación como se ve en la Tabla 7, el incremento de volumen para la pasta control fue de 200 % y fue mayor conforme aumentó la concentración de sólidos granulares de chía, llegando hasta 350 %, este comportamiento fue diferente al reportado por Cabrera (2007). Esto se puede deber al alto contenido de fibra que tienen los sólidos granulares de chía, pues la formulación 60:30:10 tuvo el valor más alto de 350 % y fue considerada la mejor formulación, incluso comparada con los resultados de los otros autores. También en el grado de absorción, el contenido de fibra que tiene la chía provoca una mayor interacción con el agua durante la cocción, aumentando el grado de absorción de la pasta. De acuerdo a los resultados de calidad culinaria para pasta seca y cocida todas las formulaciones de chía pueden considerarse de buena calidad ya que toleran el cocimiento, el porcentaje de sedimentación es bajo y aumentan más del doble de su peso en agua, así como el incremento de volumen, por lo tanto, era difícil escoger la mejor formulación con estas pruebas, por lo que, para poder seleccionarla se realizó la prueba sensorial de preferencia.

#### 4.4. Resultados de prueba sensorial

En la Tabla 8 se observan los resultados que se obtuvieron en la prueba sensorial de preferencia para las diferentes formulaciones de pasta de chía, se les pidió a los jueces que hicieran un comentario de la percepción que habían tenido de las pastas, los descriptores que marcaron los jueces se muestran en la Figura 19 donde el mejor descriptor fue el de “buen sabor”.

Tabla 8. Resultados de la prueba sensorial de preferencia para las formulaciones de pasta de chía.

100 Jueces	Muestras		
	Formulaciones		
	70:20:10	60:30:10	50:40:10
Puntuación	201	184	<b>222</b>

La puntuación más alta la obtuvo la formulación 50:40:10, por lo tanto, esta pasta se seleccionó como la mejor, con base en estos resultados sensoriales y las pruebas de calidad culinaria realizadas, solo se trabajó con esta pasta y la control para realizar las siguientes pruebas establecidas en este trabajo.

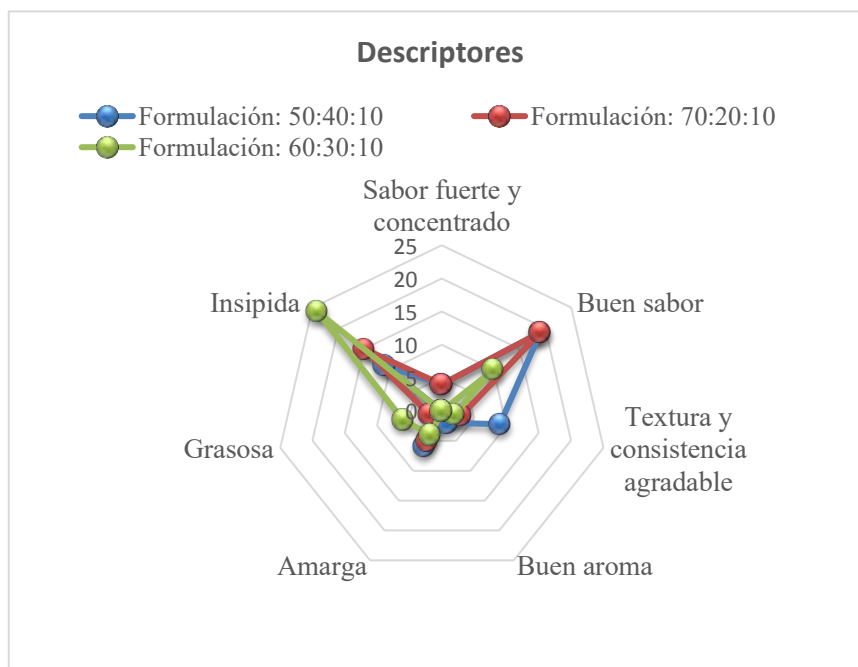


Figura 19. Descriptorios sensoriales

Por último se muestra en la Figura 20 que del 100 % de los jueces afectivos que realizaron la prueba el 68 % fueron estudiantes de entre 17-29 años.

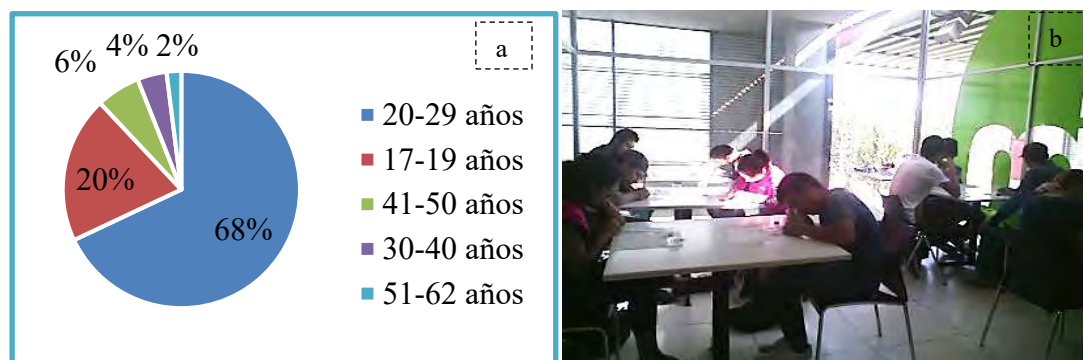


Figura 20. Edades de Jueces (a) y jueces realizando prueba sensorial (b).

