



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD Iztapalapa

**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**

T E S I S

Para obtener el diploma de
Especialidad en Biotecnología

P R E S E N T A

I.A. Geovana Fuentes Aguilar

Asesores:

Dra. María de Lourdes Pérez Chabela
M. en Biotec. Juan Díaz Vela

Lectora:

Dra. Isabel Guerrero Legarreta

México D.F., 7 Noviembre 2012

El comité asignado por la División de Ciencias Biológicas y de Salud de la Unidad

Iztapalapa aprobó la comunicación de los resultados que presentó:

Geovana Fuentes Aguilar

El día 7 de Noviembre del 2012

Comité Tutorial:

Co-directora: Dra. María de Lourdes Pérez Chabela

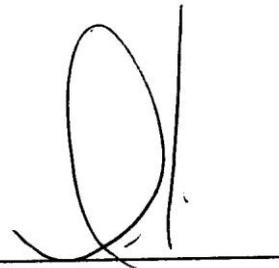
(Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa)

Co-director: M. en Biotec. Juan Díaz Vela

(Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa)

Lectora: Dra. Isabel Guerrero Legarreta

(Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa)



Agradecimientos

A la UAM-I por permitirme seguir con mi formación académica.

A la Dra. Lourdes Pérez Chabela por su esfuerzo y dedicación quien con sus conocimientos, su experiencia y motivación ha logrado que pueda terminar mis estudios con éxito.

A la Dra. Isabel Guerrero Legarreta por su aporte y participación en el desarrollo de esta tesis, pero sobre todo gracias por todas las dudas resueltas, no tengo forma de agradecerle todas las veces que me inyectaba ánimo.

A Juan Díaz Vela por todos tus consejos, por tu participación, pero sobre todo por tu amistad. Gane un gran amigo.

A Juana Chaparro, por tanto años de amistad tu sabes que te considero como una hermana para mi, muchísimas gracias por toda tu ayuda y apoyo incondicional, pero sobre todo gracias porque a pesar de todo logramos hacer un gran equipo y apoyarnos en todo, sabes que te quiero y siempre estaré contigo.

A Berenice Castillejos por todos los momentos de apoyo brindados, por todas las travesuras, gracias por tu amistad.

A los doctores Alfonso Totosaus, José y Jorge Sepúlveda por su apoyo para la realización de este trabajo.

A todos mis compañeros del S-130, muchas gracias Rosy por todas las buenas vibras que siempre me diste, Viole, Ari y Mary por su apoyo y ayuda ustedes saben que las estimo mucho.

Dedicatorias

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y brindarme salud para lograr mis objetivos, por darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad, ni desfallecer en el intento.

A mi mamá por brindarme las palabras necesarias en los momentos exactos, por tu apoyo y por recordarme día a día que puedo lograr las cosas solo debo de esforzarme y creer en mí; todo lo que soy te lo debo a ti TE AMO.

A mi padre por estar en los momentos difíciles.

A mis hermanos en especial a Naury y Erika por ayudarme y apoyarme en cualquier momento, a mis sobrinos (Diana, Arely, Orlando, Erik, Monse y Ale) por su ayuda, espero esto sea una motivación para ustedes.

A Sergio quien lloró y se alegró en cada momento junto a mí, siendo capaz de contenerme cuando todo iba mal. Gracias por amarme como solo tú lo puedes hacer.

RESUMEN

La chía (*Salvia hispanica L.*), es una planta herbácea anual, la cual es buena fuente de fibra dietética, proteína y antioxidante. El objetivo de este trabajo fue determinar las propiedades funcionales de la harina de semilla de chía (*Salvia hispanica L.*) y su efecto en las propiedades fisicoquímicas y microscópicas de un batido cárnico. Este trabajo se realizó en 2 etapas: en la primera se estudiaron las propiedades funcionales de la chía: capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de retención de aceite (CRa), capacidad de emulsión (CE), capacidad de adsorción de agua (CA_d), capacidad de absorción de agua (CA_b). En la segunda parte se incorporó la harina de chía a un batido cárnico. Los resultados mostraron que la CRA fue de 6.2g de agua /g de fibra; la CRa fue 1.4 g aceite/g muestra; la CA_d fue de 1.031g agua/g. Por otro lado se observó que la CA_b fue de 2.033 g agua absorbida/ g muestra. En cuanto a la CE fue de 219.33 mL de aceite/g proteína haciendo de esta harina un buen emulsificante, formando una película estable alrededor del glóbulo de grasa.

El rendimiento fue mayor en el batido cárnico con harina de chía que en el testigo, teniendo un mayor % de humedad total la chía, así como mayor humedad expresable. El color mostró que el batido con harina de chía es más luminosa, más roja y menos amarilla que el batido testigo. Dentro del análisis de perfil de textura el batido con chía es menos dura y menos cohesiva que el batido testigo. En el pH y pérdida a la cocción no hay diferencias significativas. El batido con chía tiene una menor rancidez oxidativa.

La Microscopia Electrónica de Barrido mostró que el batido cárnico adicionado con chía presentó la formación de mucílago que produjo una red que se entrelaza con los componentes del batido cárnico. En conclusión la harina de semilla de chía mostró

buenas características funcionales, sin embargo no mejoró las características fisicoquímicas de un batido cárnico cocido.

ABSTRACT

Chia (*Salvia hispanica* L.) is an annual herbaceous plant, which is a good source of dietary fiber, protein and antioxidants. The objective of this study was to determine the functional properties of seed flour chia (*Salvia hispanica* L.), and its effect on the physicochemical and microscopic meat a shake. This work was done in two stages: in the first we studied the functional properties of chia: water holding capacity (WHC), oil holding capacity (WHC), emulsifying capacity (EC), water adsorption capacity (CAD), water absorption capacity (CAB). In the second was part incorporated chia flour a meat milkshake. The results showed that the CRA was 6.2g water / g of fiber, the CRA was 1.4 g oil / g sample; DKA water was 1.031g / g. On the other hand it was noted that the CAB 2,033 g of water absorbed / g sample. As the EC was 219.33 mL of oil / g of flour protein making this a good emulsifier, forming a stable film around the fat globule. The yield was higher in the meat shake with chia flour than in the control, having a higher% total moisture chia and higher expressible moisture. The color showed the smoothie with chia flour is brighter, redder and less yellow than the shake control. Within the texture profile analysis the shake chia is less harsh and less cohesive than the shake control. The pH and the cooking loss showed no significant differences.

The shake with chia has a lower onset of oxidative rancidity. Scanning electron microscopy showed that chia shake with added meat presented mucilage formation resulting in a network that is intertwined with the components of the meat batter. In conclusion the chia seed flour showed good performance characteristics, however did not improve the physicochemical characteristics of cooked meat a shake.

ÍNDICE

Página

1. Introducción.	11
2. Antecedentes.	12
2.1. Chía.	12
2.1.1. Composición de la semilla de chía.	12
2.2. Propiedades Funcionales.	13
2.2.1. Propiedades de hidratación.	14
2.2.2. Capacidad de Retención de Agua (CRA).	15
2.2.3. Capacidad de Retención de aceite (CRA).	15
2.2.4. Capacidad de adsorción (C_{Ad}) y absorción (C_{Ab}).	15
2.2.5. Capacidad de emulsión (CE).	16
2.2.6. Gelificación.	16
2.3. Emulsiones cárnicas.	17
2.4. Parámetros de fisicoquímicos.	19
2.4.1. Humedad.	19
2.4.2. Humedad Expresable (HE).	19
2.4.3. pH.	20
2.4.4. Oxidación de lípidos.	21
2.4.5. Color.	23
2.4.5.1. Equipos de medición de color.	23
2.4.5.1.1. Colorímetro.	23
2.4.5.1.2. Espacio Hunter Lab.	23
2.4.6. Textura.	23
2.5. Microscopia electrónica de barrido (MEB).	26
2.5.1. Partes del microscopio electrónico de barrido.	27
2.5.1.1. Electrones secundarios.	28
3. Justificación.	29
4. Objetivos.	30
4.1. Objetivo General.	30
4.2. Objetivos Particulares.	30
5. Metodología.	30
5.1. Obtención de harina de chía.	32
5.2. Determinación de Propiedades Funcionales.	32
5.2.1. Capacidad de Retención de Agua (CRA).	32
5.2.2. Capacidad de Retención de aceite (CRA).	33
5.2.3. Capacidad de Adsorción de agua (C_{Ad}).	33
5.2.4. Capacidad de Absorción de agua (C_{Ab}).	33
5.2.5. Determinación de proteína por el método de Biuret.	34
5.2.6. Capacidad de emulsión (CE).	35
5.2.7. Formación del gel.	35
5.2.8. Análisis de Perfil de Textura del gel de proteína de chía.	35
5.3. Elaboración de batidos cárnicos.	36
5.3.1. Rendimiento a la cocción	37
5.3.2. Humedad total.	37
5.3.3. Humedad Expresable (HE).	37