#### 4.5. Determinación de A.Q.P. de la formulación elegida en la prueba de preferencia

Como se puede observar en la Tabla 9 la pasta elaborada con la formulación 50:40:10 contiene 87 % más proteína, 219.6 % más grasa, 180% más cenizas 235.6 % más fibra que la pasta control, así como un 30 % menos carbohidratos. Por lo que resulta una pasta con una rica fuente de proteínas, fibra, grasa y minerales en comparación con una pasta a base de sémola.

Tabla 9. Composición química de pasta control y pasta seleccionada en la prueba sensorial de preferencia (formulación 50:40:10).

	Pasta control	Formulación 50:40:10
<b>Humedad</b>	8.55 ± 0.1 <sup>a*</sup>	7.35 ± 0.06 <sup>a</sup>
<b>Proteínas</b>	9.75 ± 0.01 <sup>a</sup>	18.27 ± 0.35 <sup>b</sup>
<b>Grasa</b>	2.44 ± 0.05 <sup>a</sup>	5.36 ± 0.07 <sup>b</sup>
<b>Cenizas</b>	0.78 ± 0.05 <sup>a</sup>	2.19 ± 0.03 <sup>b</sup>
<b>Fibra</b>	2.5 ± 0.3 <sup>a</sup>	8.39 ± 0.125 <sup>b</sup>
<b>Carbohidratos</b>	75.98 <sup>a</sup>	58.22 <sup>b</sup>

\*Diferentes letras indican diferencia estadísticamente significativa  $P \leq 0.05$

## 4.6. Triptófano

En la Tabla 10 se muestran los resultados del contenido de triptófano de las pastas elaboradas y de los sólidos granulares de la semilla de chía blanca.

Tabla 10. Tabla Resultados del contenido de triptófano (g try/100g de proteína).

Pasta control	Pasta Chía (50:40:10)	Sólidos granulares de chía blanca
$0.557 \pm 0.038$ <sup>a*</sup>	$1.080 \pm 0.068$ <sup>b</sup>	$0.985 \pm 0.041$

\*Diferentes letras indican diferencia estadísticamente significativa  $P \leq 0.05$

Como se puede ver en la Tabla 10, la pasta elaborada con chía blanca tiene casi el doble de triptófano que la pasta control. Esto resulta benéfico ya que hoy en día se sabe que las personas que reciben una dieta insuficiente en triptófano y niacina, presentan un cuadro clínico conocido como pelagra (donde el triptófano es precursor de la vitamina niacina en la síntesis del aminoácido), de ahí la importancia de su determinación (Figura 21), en diversos tipos de alimentos los cuales aportan cantidades adecuadas de este aminoácido (Díaz, 2009).



Figura 21. Determinación de Triptófano



Vázquez *et al.*, (2010) reportan un contenido de triptófano para chíá de 0.95-0.8 g try/100 g proteína, Baroni (2013) muestra el perfil de aminoácidos realizado a los sólidos granulares de chíá donde se ve que es rico en aminoácidos esenciales y no esenciales, sin embargo, no reporta datos encontrados en el contenido de triptófano. En comparación con el estándar de FAO, que es de 11 g/kg de proteína (1.1 g/100 g proteína), la pasta elaborada con chíá (40 %) está en el valor recomendado. Tanto los sólidos granulares de chíá como la pasta elaborada con esta presentan valores significativamente más altos que una pasta a base de sémola por lo que se concluye que la pasta elaborada con chíá es una fuente adecuada de este aminoácido.

#### 4.7. Digestibilidad *in vitro*

La determinación de digestibilidad *in vitro* de las pastas analizadas se muestra en la Figura 22.

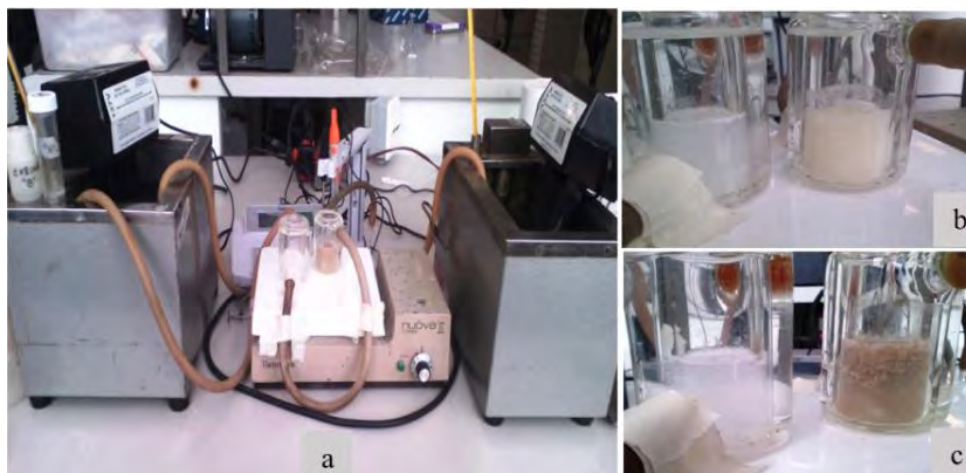


Figura 22. Determinación de digestibilidad *in vitro* a) equipo, b) pasta control y c) pasta de chíá

Como se muestra en la Tabla 11, no hay diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre la pasta control y la pasta elaborada con chíá. Esto quiere decir que la chíá no generó problemas de digestibilidad en el producto final. Una pasta a base de 100% sémola tiene una digestibilidad de 75.9% y se ha demostrado que con la adición de otros ingredientes como leguminosas aumenta su porcentaje de digestibilidad (Granito & Ascandio, 2009).