5.3.4.	pH.	38
5.3.5.	Estabilidad a la cocción (EC).	38
5.3.6.	Estabilidad de la grasa (EG).	38
5.3.7.	Perdida de grasa (PG).	39
5.3.8.	Color.	39
5.3.9.	Análisis de textura.	39
5.3.10.	Rancidez Oxidativa (TBARS).	40
5.4.	Microscopia electrónica de barrido (MEB).	40
5.4.1.	Obtención de la muestra.	40
5.4.2.	Fijación.	41
5.4.3.	Lavados.	41
5.4.4.	Post-fijación.	41
5.4.5.	Deshidratación.	41
5.4.6.	Desecación al punto crítico.	41
5.4.7.	Montaje.	42
5.4.8.	Cubierta.	42
5.4.9.	Análisis estadístico.	43
6.	Resultados y Discusión.	43
6.1.	Propiedades Funcionales.	43
6.1.1.	Capacidad de Retención de Agua (CRA).	43
6.1.2.	Capacidad de Retención de aceite (CRa).	44
6.1.3.	Capacidad de adsorción C_{Ad} y absorción de agua C_{Ab}	45
6.1.4.	Capacidad de Emulsión (CE).	46
6.1.5.	Formación del gel.	47
6.2.	Análisis Físicoquímicos.	48
6.2.1.	Rendimiento.	48
6.2.2.	Humedad total y pH.	49
6.2.3.	Humedad expresable (HE).	51
6.2.4.	Color.	52
6.2.5.	Pérdida de Grasa.	55
6.2.6.	Estabilidad a la cocción.	55
6.2.7.	Estabilidad de la grasa.	56
6.2.8.	Análisis de Perfil de Textura (APT).	57
6.2.9.	Rancidez Oxidativa (TBARS).	59
6.3.	Microscopia Electrónica de Barrido (MEB).	62
7.	Conclusiones.	69
8.	Recomendaciones.	69
9.	Bibliografía.	70

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de las propiedades funcionales.	14
Tabla 2. Formulación de batidos cárnicos testigo y chía	36
Tabla 3. Resultados obtenidos de las propiedades funcionales de la harina de semilla de chía (<i>Salvia hispanica</i> L) en base seca.	44
Tabla 4. Análisis de Perfil de Textura de la harina de semilla de chía.	48
Tabla 5. Humedad total % del batido cárnico testigo y con chía.	50
Tabla 6. Comportamiento de los pH de los diferentes batidos cárnicos.	51
Tabla 7. Humedad Expresable de los diferentes batidos cárnicos.	52
Tabla 8. Luminosidad (L*) de los batidos cárnicos testigo y chía.	53
Tabla 9. Componente amarilla (b*) de los batidos cárnicos testigo y chía.	54
Tabla 10. Componente roja (a*) de los batidos cárnicos testigo y chía.	54
Tabla 11. Pérdida de grasa de los batidos testigo y con chía.	55
Tabla 12. Estabilidad a la cocción de los batidos testigo y con chía.	56
Tabla 13. Estabilidad de la grasa de los batidos testigo y con chía.	57
Tabla 14. Parámetro de Dureza (N) de los batidos testigo y con chía.	58
Tabla 15. Parámetro de Resiliencia de los batidos testigo y con chía.	58
Tabla 16. Parámetro de Cohesividad de los batidos testigo y con chía.	59

Índice de Figuras

Figura 1. Grafica de Análisis Perfil de Textura generalizado.	26
Figura 2. Estrategia experimental utilizada.	31
Figura 3. Curva patrón de albúmina para la determinación de proteína	34
Figura 4. Capacidad de emulsión de harina de chía.	46
Figura 5. Rendimiento de los batidos cárnicos testigo y con chía	49
Figura 6. Rancidez Oxidativa de los batidos cárnicos con chía y testigo.	60
Figura 7. Micrografía de Semilla de chía a 60X.	64
Figura 8. Micrografía de la semilla de chía a 200X.	64
Figura 9. Micrografía de harina de chía a 100X.	65
Figura 10. Micrografía de harina de chía a 1000X.	65
Figura 11. Micrografía de salchicha testigo a 100X.	66
Figura 12. Micrografía de salchicha con harina de chía a 100X.	66
Figura 13. Micrografía de salchicha testigo a 500X.	68
Figura 14. Micrografía de salchicha con chía a 500X.	68

1. INTRODUCCIÓN

En la sociedad actual, los desequilibrios y desajustes alimentarios están relacionados con la aparición de un gran número de enfermedades. A pesar de esto en los últimos años ha aumentado considerablemente el interés de los consumidores por conocer la relación entre la dieta y la salud. Como consecuencia de esta situación, surgen los alimentos funcionales que pueden compensar los desequilibrios alimentarios y garantizar las ingestas de nutrientes recomendadas. Los alimentos funcionales son alimentos en los que algunos de sus componentes afectan las funciones del organismo de manera específica y positiva. Con el propósito de estudiar y analizar fuentes alternativas de fibra dietética, además del incremento en la demanda en los productos alimenticios altos en fibra se ha encontrado que la semilla de chía (*Salvia hispanica L.*) es una buena fuente de fibra dietética 34.9%, proteína y antioxidante.

La salchicha es un producto cárnico que ha estado en el gusto de las personas desde hace mucho tiempo. El enriquecer este tipo de embutido con la semilla de chía es una idea que surgió precisamente por todas las necesidades que presenta la población hoy en día.

La calidad de los alimentos depende en gran medida de los cambios que sufren los componentes que lo conforman en su estructura durante el procesamiento y almacenamiento, para evaluar estos cambios en la salchicha se utilizó la técnica de microscopía electrónica de barrido (MEB) donde se realiza el análisis con las imágenes, relacionándolas con evaluaciones físicas y químicas del producto, para obtener una descripción cualitativa de la microestructura de la muestra.

2. ANTECEDENTES

2.1 Chía

El término chía se refiere a un pequeño grupo de plantas anuales pertenecientes a la familia *Lamiaceae*, nativas del suroeste de México y América central. Crecen en suelos arcillosos o arenosos que estén bien drenados, no toleran las heladas ni crecen en la sombra. La variedad nativa de la República Mexicana es la *Chionocalyx fernald* (Beltrán-Orozco y Romero, 2003).

En la cultura Mesoamericana, la chía fue uno de los cuatro alimentos básicos de las civilizaciones de América central (Aztecas y Mayas), junto con el maíz, el amaranto y los porotos (frijoles). Sus semillas se utilizaron para elaborar medicinas y eran la base de su alimentación y también de la de sus animales. La conquista reprimió a los nativos, eliminó sus tradiciones y destruyó la mayoría de la producción agrícola intensiva, así como el sistema de comercialización existente (Ayerza y Coates, 2005).

2.1.1 Composición de la semilla de chía

Esta semilla contiene aceite, en una proporción de 25-35%, proteína de 19-23%, y fibra dietaria 34.9% (Reyes-Caudillo y col., 2008; Ixtania y col., 2008). Considerado por esto como una fuente de alimento muy atractiva para países en desarrollo (Webber y col., 1991).

El aceite de chía tiene un contenido muy elevado de ácido α -linolénico (63.8%), esencial en la alimentación y muy efectivo para combatir enfermedades cardiovasculares (Beltrán-Orozco y Romero, 2003).

La oxidación de la chía es de mínima a nula, debido a los antioxidantes presentes en el aceite (ácido clorogénico, ácido cafeíco y flavonoides), lo cual la puede hacer útil para evitar procesos oxidativos en alimentos (Taga y col., 1984).

La semilla de chía es una fuente buena de proteína de fácil absorción y digestión, beneficiando el desarrollo de tejidos durante el crecimiento en los niños (Beltrán- Orozco y Romero, 2003). El mucílago de la semilla es un polisacárido útil como fibra soluble y dietética (Bushway y col., 1981).

2.2 Propiedades funcionales de las proteínas

Las propiedades funcionales se definen como características físicas y químicas que determinan el comportamiento del sistema, en función a la interacción entre componentes o debido a un componente en particular, durante la producción, el almacenamiento y el consumo (Wilding y col., 1984; Kinsella, 1984).

Existen muchas propiedades funcionales en los alimentos, las más importantes en productos cárnicos son retención de agua, solubilidad, gelificación y emulsificación; sin embargo más de una propiedad funcional está presente en un sistema (Totosaus y Guerrero, 2006).

La importancia de las propiedades funcionales radica en su aplicación en un sistema alimenticio debido a la utilidad que tienen al suministrar una serie de características a los alimentos en que se aplican.

Hay diversos criterios para clasificar las propiedades funcionales. En 1976 Kinsella las clasifico de acuerdo a la función que desempeñan durante la elaboración de un sistema alimenticio (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de las propiedades funcionales (Kinsella,1976)

PROPIEDADES FUNCIONALES	CARACTERÍSTICAS
Ligantes	ligan a lípidos, sabores, etc.
Organolépticas	color, sabor, aroma, olor, etc.
Antioxidantes	Previene la aparición o producción de sabor y olor desagradables.
Superficiales	Tienen la capacidad de formar una emulsión, espumante, etc.
Hidratación	solubilidad, viscosidad, etc.
Estructurales	elasticidad, cohesividad, etc.
Reológicas	viscosidad, gelificación, etc.

2.2.1 Propiedades de hidratación de las proteínas

Las propiedades de hidratación de la fibra dietética se describen como la habilidad de retener agua dentro de su matriz, estas propiedades dependen en gran medida de la naturaleza fisicoquímica de los constituyentes de la fibra, las cuales están determinadas principalmente por su contenido en gomas, pectinas, mucilagos y hemicelulosas solubles; mientras que la celulosa la lignina y otros componentes relacionados con la fibra presentan una influencia limitada sobre estas propiedades (Figuerola y col., 2005).

Las fibras solubles como pectinas, gomas y β -glucanos son capaces de formar soluciones altamente viscosas, por lo cual pueden ser usados como agentes espesantes en la industria de alimentos (Dongowski y col., 2005).

2.2.2 Capacidad de Retención de agua (CRA)

Expresa la máxima cantidad de agua que puede ser retenida por una muestra de materia seca de peso conocido, en abundante agua y bajo la acción de una fuerza patrón (Tamayo y Bermúdez, 1998). De esta propiedad depende el efecto fisiológico de la fibra y el nivel máximo de incorporación a un alimento (Zambrano y col., 2001). La retención de agua afecta la viscosidad de los productos facilitando o dificultando su procesamiento. Entre los factores que influyen en la capacidad de retención de agua en una fibra se encuentran el tamaño de partícula, el pH y la fuerza iónica (Baquero y Bermúdez, 1998).

2.2.3 Capacidad de retención de aceite (C_{Ra})

Por lo general las partículas con gran superficie presentan mayor capacidad para absorber y atrapar componentes de naturaleza aceitosa; la grasa es atrapada en la superficie de la fibra principalmente por medios mecánicos. Se ha observado que las fibras insolubles presentan mayores valores de absorción de grasa que las solubles, sirviendo como emulsificante. A esta propiedad se le relaciona con la composición química, el tamaño y el área de las partículas de fibra (Cruz, 2002). La retención elevada de aceite imparte jugosidad y mejora la textura de los productos cárnicos, en cambio una baja retención proporciona una sensación no grasosa en productos fritos (Peraza, 2000).

2.2.4 Capacidad de adsorción (C_{Ad}) y absorción de agua (C_{Ab})

La determinación de la C_{Ad} se basa en el equilibrio del vapor de agua del medio con respecto al alimento y es útil para predecir la estabilidad y cambio deteriorativo de la fibra durante su almacenamiento. La C_{Ab} es definida como la cantidad de agua que una fuente de fibra es capaz de absorber cuando se le coloca en una cantidad suficiente de la misma, siendo importante esta propiedad cuando la fibra ha de emplearse en productos extruidos ya que el material debe ser húmedo antes del proceso y durante el mismo.

Ambas propiedades se relacionan con la composición química de la fibra, el origen de los compuestos asociados, el pH y la forma en que se prepara la muestra (Zambrano y col., 2001).

2.2.5 Capacidad de emulsión (CE)

La capacidad emulsificante (CE) se refiere a la cantidad de aceite (mL) que puede ser emulsionado por gramo de proteína, hasta el momento en que se invierte la emulsión. El principio de este método fue establecido por Swift y col. (1961), el cual se lleva a cabo por la adición de aceite en un flujo constante a una dispersión de proteína que se mantiene en agitación constante, hasta que ocurre la ruptura de la emulsión, el cual se reconoce por un cambio abrupto en la viscosidad o color, o por el aumento o por conductividad eléctrica hasta la ruptura de la emulsión por medio de un voltímetro (Jiménez-Colmenero y García Matamoros, 1981).

Es importante mencionar que este último método depende de la velocidad con la que se adiciona el aceite y la geometría del homogeneizador, además de un aumento en la viscosidad de la emulsión lo que dificulta medir el punto de ruptura de la emulsión (Wagner, 2000).

2.2.6 Gelificación

Un gel es una matriz o red de macromoléculas interconectadas que atrapan e inmovilizan a la fase líquida en sus espacios (Montejano, 2006). El entrecruzamiento mediante uniones, covalentes o no covalentes, para formar una red la cual es capaz de atrapar agua y sustancias de bajo peso molecular (Gálvez y col., 2006). La gelación de proteínas consiste en la transformación de una proteína del estado “sol” a un estado “gel”, el cual

es facilitado por calor, enzimas, o cationes divalentes bajo condiciones apropiadas y que inducen la formación de una estructura de red.

La mayoría de las proteínas se inicia por la desnaturalización, lograda por el calentamiento, esta desnaturalización es considerada un progel definido como un líquido viscoso. Un segundo estado es la formación de una red de proteína entre las moléculas desplegadas; generalmente irreversibles. Una vez enfriado el progel a temperatura ambiente o refrigeración, existe un cambio en la energía cinética, facilitando las uniones estables no covalentes, gracias a la exposición de grupos funcionales de varias moléculas, lo que constituye la gelificación (Gálvez y col., 2006).

2.3 Emulsiones cárnicas

Se define a una emulsión como un sistema de dos fases líquidas inmiscibles, donde una de las cuales se encuentra dispersa en la otra. En las pastas cárnicas los glóbulos de grasa constituyen la fase dispersa mientras que la fase continua es una matriz acuosa que contiene sales, proteínas solubles e insolubles y fibras musculares y tejido conectivo (Gordon y Barbut, 1992; Hultin, 1993).

En las pastas cárnicas existen algunos glóbulos de grasa los cuales son más grandes del tamaño requerido para formar una emulsión verdadera (< 20 mm) (Gordon y Barbut, 1992). Sin embargo, este sistema de dispersión es lo más cercano a una emulsión, por ello se le denomina una emulsión aceite en agua (Flores y Bermell, 1985).

Debido a esto, se puede definir una pasta cárnica como una mezcla finamente molida de proteínas musculares, partículas de grasa, agua, sal y otros ingredientes que dan como resultado un producto cárnico homogéneo con una estructura compleja.

Durante la elaboración de los productos cárnicos emulsionados y cocinados existen 4 pasos fundamentales, que permiten el desarrollo de la textura característica de estos productos (Terrel, 1980).

1. Extracción de las proteínas, esto se logra a través de la reducción en el tamaño de la carne durante el proceso de picado o molido todas las células musculares necesitan ser abiertas para solubilizar a las proteínas miofibrilares en presencia de suficiente agua, cantidad optima de sal y fosfatos
2. Activación de las proteínas, aquí la proteína muscular se hace soluble, esto se lleva a cabo por la adición de sal además del nitrito de sodio, fosfatos y una parte del hielo (Terrel, 1980). Los fosfatos, y el cloruro de sodio provocan un aumento de la viscosidad de las proteínas miofibrilares, mejorando la estabilidad de la emulsión favoreciendo la solubilización de las mismas al formar una solución salina y por tanto aumentando la capacidad de emulsión (cantidad de aceite que puede emulsionar un gramo de proteína antes de que se destruya o invierta la emulsión) (Flores y Bermell, 1985; Guerrero y col., 2002).
3. Formación de la emulsión, la grasa es añadida a la pasta, la agitación mecánica dispersa los glóbulos de grasa los cuales son atrapados en la matriz proteica. Las proteínas miofibrilares atrapan a los glóbulos de grasa y forman una película alrededor de ellos haciendo estable a la emulsión o batido cárnico. Existen factores como la temperatura, tiempo, pH, tamaño de partícula y tipo de grasa o lardo afectan la estabilidad de la emulsión.
4. Gelificación por calor de la matriz proteica, que consiste en incorporar y homogenizar el resto de ingredientes y el hielo de acuerdo a la formulación por

medio de agitación. El batido cárnico es colocado en fundas naturales o sintéticas que permitirán una apropiada transmisión de calor en el producto. La cocción convierte a la pasta de un estado de “sol” a un estado de “gel” (Terrel, 1980).