Tabla 11. Resultados de Digestibilidad *in vitro*.

Muestra	Digestibilidad (%)
Pasta control	87.97 ± 0.37 <sup>a*</sup>
Formulación 60:40	88.50 ± 0.28 <sup>a</sup>
Sólidos granulares de chía blanca	85.60 ± 0.48

\*Diferentes letras indican diferencia estadísticamente significativa P ≤ 0.05

En esta investigación el valor obtenido en la digestibilidad *in vitro* fue de 87.97 %, mayor que lo reportado por Granito & Ascendio (2009) y aumentó con la adición de chía. Si se compara la pasta elaborada con chía con un producto a base de trigo y chía (79.34 %) elaborado por Baroni (2013) se puede observar que el valor es superior. Se dice que la digestibilidad de las proteínas animales es superior al 95 % y de las vegetales de 60-80 % (Baroni, 2013), este mismo autor dice que la digestibilidad de la harina de chía es de 73.88 % y de la semilla entera de 32.04 %, esto muestra que la pasta de chía tuvo una mejor digestibilidad.

#### 4.8.Determinación de factores anti nutrimentales

En la Tabla 12 se muestran los resultados obtenidos de los factores antinutrimientales:

Tabla 12. Resultados de parámetros antinutrimientales.

Muestra	Taninos (%)	Ácido fítico (%)	Inhibidores de tripsina (UTI/mg de muestra)
Pasta control	0.076 ± 0.003 <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	0.70 ± 0.12 <sup>a</sup>
Pasta chía (50:40:10)	0.243 ± 0 <sup>b</sup>	.0025 ± .0005 <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>
Sólidos granulares de chía blanca	0.383 ± 0.012	2.215 ± 0.015	2.78 ± 0.1

N.D. No detectado

\*Diferentes letras indican diferencia estadísticamente significativa P ≤ 0.05



#### 4.8.1. Taninos

Los resultados obtenidos en la determinación de taninos (Figura 23) se muestra en la Tabla 12, el porcentaje de taninos entre la pasta control y la pasta de chía resultaron estadísticamente diferentes, el porcentaje de taninos en la pasta es mayor. Esto puede deberse a que la semilla de chía fue molida completa y los taninos se pueden encontrar en la parte del pericarpio, en cambio la pasta control se realizó con sémola que es solo el endospermo del grano (Reyna, 2000). Pero los valores obtenidos en la pasta de chía son inferiores a los que contiene la semilla cruda, lo que indica que durante el proceso de secado se pudo haber afectado estos compuestos pues esta reportado que es termosensible, además, los valores obtenidos son muy bajos y no tendrían un efecto importante en el consumidor de la pasta.



Figura 23. Determinación de taninos

En realidad, no hay datos sobre el contenido de taninos en las pastas a base de sémola o de una pasta enriquecida con otros ingredientes solo hay reporte de la semilla entera de chía reportado por Baroni (2013), ella encontró que la semilla entera de chía contiene 5.109 mg/g, en la presente investigación se encontró que los sólidos granulares de chía blanca contienen 0.383 %.

#### 4.8.2. Ácido fítico

Los resultados obtenidos en la determinación de ácido fítico (Figura 24) reportados en la Tabla 12 muestran diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre la pasta control y la pasta

elaborada con chía en donde la pasta control no se detectó ácido fítico, esto es porque un método para la eliminación del ácido fítico es la molienda ya que en la mayoría de los cereales (arroz, trigo, triticale) el ácido fítico se concentra en las cubiertas externas de la semilla, y por tanto la molienda normal, al separar el salvado, elimina cantidades apreciables de ácido fítico (Mendoza, 2001).

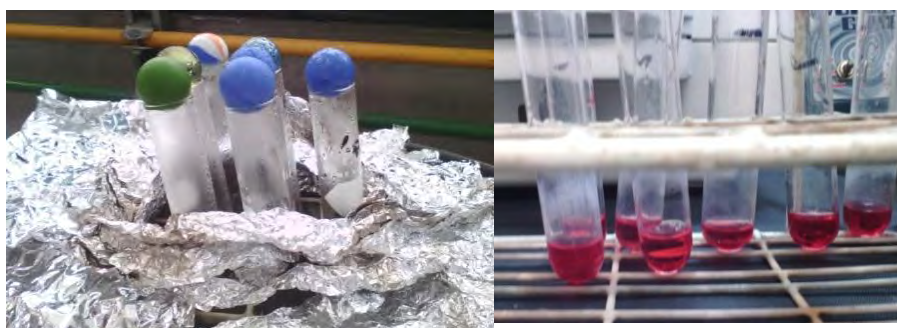


Figura 24. Determinación de ácido fítico.