2.4 Parámetros fisicoquímicos

2.4.1 Humedad

La determinación de humedad es uno de los análisis más importantes que se realiza a un producto alimenticio ya que todos los alimentos contienen agua en mayor o menor proporción entre 60 y 95%. En los tejidos animales y vegetales el agua se puede encontrar en forma de “agua libre” y “agua ligada”. El agua libre es la forma que mas predomina y se libera con gran facilidad. El agua ligada se encuentra como agua de cristalización (en los hidratos) o ligada a las proteínas y a las moléculas de carbohidratos y absorbida sobre la superficie de las partículas coloidales (Hart, 1991).

2.4.2 Humedad Expresable (HE)

El desarrollo de métodos más detallados para medir las propiedades de unión del agua con las proteínas en la carne, comúnmente se conoce como “capacidad de retención de agua”. Sin embargo este término tiene que ser sustituido por términos más específicos y cuidadosamente definidos, como: la humedad expresable, retención de agua potencial y libre goteo.

La humedad expresable se refiere a la cantidad de líquido exprimido en un sistema proteico por la aplicación de una fuerza y mide la cantidad de agua liberada. La cantidad de esta depende del tipo y cantidad de fuerza aplicada (Jauregui y col., 1981).

Muchas de las propiedades físicas de la carne dependen de su capacidad de retención de agua, entre ellas se encuentran color, textura y jugosidad. Cuando los tejidos tienen una

baja capacidad de retención de agua, las pérdidas de humedad y por tanto de peso (disminución del rendimiento) durante su almacenamiento son grandes. Esta pérdida de humedad tiene lugar en la superficie del producto expuesta al aire dando la apariencia de un producto deshidratado (Forrest y col., 1974).

Dentro de los factores mas importantes que afectan la capacidad de retención de agua se encuentra la concentración de sales ya que produce los fenómenos conocidos como “solubilización por salado” (“salting-in”) e “insolubilización por salado” (“salting-out”). El primer caso resulta al utilizar bajas concentraciones de sal, ya que sus iones, al desintegrarse, reaccionan con las cargas de las proteínas, reduciendo la atracción entre las mismas, esto trae como consecuencia un aumento de la capacidad de retención de agua. Cabe mencionar que este aumento solo se da si el pH del medio se encuentra por arriba del punto isoeléctrico de las proteínas, ya que en el punto isoeléctrico sucede lo contrario (precipitan). El segundo caso (insolubilización por salado), se da a concentraciones de sal mayores a 1 M teniendo como consecuencia la disminución de la capacidad de retención de agua, debido a que el exceso de iones salinos que no han reaccionado con la proteína compiten con esta para establecer enlaces con el agua, no dejando agua suficiente para interactuar con las proteínas, trayendo como consecuencia que las proteínas se agreguen e incluso precipiten (Acton y col., 1983; Borderias y Montero, 1988).

2.4.3 pH

El pH en el batido cárnico es muy importante, ya que es en este paso donde se produce la extracción de proteínas miofibrilares que son las que proporcionaran la estabilidad a la emulsión. La influencia del pH sobre las propiedades funcionales de las proteínas es de

fundamental importancia especialmente en las miofibrilares, lo que trae como consecuencia una pérdida de solubilidad y por lo tanto una disminución en la capacidad de retención de agua y en la intensidad del color (Alarcón, 1992).

El pH final de la carne también es determinante en el crecimiento microbiano, ya que la mayoría de las bacterias crecen óptimamente a un pH aproximado de 7, mientras que a valores inferiores de 4 y superiores a 9 hay crecimiento escaso (Lawrie, 1985). El pH de un alimento se puede medir por medio de una titulación ácido – base utilizando indicadores que cambian de color a valores de pH específicos o utilizando un potenciómetro (Kirk y col., 1999).

2.4.4 Oxidación de lípidos

La rancidez oxidativa puede ser causada por la reacción del oxígeno de la atmósfera con las dobles ligaduras de los ácidos grasos insaturados (Ockerman, 1980; Hamilton, 1994). La oxidación es un proceso que consta de tres pasos: iniciación, propagación y terminación, período en el cual se producen gran cantidad de compuestos como aldehídos, ácidos carboxílicos, cetonas, epóxidos, hidroperóxidos, mono y di-glicéridos, además de formar polímeros entre los productos de oxidación formados y con las proteínas con las cuales reaccionan (Gray, 1978) los productos finales de la oxidación se pierden continuamente en reacciones, es difícil medir el grado de oxidación. Por lo que es altamente recomendable que por lo menos se realicen dos pruebas simultáneas relacionadas con la calidad oxidativa (Woyewoda y col., 1986). Una de estas determinaciones es el Índice de Peróxidos que se caracteriza por medir los productos de oxidación lipídica primaria (hidroperóxidos), en donde se recomienda determinar este valor a intervalos de tiempo corto, ya que los peróxidos tienen una fase lag, seguido de un

incremento rápido donde alcanzan un máximo y después descienden. Así que si se mide el índice de peróxidos al tiempo cero y al final de la vida de anaquel, no se podrán notar diferencias significativas entre los dos puntos, debido a que durante ese transcurso de tiempo, posiblemente el valor alcanzó su punto máximo y luego descendió de nuevo. Labuza (2000) establece que el final de la vida de anaquel de un producto ocurre en un punto cerca del 25-50% del valor máximo.

A medida que la oxidación prosigue los peróxidos pueden interaccionar con proteínas (Gardner, 1979) o se pueden descomponer en compuestos responsables de los sabores y olores desagradables ó característicos de una rancidez (productos finales de la oxidación) (Gray, 1978). El malonaldehído es un producto que se presenta en etapas finales de la oxidación de grasas poliinsaturadas, este reacciona rápidamente con el ácido tiobarbitúrico (TBA por sus siglas en inglés) para formar un color rosa característico que es leído espectrofotométricamente, principio en el cual se basa esta prueba. Existen dos métodos básicos para la determinación del valor TBARS (valor de sustancias reactivas con el ácido tiobarbitúrico), uno consiste en llevar a cabo la reacción directamente en el alimento con la posterior extracción del pigmento coloreado; o por destilación del alimento y reacción del destilado con el reactivo, cabe señalar que ambos se basan en la reacción, en medio ácido, del malonaldehído con el ácido 2-tiobarbitúrico (Rossell, 1994). Los resultados se expresan como malonaldehído haciendo referencia a una gráfica estándar que se prepara utilizando 1,1,3,3-tetra-etoxipropano, que produce el dialdehído por hidrólisis ácida (Ockerman, 1980; Kirk y col., 1999).

2.4.5 Color

El color es uno de los atributos más importantes de calidad de los alimentos, es una característica de la luz, que es medible en términos de intensidad y longitud de onda (Sahin y Summu, 2006); este atributo determina en mayor medida la aceptación de la carne por el consumidor (Guerrero y col., 2002). En la carne se debe básicamente a la presencia de mioglobina y en menor grado a la hemoglobina. La mioglobina es una proteína conjugada, que además de la parte proteica llamada globina, contiene un grupo prostético de naturaleza no peptídica denominado hemo la cual se encarga de fijar oxígeno y el de la globina es hacer que la fijación del oxígeno sea reversible (Colby, 1987). El color se puede medir objetiva o subjetivamente; en el caso de este último se requiere un equipo de catadores, que evalúan las muestras de acuerdo con una escala de valores previamente establecida (Domínguez y Gutiérrez, 1993). La determinación objetiva consiste en la comparación del color por un medio instrumental como un colorímetro, ya sea portátil o de mesa (Labuza, 2000); en la carne se determina la medición instrumental de las partes que lo constituyen, basándose en que la superficie de la carne refleja luz en muchos ángulos, creando una reflectancia difusa de varia longitudes de onda (Guerrero y col., 2002).

2.4.5.1 Equipos de medición de color.

Los equipos para medir el color se pueden clasificar en dos tipos: espectrofotométricos y colorímetros.

2.4.5.1.1 Colorímetros

Un colorímetro es un instrumento que reproduce óptica y electrónicamente la sensación percibida por el ojo humano el cual presenta tres componentes principales: *Fuente de*

iluminación, combinación de filtros utilizados para modificar la distribución de energía de la luz incidencia/reflejada y *detector fotoeléctrico* que convierte la luz reflejada en salida eléctrica. Cada color tiene un patrón de huella de reflectancia en el espectro, por lo cual cada color tiene sus propios valores triestímulo que lo distinguen de cualquier otro color. A fin de tener una reproducción de esta percepción del color se definen varios sistemas, entre los más importantes está el sistema CIE (Commission Internationale de l'Eclairage, Comisión Internacional de la Iluminación), el Munsell y el Hunter (Sahin y Summu, 2006).

2.4.5.1.2 Espacio de color Hunter Lab

Este sistema esta basado por las mediciones L , a y b . El valor L representa el valor de la luminosidad y cambia desde 0 (negro) a 100 (blanco). El valor a cambia desde $-a$ (verdoso) a $+a$ (rojizo), mientras que el valor b va desde $-b$ (azulado) a $+b$ (amarillento) (Yam y Papadakis., 2004).

2.4.6 Textura

La textura es un atributo principal que junto con el color, sabor y olor, conforman la calidad sensorial de los alimentos. Existen dos maneras de determinar la textura de un alimento, una de ellas es la subjetiva; para llevar acabo esta y para lograr tener resultados reproducibles se requiere del entrenamiento de un panel y la estandarización de las medidas, implicando mayor tiempo (Brady y col., 1985, Bourne, 1978).

Szczesniak (1975) establece el método de "Análisis de Perfil de Textura" (APT) para medir objetivamente la textura. Basándose en la imitación de la masticación por medio de un texturómetro el cual realiza una doble compresión, que al graficar la fuerza contra el tiempo se pueden calcular los siguientes parámetros: (Sahin y Summu, 2006).

Fracturabilidad.- Se define como la fuerza de la primera ruptura significativa en el área positiva del primer mordisco.

Dureza.- Fuerza necesaria para alcanzar una deformación dada. Es el valor más alto de la primera compresión del producto.

Cohesividad.- Fuerza que mantiene unidas a las partículas de la muestra y es calculada mediante la división del Área 2 entre el Área 1.

Resorteo.- grado en el cual un producto regresa a su forma original una vez que haya sido comprimido

Resiliencia.- También llamada elasticidad se define como la altura a la que el alimento se recupera durante el tiempo que tarda entre el final del primer mordisco y terminar el segundo mordisco (distancia o longitud del ciclo de compresión durante el segundo mordisco).

Adhesividad.- Área negativa de la fuerza para de la fuerza para el primer mordisco representando el trabajo necesario para sacar el pistón fuera del alimento.

Gomosidad.- Resultado del producto de dureza por cohesividad. En términos sensoriales, es la energía necesaria para desintegrar un alimento semisólido de modo que este listo para ser tragado.

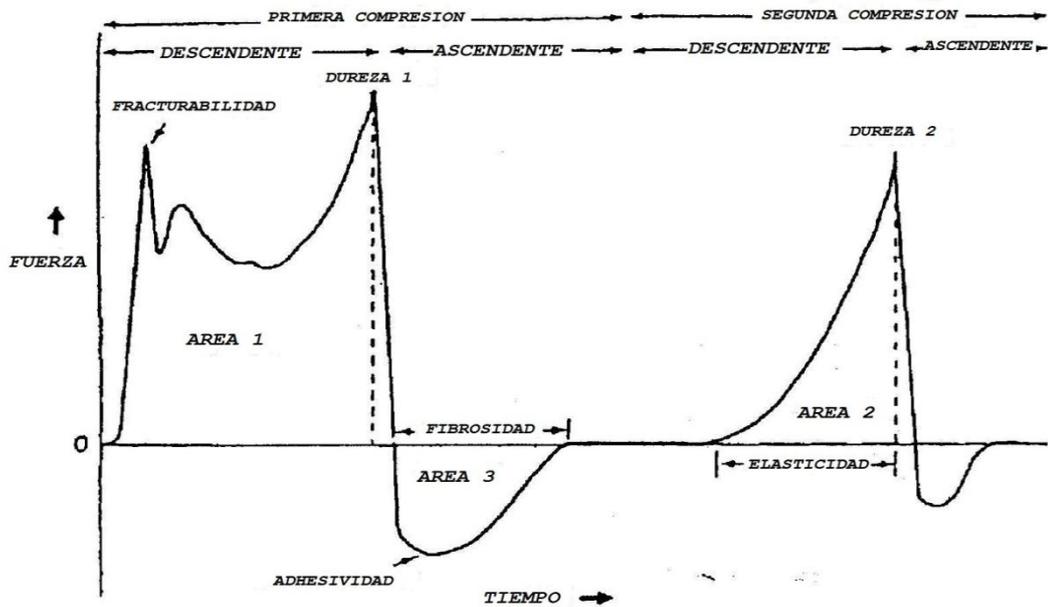


Figura 1 Curva general de análisis de perfil de textura (Bourne, 1978)

2.5 Microscopía electrónica de barrido (MEB)

La Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) es una técnica que permite la observación y caracterización superficial de cualquier material, ya sea orgánico e inorgánico, analizando la morfología de la superficie de la muestra, así como también su composición química (Aguilera, 2005)

El Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) es un instrumento que emplea el bombardeo de un haz de electrones acelerados hasta una longitud de onda cien mil veces menor a la de la luz blanca, y condensados por lente electromagnéticas. Es así, que debido a la generación de señales ocasionadas del impacto de electrones con la muestra, se obtiene una imagen (Aguilera y Stanley, 1990).

2.5.1. Partes del Microscopio Electrónico de Barrido

La parte principal de un microscopio electrónico de barrido es la denominada columna de electrones la cual lleva alojados en su interior los siguientes elementos: un cañón de electrones con un filamento que actúa como emisor o fuente de iluminación, por analogía con un sistema óptico; un sistema de lentes electromagnéticas encargado de focalizar y reducir a un diámetro muy pequeño el haz de electrones producido por el filamento; un sistema de barrido que hace recorrer el haz de electrones ya focalizado por la superficie de la muestra; uno o varios sistemas de detección que permiten captar el resultado de la interacción del haz de electrones con la muestra y transformarlo en una señal eléctrica; una salida conectada a una o varias bombas que producen el vacío necesario para que el conjunto funcione adecuadamente (Aguilera, 2005; Aguilera y Stanley, 1990)

Además, el microscopio posee diversos sistemas que permiten observar las señales eléctricas procedentes de los detectores, en forma de imágenes en un monitor de TV, fotografía, espectro de elementos, etc. La técnica esencialmente consiste en hacer incidir en la muestra un haz de electrones. Este bombardeo de electrones provoca la aparición de diferentes señales que, captadas con detectores adecuados, nos proporcionan información acerca de la naturaleza de la muestra.

La señal de electrones secundarios proporciona una imagen de la morfología superficial de la muestra. La señal de retrodispersados una imagen cualitativa de zonas con distinto número atómico medio, y la señal de rayos X espectros e imágenes acerca de la composición de elementos químicos en la muestra (Bozzola y Rusell, 1991; Aguilera y Stanley, 1990)

2.5.1.1 *Electrones Secundarios*

La señal de electrones secundarios es la que se emplea regularmente para obtener una imagen de la muestra. Esta señal nos proporciona una imagen más real de la superficie que estemos estudiando, se considera un electrón secundario aquel que emerge de la superficie de la muestra con una energía inferior a 50 eV (electronvoltios), y un electrón retrodispersado el que lo hace con una energía mayor (Bozzola y Rusell, 1991).

3. JUSTIFICACIÓN

En México 30% de la población tiene obesidad y 70% sobrepeso. En los niños, uno de cada tres tiene sobrepeso, una de cada tres mujeres y uno de cada cuatro hombres son obesos; el incremento de la obesidad y el sobrepeso se atribuyen al aumento en la ingesta de calorías principalmente.

La obesidad contribuye a enfermedades coronarias, apoplejía, diabetes, hipertensión, algunos cánceres, enfermedades hepáticas, disfunción inmune, dolores articulares, etc. Debido a todos los problemas causados por la obesidad se recomiendan alimentos ricos en fibra ya que ayuda a prevenir diversas enfermedades.