El resultado obtenido en la pasta de chía es de 0.0025 % este valor está en el intervalo que tienen los cereales y leguminosas los cuales constituye aproximadamente entre el 1 y 2 % del peso de la semilla, las cantidades más altas de ácido fítico se encuentran en el germen de trigo, salvado de trigo y otros alimentos basados en cereales de alta extracción como el pan integral (Flebes, 1998), debido a que la molécula de ácido fítico está altamente cargada con seis grupos fosfato, es un excelente agente quelante, que forma complejos con cationes minerales y con proteínas por lo cual la importancia de determinar su presencia reside en que reduce la biodisponibilidad de estos nutrimentos. El valor de ácido fítico encontrado por Baroni (2013), en la semilla de chía fue de 7.327 mg/g (0.732 %) comparado con esta investigación nos da un valor mayor siendo 2.211 %, por lo que al ser consumida como semilla entera podría impedir la absorción de proteínas, minerales y fibra que esta contiene, por otra parte, el valor de ácido encontrado se le pueden atribuir efectos benéficos como potencial antioxidante si se adiciona a otros alimentos y también efectos benéficos a la salud, que curiosamente, parecen ser similares a aquellos atribuidos a la fibra dietética, como son la disminución del índice de glucemia (medición médica que indica cuánta glucosa produce un alimento en la sangre en base a la calidad de sus carbohidratos) en la sangre, del riesgo de cáncer, y del nivel de lípidos en sangre (Mendoza, 2001); la pasta elaborada se realizó con la semilla de chía molida por lo que así se

está garantizando la biodisponibilidad de los nutrientes ya que como se había mencionado antes el valor obtenido de ácido fítico dio menor que la pasta control y por lo tanto menor que una pasta común comercial incluso menor que el reportado por otros autores y en otros alimentos como frijol (0.93 %), maíz (0.8 %), avena (0.77 %) (López, 2007).

#### 4.8.3. Inhibidores de tripsina

En la determinación de inhibidores de tripsina (Figura 25), los resultados obtenidos en la Tabla 12 indican que hay diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre la pasta control y la pasta de chía pues en esta última no se detectaron inhibidores de tripsina. Los inhibidores de proteasas son también proteínas que tienen la capacidad de inhibir la actividad proteolítica de ciertas enzimas (López, 2000), actúan inhibiendo a la tripsina la cual es una enzima proteolítica de suma importancia en la digestión de los humanos y animales mono gástricos (Castillo, 2011).

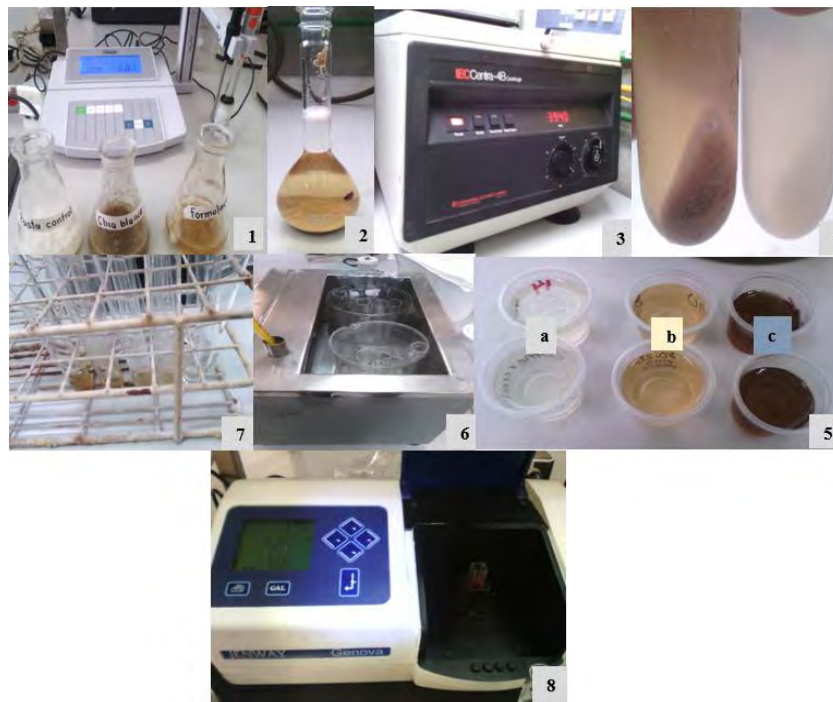


Figura 25. Determinación de Inhibidores de Tripsina, a) pasta control, b) pasta de chía y c) sólidos granulares de chía.

Cuando la concentración de los inhibidores de tripsina sobrepasa las 10 UTI/mg (Unidades de Tripsina Inhibida), se considera como alimento no apto para la alimentación humana, ya que no permite la adecuada biodisponibilidad de la proteína dietética (Hernández, 2014), de acuerdo a este dato la pasta control y la pasta de chía son aptas para la alimentación humana así como la chía molida. El contenido de inhibidores de tripsina encontrado en la pasta control fue de 0.70 UTI/mg y en los sólidos granulares de chía blanca fue de 2.78 UTI/mg dichos valores se encuentran en el rango de valores disminuidos con tratamiento térmico y el valor que consideró muy pequeño López (2000), por lo que se concluye que el valor obtenido en la investigación es bajo y puede disminuir o desaparecer cuando la pasta de chía es sometida a la cocción, incluso en la pasta control muy probablemente desaparece.

#### 4.9. Prueba sensorial hedónica de nivel de agrado

En la Tabla 13 se muestran los resultados de la prueba sensorial, estos indicaron que la formulación con 40 % de chía fue aceptada en un 42 % de los jueces afectivos y la calificación promedio obtenida fue de 5.49 en una escala del 1 al 10.

Tabla 13. Resultados de la prueba de nivel de agrado

<b>Formulación</b>	<b>Número de jueces</b>	<b>Calificación</b>	<b>Porcentaje de aceptación</b>
<b>Sémola 50 %</b>			
<b>Chía 40 %</b>	100	5.49	42 %
<b>Gluten 10 %</b>			

La aceptación baja, pudo deberse a la preparación de la pasta ya que fue cocinada solo con sal y mantequilla y casi la totalidad de los jueces mencionaron como descriptor que la pasta “no sabe a nada” lo cual beneficia a este proyecto, pues eso indica que los jueces no percibieron el sabor de la chía, si tomamos en cuenta que una pasta comercial al ser cocinada tampoco sabe a nada cuando solo se hierve, la pasta de chía puede ser aceptada si se prepara con otros ingredientes como; carne, crema, especias, en caldillos, etc., además de que la población come la pasta preparada con otros ingredientes y no sola.

## 5. Conclusiones

- ❖ La calidad nutrimental de la chía blanca es mayor que la sémola usada como materia prima para la elaboración de pastas, teniendo mayores porcentajes de proteína, grasa, minerales y fibra, lo cual permitió mejorar el producto final.
- ❖ Se pudieron elaborar pastas con las diferentes formulaciones con chía propuestas y todas tuvieron una buena calidad culinaria con respecto a la pasta control. Todas las pastas toleran el cocimiento 10 min o más y la ganancia de peso y el incremento de volumen fue más del doble.
- ❖ La mejor formulación seleccionada para la elaboración de una pasta larga tipo Fettuccine fue la que contenía 40% de chía, 50% de trigo y 10% de gluten.
- ❖ La pasta con 40% de chía es un producto con alto valor nutrimental ya que tiene mayores contenidos de fibra, grasa, proteína y minerales que una pasta a base de sémola de trigo, es más digerible, su contenido de triptófano cumple con el valor recomendado por la FAO y no contiene factores anti nutrimentales dañinos para la salud.
- ❖ Por último se concluye que la pasta con 40% de chía no tiene un sabor característico pues durante la prueba sensorial de nivel de agrado casi la totalidad de los jueces mencionaron como descriptor que la pasta “no sabe a nada”, indicando que la chía no proporcionó sabor a la pasta.

## 6. Recomendaciones

- ❖ Se sugiere realizar una prueba sensorial de nivel de agrado a la pasta de chía, pero preparándola con ingredientes que comúnmente se adicionan a la pasta como es la carne, quesos, crema, en caldillo, especias, etc., para que pueda ser más atractiva para el consumidor.
- ❖ Se recomienda realizar la prueba de la Relación de Eficiencia Proteica (PER) a la pasta elaborada en este proyecto, para determinar si la proteína contenida en el producto sería asimilada por el consumidor
- ❖ También se sugiere realizar un estudio técnico financiero para determinar el costo de la elaboración de la pasta de chía y su viabilidad económica.

## 7. Referencias

- A.O.A.C. (2005). *Official Methods of Analysis*. 18<sup>th</sup>ed. Association of Official Analytical Chemists-International Gaithersburg, Maryland, USA.
- Acosta, K.A., (2007). Elaboración de una pasta alimentaria a partir de sémolas de diferentes variedades de cebada. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Astaíza, M., Ruíz, L., Elizalde, A., (2010). Elaboración de pastas alimenticias enriquecidas a partir de harina de quinua (*Chenopodium quinoa wild.*) y zanahoria (*Daucus carota*). Facultad de Ciencias Agropecuarias. 8(1). 43-53.
- Ayerza, R. & Coates, W. (2006). *Chía, redescubriendo un olvidado alimento de los aztecas* (Primera ed.). (M. Polledo de Ayerza, Trad.) Buenos Aires, Argentina: Del Nuevo Extremo. 232 p.p.
- Aykroyd, W. & Doughty, J. (1970). El trigo en la alimentación humana. Italia.
- Baroni, T.R., (2013). Caracterização e funcional da farinha de chia (*salvia hispanica*) e sua aplicação no desenvolvimento de pães. Tesis de Maestría. Universidade de São Paulo.
- Barrera, J. M. (2015). UNAM estudia los beneficios de la chía. Recuperado el 28 de Octubre de 2015 de, <http://www.eluniversal.com.mx/articulo/metropoli/edomex/2015/09/27/unam-estudia-beneficios-de-la-chia>
- Benexia-Omega 3, (2016). Benexia: semillas de chía, aceite de chía, fibra de chía, granola chía kids. Recuperado el 18 de Febrero de 2016, de <http://www.farmaciapasteur.com.uy/upload/Benexia-%20Inf.%20Nutricional.pdf>
- Botanical-online. (n.d.). *Botanical-online*. Recuperado el 11 de Septiembre de 2015, de [http://www.botanical-online.com/semillas\\_de\\_chia\\_composicion.htm](http://www.botanical-online.com/semillas_de_chia_composicion.htm)
- Cabrera, C.A., (2007). Desarrollo de una formulación de pasta para sopa tipo tallarín a base de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) con alta calidad nutrimental. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- CANIMOLT, (2007). Cámara Nacional de la Industria Molinera de trigo. Recuperado el 29 de diciembre de 2015, de <http://www.canimolt.org>