La chía tiene como principal componente su alto contenido en fibra, aproximadamente el 34.9% y por el contrario que el resto de las fibras resulta muy agradable al paladar, el aporte de fibra ayuda a regular el tránsito intestinal que resulta tan necesario en la nutrición moderna por el estilo de vida de la población.

Además la chía contiene un elevado porcentaje de hierro, magnesio, fósforo, selenio, Ω -3; en el caso de el calcio, lo asimilamos cinco veces más comparado con la leche, por todo esto se pretende aprovechar todas sus propiedades como ingrediente funcional, con el objetivo de proponer una fuente alterna que brinde a la población beneficios en la salud; introduciendo la semilla como harina en la salchicha; embutido de mayor consumo en México.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

- Conocer las propiedades funcionales de la harina de semilla de chía (*Salvia hispanica L.*) y su efecto en las propiedades fisicoquímicas y microscópicas de un batido cárnico.

4.2 Objetivos Particulares.

- Determinar las propiedades funcionales que presenta la harina de semilla chía.
- Conocer el efecto de la harina de semilla de chía sobre las propiedades fisicoquímicas de un batido cárnico.
- Conocer el efecto de la harina de semilla de chía sobre las características microscópicas de un batido cárnico.

5. METODOLOGÍA

En la figura 2 se muestra la estrategia experimental utilizada para este estudio.

DIAGRAMA DE FLUJO

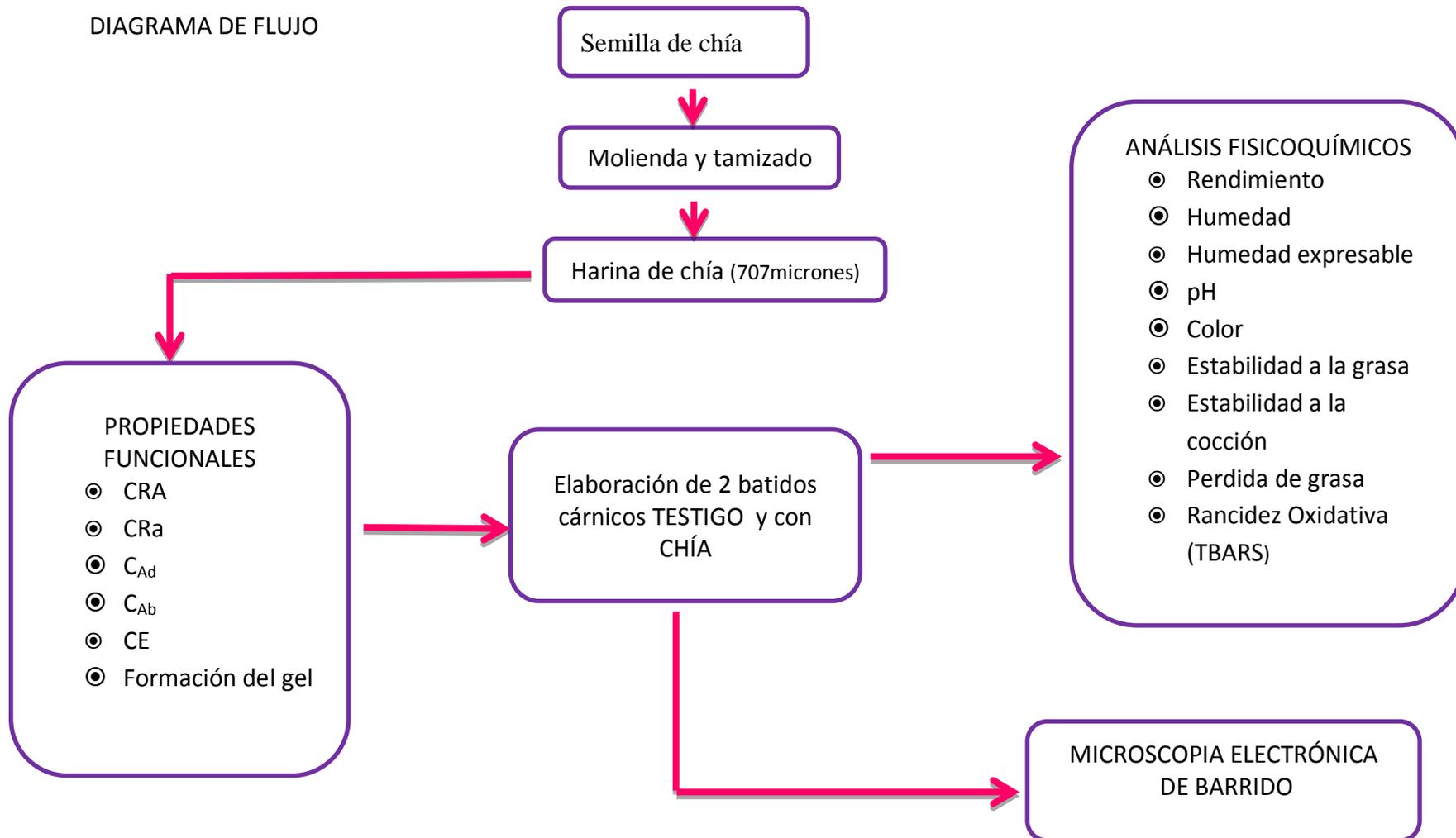


Figura 2. Estrategia experimental utilizada

La metodología se realizó en dos partes: en la primera se determinaron las propiedades funcionales de la harina de chía y la segunda consistió en la elaboración de dos batidos cárnicos uno testigo y otro con chía a los cuales se les determino el efecto de esta harina sobre las propiedades fisicoquímicas y microscópicas.

Primer Parte

5.1 Obtención de Harina de Chía

Se realizó una molienda de la semilla de chía en un procesador de alimentos (Osterizer), se tamizó en un equipo marca Humboldt, MFG, Co. Chicago USA, utilizando una malla numero 25 con una apertura de 707 micrones obteniendo un tamaño de partícula uniforme; se seco en una estufa (CRAFT), a 65°C después se empaco al vacío hasta su uso.

5.2 Determinación de Propiedades Funcionales

5.2.1 Capacidad de Retención de Agua (CRA)

Se realizó por el método propuesto por Chau y col. (1997). En un tubo para centrifuga se colocó un gramo de muestra en base seca, se adicionaron 10 mL de agua destilada, se agitó en un agitador magnético, a continuación se centrifugó en una centrifuga SOLBAT modelo J-300 a 2200 x g por 30 minutos, se midió el volumen del sobrenadante en probetas de 10 mL. La capacidad de retención de agua se expresó como los mL de agua retenidos por gramo de fibra.

5.2.2 Capacidad de retención de aceite (CRa)

Se realizó por el método propuesto por Chau y col. (1997). Se adicionaron 10 mL de aceite de maíz (La Gloria), a un gramo de muestra en base seca, se agitó en un vortex, a continuación se centrifugo en una centrifuga SOLBAT modelo J-300 a 2200 x g por 30 minutos, se midió el volumen del sobrenadante en probetas de 10 mL. La capacidad de retención de aceite se expreso como los gramos de aceite retenidos por un gramo de fibra. La densidad del aceite de maíz fue de 0.86g/mL

5.2.3 Capacidad de Adsorción de agua (C_{Ad})

Se determinó por la técnica de Chen y col. (1984), para ello se colocó un gramo de muestra en base seca en un micro-ambiente de 98% de humedad relativa en equilibrio, el cual se logró colocando 20 mL de solución salina saturada de sulfato de potasio en frascos de vidrio. La muestra se dejó en el micro-ambiente hasta alcanzar peso constante, reportándose la C_{Ad} como la ganancia en peso expresada en gramo de agua por gramo de muestra seca.

5.2.4 Capacidad de Absorción de agua (C_{Ab})

Se realizó por el método 88-04 de la AACC (1984) con algunas modificaciones. Se pesaron 0.5 gramos de harina de chía se le adicionaron 8.75 mL de agua destilada y se centrifugo en un equipo SOLBAT modelo J-300 a 2000 x g durante 10 minutos, luego se procedió a retirar el exceso de agua y se peso. La C_{Ab} fue expresada como gramos de agua absorbida por cada gramo de muestra.