- Cárdenas, A. del S., (2012). Composición química, características de calidad y actividad antioxidante de pasta enriquecida con harina de amaranto y hoja de amaranto deshidratada. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Carrasquero, P.J. (2009). Evaluación de calidad de las pastas alimenticias de sémola durum. Trabajo de Grado. Universidad de Zulia. Facultad de Ingeniería. División de Posgrado. Maracaibo, Venezuela.
- Castañeda, N. (2009). TLAHUI-MEDIC. Recuperado el 28 Septiembre de 2015, de [http://www.tlahui.com/medic/medic29/chia\\_salvia.htm](http://www.tlahui.com/medic/medic29/chia_salvia.htm)
- Castillo, M., (2011). Evaluación bromatológica de la fracción proteica de la almendra destoxificada de higuierilla (*Ricinuscommunis*). Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- CODEX STAN 178-1991. Norma del CODEX para la sémola y la harina de trigo duro.
- Cooper., B.L., (2006). Obtención de un concentrado de ácidos grasos poliinsaturados a partir del aceite de chía (*Salvia hispanica L.*). Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Dendy, David A.V. & Dobraszczyk, Bogdan J., 2001. Cereales y productos derivados. *Ciencia y tecnología. España*, Editorial ACRIBIA, S.A.
- Di Sapio, O., Bueno, M., Busilacchi, H., & Severin, C., (2008). Chía: Importante antioxidante vegetal. *Agromensajes DE LA FACULTAD* (56), 11-13.
- Díaz, M. (2009). Variaciones en la composición bromatológica y contenido de factores antinutricionales y alcaloides durante el proceso de germinación de semillas de *erythrina americana*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Espinosa, J., (2007). Evaluación sensorial de los alimentos. El Vedado, Ciudad de La Habana, Cuba. Editorial Universitaria. 97 pp.
- Flebes, C.I., (1998). Estudio del contenido de fitatos en derivados de cereales de consumo en canarias. Tesis Doctoral. Universidad de la Laguna.
- Fuentes, G.A., (2010). Propiedades funcionales de la harina de semilla de chía (*Salvia hispanica L.*) y su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas y microscópicas en un batido cárnico. Tesis de especialidad en Biotecnología. UAM.
- Granito, M., & Ascandio, V. (2009). Desarrollo y transferencia tecnológica de pastas funcionales extendida con leguminosas. *ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION*, 59 (1), 71-77.



- Granito, M., Pérez, S., & Valero, Y. (2014). Calidad de cocción, aceptabilidad e índice glicémico de pasta larga enriquecida con leguminosas. *Chil Nutr*, 41 (4), 425-432.
- Granito, M., Torres, A., & Guerra, M. (2003). Desarrollo y evaluación de una pasta larga a base de trigo, maíz, yuca y frijol. *Redalyc.org*, 28 (7), 372-379.
- Guiotto, E. (2014). Aplicación de subproductos de chia (*Salvia hispanica L.*) y girasol (*Helianthus annuus L.*) en alimentos. Tesis Doctoral. Universidad Nacional De La Plata.
- Gutiérrez Tolentino, R., Ramírez Vega, M. L., Vega y León, S., Fontecha, J., Rodríguez, L. M., & Medina Escobar, A. (2014). Contenido de ácidos grasos en semillas de chía (*Salvia hispanica L.*) cultivadas en cuatro estados de México. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 19 (1), 199-207.
- Haug, W. & Lantzsch, H., (1983). Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and products. *Journal of the Science of Food Agriculture*, 34, 14232-14261
- Hernández Gómez, J. A., & Miranda Colín, S. (2008). Caracterización morfológica de chía (*Salvia hispanica*). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31 (2), 105-113.
- Hernández, L.I., (2014). Caracterización bromatológica, determinación de factores tóxicos de la almendra, y parámetros fisicoquímicos de la grasa de calabaza hedionda (*Apodanthera undulata*). Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hsu, H., Vavak, I., Satterlee & Miller, G. (1977). A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *Journal Food Science and Technology*, 42(5), 1269-1273
- I.P.O. (International Pasta Organization), (2011). Recuperado el 23 de Septiembre del 2015, de <http://www.internationalpasta.org>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (2016). Banco de Información Económica B.I.E. (en línea). Recuperado el 10 Julio de 2016, de <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>
- ISO 9648; (1988). Determinación del contenido de taninos en sorgo. *International Organization of Standardizations*, ISO/DIS 9648, 175-215.
- Ixtaina, Vanesa Y., (2010). Caracterización de la semilla y aceite de chía (*Salvia hispanica L.*) obtenido mediante distintos procesos. Aplicación en tecnología de alimentos. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de la Plata.
- Jaramillo, Y. (2013). La chía (*Salvia hispanica L.*), una fuente de nutrientes para el desarrollo de alimentos saludables. Trabajo de Grado. Corporación Universitaria Lasallista.

- Jiménez P., P., Masson S., L., & Quitral R., V. (2013). Composición química de semillas de chíá, linaza y rosa mosqueta y su aporte en ácidos grasos omega-3. *Chil. Nutr*, 40 (2), 6.
- Juárez, B. (2016). México, primer lugar mundial en obesidad en niños: OPS. Recuperado el 10 de Julio de 2016 de: <http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2016/02/18/mexico-primer-lugar-mundial-en-obesidad-de-ninos-afirma-la-ops-3119.html>
- Kakade, M., Rackis, J., McGhee, J., & Puski, G. (1974). Determination of trypsin inhibitor activity of soy product: A collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chem*, 51, 376-381.
- Kill, R. C., & Turnbull, K. (Eds.). (2004). Tecnología de la elaboración de pasta y sémola (Primera ed.). (Fernández Álvarez, Trad.) España: ACRIBIA, S.A.
- López, M.A., (2007). Simplificación de un método colorimétrico para la determinación de ácido fítico en cereales. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- López, M.I., (2000). "Determinación de factores tóxicos en varias almendras no tradicionales con potencial aporte de proteína y grasa dietética". Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Lugo, A., (2013). Evaluación nutrimental de la semilla de chia (*Salvia hispanica*) y balance de hierro mediante metodos biologicos. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autonoma de México.
- Mendoza, J., (2001). Validación de una metodología para la determinación de ácido fítico en alimentos. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Molina, N., (2008). Caracterización bioquímica y estudio de las propiedades funcionales de la fracción de globulinas obtenida a partir de la semilla de chíá (*Salvia hispanica*). Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mora, A.C., (2012). Evaluación de la calidad de cocción y calidad sensorial de pasta elaborada a partir de mezclas de sémola de trigo y harina de quinua. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- Muñoz, A. (2012). Ultra noticias *Produce Edomex 75 mil toneladas de pasta*. Consultado el 23 de Septiembre del 2015. Disponible en <http://www.ultra.com.mx/noticias/estado-de-mexico/Local/61502-produce-edomex-75-mil-toneladas-de-pasta-.html>
- Nutrisofía, (2013). Cereales. Recuperado el 21 de Enero de 2016, de <http://www.nutrisofia.com/cereales/>
- OEIDRUS, Baja california., (2015). El cultivo del trigo. Recuperado el 20 de Diciembre de 2015, de <http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/Descargas/ElCultivoTrigo.pdf>