5.2.5. Determinación de proteína por el método de biuret (Gournall y col., 1949)

Se realizó el reactivo de biuret que consiste en la preparación de dos soluciones; pesar 1.5 g de sulfato cúprico pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), 6 g de tartrato de sodio y potasio tetrahidratado en 500 mL de agua destilada, preparar 300mL de hidróxido de sodio (NaOH) al 10%. Se juntaron las soluciones y se aforo a 1000mL con agua destilada, almacenándose en un frasco ámbar. Se mezcló 1 mL de la muestra y 3 mL del reactivo de biuret se dejó reposar durante 30 min en oscuridad, se procedió a leer la absorbancia en un espectrofotómetro en el rango de luz visible $\lambda=540$ nm contra el blanco de reactivos. Los datos obtenidos se interpolaron con una curva patrón de albumina sérica bovina de concentración de 10mg/mL. La figura 3 muestra la curva patrón de albumina para la determinación de proteína obtenida del método de biuret.

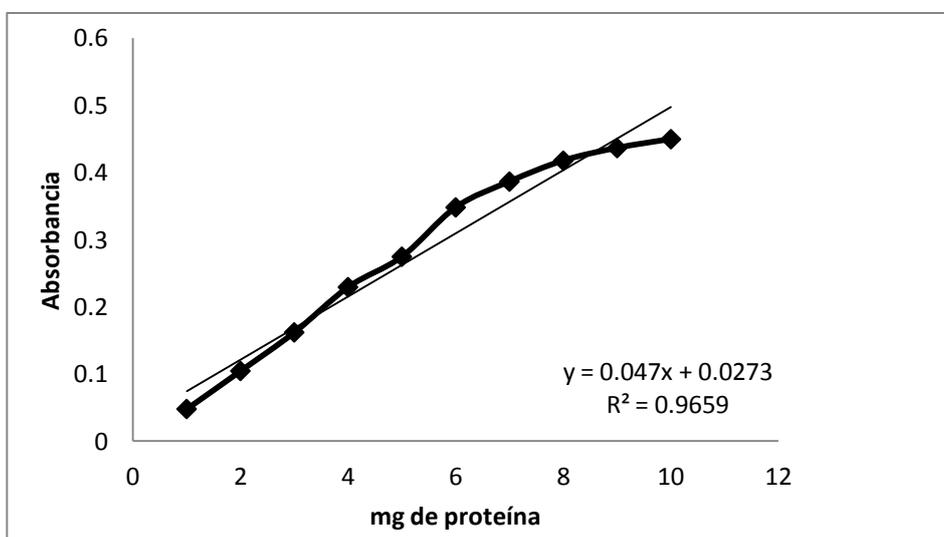


Figura 3. Curva patrón de albúmina para la determinación de proteína

5.2.6 Capacidad de emulsión

Se determinó por resistencia eléctrica, basado en el método de Mena-Casanova y Totosaus (2011) con algunas modificaciones. Se colocaron 15 mL de una solución de proteína con una concentración de 5mg/mL la cual fue colocada en un tubo de acrílico de 10 cm de altura, con un diámetro interno de 3.17 cm con dos electrodos de cobre conectados a un multímetro digital Steren MUL-600 (Stem Electrónica, Ciudad de México, México). Se le agregaron 10 mL de aceite de maíz La Gloria (Corfuerte, S.A. de C.V. Miguel Hidalgo, Distrito Federal). La mezcla se emulsiono durante un minuto, inmediatamente después se adiciono aceite de maíz en un flujo constante de 0.2 mL/s hasta que exista la inversión de fases, lograda por la interrupción de la conductividad eléctrica, reportando los mL de aceite emulsionados por gramo de proteína. Se registro la curva de resistencia contra el tiempo con el software del multímetro y se determino el trabajo de emulsión integrando el área bajo la curva en el programa Sigma Plot (versión 8.0, Systat Software, San José, California, EUA).

5.2.7 Formación del gel

En 50 ml de una solución 0.6M de NaCl se adicionó 6% de proteína de chía, se colocaron en recipientes de 15mm de diámetro por 150mm de largo y se calentó gradualmente 1°C/min hasta llegar a 70°, punto en que se formo el gel. Este gel se almacenó a 4°C.

5.2.8 Análisis de Perfil de Textura del gel de proteína de chía

Se determino un análisis del perfil de textura utilizando un analizador de textura LFRA 4500 Texture Analyzer Brookfield comprimiendo con una sonda de 4 cm de diámetro a una velocidad constante de 1mm/s con una compresión del 50% de la altura del gel a

temperatura ambiente. Obteniendo curvas de fuerza-deformación de las cuales se calculará la dureza (fuerza necesaria para alcanzar una deformación dada, fuerza máxima durante la primera compresión), cohesividad (fuerza de los enlaces internos que proporcionan el cuerpo a la muestra, resorteo (grado en el cual un producto regresa a su forma original una vez que haya sido comprimido), y resiliencia (capacidad de recuperar su forma original después de haber aplicado una fuerza de compresión) (Totosaus y Pérez-Chabela., 2009).

Segunda parte

5.3 Elaboración de batido cárnico

Se elaboraron dos batidos cárnicos una fue denominada testigo y a la otra se le adicionó harina de chía. En la Tabla 2 se muestra la formulación de los batidos cárnicos adicionados con harina de semilla de chía y testigo.

Tabla 2. Formulación de batidos cárnicos

Ingredientes (%p/p)	Testigo	Chía
Cerdo	50	50
Lardo	20	20
Sal cura	0.3	0.3
Fosfatos	0.5	0.5
Harina de trigo	6	0
Harina de chía	0	6
Sal	2	2
Hielo	21.2	21.2

Se molió la carne y el lardo y se mezclaron todos los ingredientes, la pasta se embutió en tripas de celulosa y se coció hasta alcanzar una temperatura interna de 72°C. Las muestras se empaquetaron al vacío y se almacenaron a 4°C durante 21 días. Se tomaron muestras durante los días 1, 4, 7, 10, 14, 17 y 21, para los siguientes análisis fisicoquímicos: rendimiento a la cocción, textura, color, humedad expresable, humedad total, pH, estabilidad a la cocción, estabilidad a la grasa, pérdida de grasa y rancidez oxidativa, también se analizaron las muestras al día 1 por Microscopía electrónica de barrido.

5.3.1 Rendimiento a la cocción

Se utilizó la metodología reportada por Shand (2000). Las salchichas se pesaron antes y después de ser sometidas a tratamiento térmico retirando el agua liberada en la funda en cada caso. Reportando el rendimiento como peso obtenido del producto, en porcentaje, después de la cocción.

5.3.2 Humedad total

La determinación de humedad total se realizó por el método 950.46 de la AOAC (1996). Se colocaron 2-3 gramos de muestra en charolas de aluminio a peso constante y se depositaron en una estufa a una temperatura de 110°C durante 24 horas, transcurrido este tiempo fueron retiradas de la estufa se calculo el porcentaje de humedad por diferencia de peso.

5.3.3 Humedad expresable

La determinación de humedad expresable se llevó a cabo mediante el procedimiento reportado por Jáuregui y col. (1981) con algunas modificaciones. Se pesaron 5g, se envolvieron en papel filtro Whatman No. 1, se llevaron a centrifugación por 15 min en una centrifuga SOLBAT modelo J-300 a 2200 x g. Se determinó el porcentaje de agua

extraída por centrifugación, obteniendo la diferencia del peso inicial de la muestra menos el peso de la muestra después del centrifugado, dividido por el peso inicial y multiplicado por 100, reportando el porcentaje de agua liberada o humedad expresable después de la prueba.

5.3.4 pH

El pH se determinó por triplicado, utilizando un potenciómetro digital (Beckman 50 pH Meter) donde se colocó previamente 10g de la pasta cárnica con 90 mL de una solución al 5% de NaCl en una licuadora doméstica (Osterizer Modelo 450-10, Bartlesville, EUA), a velocidad máxima durante 1 min (Landvogt, 1991).

5.3.5 Estabilidad a la cocción

Se realizó por el método propuesto por Ramos y Farías (2001). Se colocaron 30 g de muestra en vasos de precipitados de 250 mL agregando 300 mL de agua destilada, se dejó calentando la muestra durante 30 minutos a 70°C con esto el porcentaje de estabilidad a la cocción se determinó teniendo la diferencia de la muestra menos el peso final de la muestra entre el peso de la muestra multiplicado por 100.

5.3.6 Estabilidad de la grasa

Se llevó a cabo por la metodología de Ramos y Farías (2001). Después de realizar la prueba de estabilidad a la cocción, las muestras de salchichas fueron retiradas de los vasos con agua, los cuales se dejaron hasta la evaporación total del agua obteniendo así solamente la grasa liberada en el fondo del vaso. Se reportó la estabilidad de la grasa, como el porcentaje en peso de grasa liberada durante la cocción

5.3.7. Pérdida de grasa

Se llevó a cabo por la metodología de Anderson y col. (2000). Las muestras se cortaron a 10cm de largo, registrando el peso neto de la muestra, después se, colocaron sobre una superficie caliente a 160°C (temperatura de la superficie), el freído de la muestra por cada lado es de 2 minutos, donde la temperatura interna del batido cárnico fue de 70°C, las muestras se colocaron en papel absorbente. La pérdida de grasa es expresada como el porcentaje de pérdida de grasa durante el freído.