- Potenza-grupo empresarial, (2016). Chia blanca. Recuperado el 18 de Febrero 2016, de <http://potenzagrupoempresarial.com/producto/chia-blanca/>
- Quiroga M., E., Irazusta M.I, M., Busilacchi H, D., & Bueno M, S. (2014). Estudio experimental del secado de hojas de chía (*Salvia hispanica* L.). *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 18, 02.11-02.18. Recuperado el 1 de Noviembre de 2015, de <http://www.cricyt.edu.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2014/2014-t002-a002.pdf>
- Rama, M., Tara, R., Krishnan, C., (1974). Colorimetric estimation of tryptophan content of pulses. *Journal Food Science and Technology*. 11, 213-216
- Reyes. E., (2006). La Chía (*Salvia hispánica*): fuente de fibra dietética total con propiedades funcionales y antioxidantes. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Reyna, L., (2000). Efecto del contenido de taninos en el grano de sorgo sobre la digestibilidad de la energía, proteína, aminoácidos y energía metabolizable verdadera corregida por nitrógeno en aves. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rimache, A. M.(2008). Cultivo del Trigo, Cebada y Avena. 1ª edición. Empresa Editora Macro. E.I.R.L.pp. 9-16.
- Rovati, A., Escobar, E., Prado, C. (2015). Particularidades de la semilla de chía (*Salvia hispanica* L.). *EEAOC - Avance Agroindustrial*, 33(3), 39-43.
- SENESCYT (s.f.). *Desarrollo de mezclas farinaceas de cereales (maiz, quinoa y cebada) y papas ecuatorianas como susutitutos parciales del trigo importado para la elaboracion de pan y fideos*. Ambado, Ecuador.
- Serna-Saldivar, S.R.O., (2013). Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. 2ª edición, México D.F. Editorial AGT, S.A. 703 pp.
- Shamah Levy, Teresa, Maritza Alejandra Amaya Castellanos, Lucia Cuevas Nasu, "Desnutrición y obesidad: doble carga en México", *Revista Digital Universitaria*, 1 de mayo de 2015, Vol. 16, Núm. 5. Disponible en Internet: <<http://www.revista.unam.mx/vol.16/num5/art34/index.html>> ISSN: 1607-6079.
- UNICEF, M. (2015). Salud y nutrición. Recuperado el 18 de Febrero de 2016, de <http://www.unicef.org/mexico/spanish/17047.htm>
- Urbina, M. (s.f.). Chapingo.net. Recuperado el 8 de Octubre de 2015, de <http://chapingo.net/articulo4/lachiaysus.pdf>

- Vasiliu, M., & Navas, P. B. (2009). Propiedades de cocción, físicas y sensoriales de una pasta tipo fetuchine elaborada con sémola de trigo durum y harina deshidratada de cebollín (*Allium fistulosum* L.). *Redalyc.org*, 21 (1), 70-76.
- Vázquez-Ovando, J., Rosado-Rubio, J., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2010). Procesamiento en seco de harina de chia (*Salvia hispanica* L): caracterización química de fibra y proteína: Dry processing of chía (*Salvia hispanica* L.) flour:chemical characterization of fiber and protein. *CyTA - Journal of Food*, 8 (2), 117-127.

# ANEXOS

## Anexo 1: Resultados de evaluación sensorial

### PRUEBA SENSORIAL DE PREFERENCIA PARA PASTA TIPO FETUCCINE

Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: H M Fecha: \_\_\_\_\_

NOTA: Tome agua antes de iniciar la prueba y posteriormente entre degustación consuma una porción de la galleta y agua.

INSTRUCCIONES: Pruebe las muestras y ordene según su preferencia, otorgándole un valor del 1 al 3, considerando que 1= es la que menos gusta y 3= es la que más gusta. No se permiten empates. En el espacio de abajo, explique brevemente porqué tomó esa decisión.

MUESTRAS	1304	1109	1710
VALOR	_____	_____	_____

¿Porqué? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ ¡GRACIAS!

### PRUEBA SENSORIAL DE PREFERENCIA PARA PASTA TIPO FETUCCINE

Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: H M Fecha: \_\_\_\_\_

NOTA: Tome agua antes de iniciar la prueba y posteriormente entre degustación consuma una porción de la galleta y agua.

INSTRUCCIONES: Pruebe las muestras y ordene según su preferencia, otorgándole un valor del 1 al 3, considerando que 1= es la que menos gusta y 3= es la que más gusta. No se permiten empates. En el espacio de abajo, explique brevemente porqué tomó esa decisión.

MUESTRAS	1304	1109	1710
VALOR	_____	_____	_____

¿Porqué? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ ¡GRACIAS!

Resultados de la prueba de preferencia de la pasta tipo Fettuccine a base de harina de chía blanca  
(*Salvia hispanica L.*)

Juez	Muestras			Juez	Muestras			Juez	Muestras		
	1304	1109	1710		1304	1109	1710		1304	1109	1710
1	2	1	3	36	3	2	1	71	3	2	1
2	3	1	2	37	3	1	2	72	3	2	1
3	2	3	1	38	3	1	2	73	3	1	3
4	1	2	3	39	3	1	3	74	3	2	3
5	2	1	3	40	3	1	3	75	3	2	3
6	1	3	2	41	2	1	3	76	3	2	3
7	1	2	3	42	2	2	3	77	1	2	3
8	3	2	1	43	2	1	3	78	2	1	3
9	2	3	1	44	1	2	1	79	1	2	3
10	1	3	2	45	3	2	1	80	1	2	3
11	3	1	2	46	1	3	2	81	3	1	2
12	3	2	1	47	2	1	3	82	1	2	3
13	3	1	2	48	1	2	3	83	1	2	3
14	3	2	1	49	1	2	3	84	2	1	3
15	3	1	2	50	2	1	3	85	3	2	1
16	3	2	1	51	1	2	3	86	2	1	3
17	3	2	1	52	2	1	3	87	2	1	3
18	3	2	1	53	1	2	3	88	1	2	3
19	2	1	3	54	2	1	3	89	2	3	1
20	1	2	3	55	1	2	3	90	3	1	2
21	2	1	3	56	1	2	3	91	2	3	1
22	2	3	1	57	2	2	3	92	1	3	2
23	1	3	2	58	1	1	3	93	1	2	3
24	1	3	2	59	2	1	3	94	1	3	2
25	1	3	2	60	2	1	3	95	2	1	3
26	1	3	2	61	2	1	3	96	2	3	1
27	1	3	2	62	2	1	3	97	2	3	1
28	2	3	1	63	1	1	3	98	2	3	1
29	1	3	2	64	3	2	3	99	1	3	2
30	3	1	2	65	3	1	2	100	1	3	2
31	1	3	2	66	2	1	3				
32	3	1	2	67	3	2	1				
33	3	2	1	68	2	1	2				
34	3	2	1	69	3	2	1				
35	3	1	2	70	2	1	2				

Puntuación	Muestras		
	1304	1109	1710
	201	184	222

## Anexo 2. Resultados prueba hedónica de nivel de agrado.

### PRUEBA SENSORIAL DE NIVEL DE AGRADO DE PASTA TIPO FETTUCCHINE

Edad \_\_\_\_ años

Sexo: H M

Fecha: 26 de Noviembre 2015

Instrucciones: Pruebe la pasta tipo *Fettuccine* y sobre la línea indique con una “X” su nivel de agrado hacia el producto. En el espacio de abajo explique brevemente porque tomo esa decisión.

#### Escala

\_\_\_\_\_

Disgusta mucho

Es indiferente

Gusta mucho

¿Por qué?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ ¡GRACIAS!

### PRUEBA SENSORIAL DE NIVEL DE AGRADO DE PASTA TIPO FETTUCCHINE

Edad \_\_\_\_ años

Sexo: H M

Fecha: 26 de Noviembre 2015

Instrucciones: Pruebe la pasta tipo *Fettuccine* y sobre la línea indique con una “X” su nivel de agrado hacia el producto. En el espacio de abajo explique brevemente porque tomo esa decisión.

#### Escala

\_\_\_\_\_

Disgusta mucho

Es indiferente

Gusta mucho

¿Por qué?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ ¡GRACIAS!

Resultados prueba de nivel de agrado para pasta tipo Fettuccine formulación 50% sémola, 40% harina de chía blanca, 10% gluten.

Juez	Calificación	Juez	Calificación	Juez	Calificación	Juez	Calificación	Juez	Calificación
1	10	22	8.1	43	5.9	61	5.2	82	2.4
2	10	23	8	44	5.9	62	5.2	83	2.1
3	10	24	8	45	5.8	63	5.2	84	1.8
4	10	25	8	46	5.8	64	5.2	85	0.9
5	10	26	8	47	5.7	65	5.1	86	0.9
6	9.7	27	7.9	48	5.7	66	5.1	87	0.8
7	9.7	28	7.8	49	5.6	67	5	88	0.8
8	9.5	29	7.8	50	5.6	68	5	89	0.6
9	9.4	30	7.7	51	5.6	69	4.9	90	0.4
10	8.9	31	7.6	52	5.5	70	4.3	91	0.4
11	8.7	32	7.5	53	5.5	71	4.3	92	0.4
12	8.7	33	7.4	54	5.5	72	4.3	93	0.4
13	8.7	34	7.4	55	5.5	73	4.2	94	0.4
14	8.7	35	7.3	56	5.5	74	3.8	95	0.4
15	8.5	36	7.2	57	5.5	75	3.7	96	0.4
16	8.4	37	7.1	58	5.5	76	3.6	97	0.4
17	8.4	38	7	59	5.3	77	3.6	98	0.4
18	8.4	39	6.7	60	5.2	78	3.4	99	0.3
19	8.2	40	6.3	61	5.2	79	3.1	100	0
20	8.2	41	6.3	62	5.2	80	3		
21	8.2	42	6	63	5.2	81	2.5		

Sumatoria = 549.9

Calificación promedio = 5.49

Jueces que aceptaron el producto	Nivel de aceptación
42	42%