5.3.8. Color

La determinación se realizó por duplicado a cada una de las muestras utilizando un colorímetro Hunter Lab modelo D25-PC2 (Chroma Meter CR-200, Tokio, Japón). Las muestras se colocaron en vasos de precipitados para capturar la imagen utilizando el programa Universal v.3.73, del cual se obtuvieron parámetros de luminosidad (L*), componente roja (a*) y componente amarilla (b*) (Mancini y Hunt, 2005).

5.3.9 Análisis de Perfil de Textura

Se utilizó un analizador de textura LFRA 4500 Texture Analyzer Brookfield, comprimiendo con una sonda de 4 cm de diámetro a una velocidad constante de 1mm/s, con una compresión del 50% de la altura de la salchicha a temperatura ambiente. De las curvas de fuerza-deformación obtenidas, se calcularon los siguientes parámetros: dureza (fuerza máxima detectada durante la compresión), resiliencia (energía acumulada en la muestra que le permite recobrar, hasta cierto punto, su forma original después de ejercer una fuerza sobre la muestra), cohesividad (fuerza que los enlaces internos hacen sobre el alimento), y la gomosidad (energía requerida para desintegrar un alimento semisólido de modo que esté listo para ser tragado) (Bourne, 1978).

5.3.10 Determinación de la rancidez oxidativa (TBARS)

La rancidez oxidativa se determinó mediante la metodología propuesta por Zipser y Watts (1962) con algunas modificaciones. Se agregaron 10 g de muestra a 49 mL de agua destilada a 50°C y 1 mL de sulfanilamida 0.5% y se homogenizó. Posteriormente se colocó la mezcla en un matraz bola de 500 mL que contenía 48 mL de agua destilada a 50°C y 2 mL de solución de HCl 1:2 (v/v), así como 2 gotas de antiespumante a base de silicón. El contenido del matraz se destiló hasta obtener 25 mL de destilado, del cual se tomaron por triplicado alícuotas de 5 mL y se colocaron en un tubo de ensaye con tapa, se adicionó 5 mL de la solución de TBA (0.02M en ácido acético glacial al 90%). Los tubos se colocaron en un baño maría a ebullición durante 35 minutos, posteriormente se enfriaron y midió la absorbancia a 538 nm. Para la curva estándar, se prepararon alícuotas de 0 a 5 mL en incrementos de 0.02 mL de la solución TEP 3×10^{-5} M a 5 mL de volumen total. De esta solución se colocaron 5 mL en tubo de ensayo de 5 mL de reactivo de TBA y se les dio el mismo tratamiento que las muestras.

5.4 Microscopia electrónica de barrido (MEB)

La metodología utilizada fue la empleada por Julavittayanukul y col. (2006) con algunas modificaciones.

5.4.1 Obtención de la muestra.

Se procedió a cortar prismas rectangulares de cada batido cárnico de 1cm de largo, 2mm de alto y 0.5 cm de ancho, se tomaron muestras de la harina y semilla de chía, cada muestra fue introducida en viales de 1.5 ml debidamente etiquetados, cada muestra se realizó por duplicado.

5.4.2 Fijación.

Las muestras se fijaron con una solución de glutaraldehído 5% 0.1 M por 48 horas y se conservaron en refrigeración.

5.4.3 Lavados.

Se realizaron lavados con una solución amortiguadora de fosfatos 0.1M pH 7.3 hasta que se eliminó el olor a glutaraldehído. Los lavados fueron realizados en frío.

5.4.4 Post-fijación.

Las muestras fueron fijadas con una solución de tetra óxido de osmio al 2% en amortiguador por 2 horas. Nuevamente se realizaron 3 lavados con la solución amortiguadora de fosfatos 0.1M pH 7.4 por 10 minutos. La función de la solución amortiguadora en este paso es la de regular los cambios osmóticos y eliminar el exceso de fijador en la muestra.

5.4.5 Deshidratación.

Se preparó una serie de soluciones del 30% al 100% de alcohol etílico con agua destilada para realizar la deshidratación. Se procedió a reemplazar el amortiguador que tenían las muestras por el alcohol al 30%, se realizaron 2 lavados de 15 minutos en frío. Este procedimiento se siguió para cada solución porcentual hasta llegar al 90%, en el caso de los lavados con el alcohol absoluto las condiciones fueron diferentes ya que se realizaron tres lavados de 20 minutos de duración para asegurar la eliminación de cualquier contenido de humedad.

5.4.6 Desección al punto crítico

Se procedió a la desecación del punto crítico, se colocaron las muestras en cápsulas microporosas llenas de alcohol cuidando que no se desecaran e identificando cada una con una etiqueta. Se procedió a colocarlas en el desecador de punto crítico (Samdri

795 tousimis Rockville, Maryland 20852 USA), donde fue sustituido el alcohol por CO₂ líquido donde se lleva a este último al punto crítico donde se transforma en CO₂ gaseoso.

Para lograr que el CO₂ se mantenga líquido y sustituya al alcohol presente en las muestras fue necesario enfriar la cámara en donde se encuentran las muestras manteniendo la presión de sustitución. Una vez sustituido el alcohol, se indujo la desecación del punto crítico del CO₂ para llevarlo al estado gaseoso. Este gas se eliminó lentamente y se sustituyó por aire, hasta que la presión fuera normal para poder retirarlas y cubrirlas rápidamente.

5.4.7 Montaje

Una vez desecadas las muestras se montaron en los soportes los cuales son limpiados con acetona y secados perfectamente. Las muestras fueron fijadas en la base metálica utilizando un pegamento conductor. Cada muestra fue marcada en el soporte para su adecuada identificación.

5.4.8 Cubierta

Después de haber montado las muestras las bases se cubrieron con carbón hasta que se secase, luego se procedió a cubrirlo con una capa metálica usando una técnica evaporativa en la cual un metal pesado (mezcla de oro-paladio) fue sublimado a bajas presiones y a altas temperaturas donde el vapor metálico fue asperjado sobre la muestra de manera que se forma una capa de espesor micrométrico uniforme. El recubrimiento se hace al vacío con la participación del argón, en una evaporadora de carbono y oro Denton Vacuum Desk III. Las muestras recubiertas se mantienen en un ambiente seco colocándolas en un desecador de vidrio.

Las muestras se observaron en el microscopio electrónico de barrido JEOL modelo JSM-5900 LV a 60X, 100X, 200X, 500X y 1000X. Las imágenes fueron seleccionadas en base a los objetivos de este estudio.

5.4.9 Análisis Estadístico

Los resultados fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA), utilizando el programa SPSS para Windows Versión 15. La diferencia entre medias en la determinación de los parámetros fisicoquímicos se llevó a cabo mediante un análisis de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) con el mismo paquete estadístico.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primera parte

6.1 Propiedades funcionales

6.1.1 Capacidad de Retención de Agua (CRA)

En la Tabla 3 se muestran las propiedades funcionales de la harina de semilla de chía. La capacidad de retención agua de la chía (*Salvia hispanica L.*) fue de 6.2g de agua /g de fibra; en estudios realizados a la semilla de chía (Capitani y col., 2011; Vázquez-Ovando y col., 2009), se observó una mayor CRA (9.19 ± 0.29 y 15.41g de agua/g fibra) esta diferencia se le atribuye a la variedad de especie utilizada, al tratamiento recibido, además al tamaño de partícula, ya que teóricamente a menor tamaño de partícula la facilidad de hidratación se aumenta, por la superficie de contacto que se tiene, sin embargo fue mayor que la reportada por Zambrano y col., (2001) en un estudio realizado para salvado de trigo (2.48 g de agua/g de fibra).

Tabla 3. Resultados obtenidos de las propiedades funcionales evaluadas a la harina de chía (*Salvia hispanica L*) en base seca.

Propiedades funcionales	
CRA	6.2 ± 0.0816(g de agua/g fibra)
CRa	1.4± 0.163(g de aceite/ g fibra)
C _{Ad}	1.03± 0.2213(g agua/g fibra)
C _{Ab}	2.03 ±0.0751(g agua absorbida/g muestra)
CE	219.33 (mL aceite/ g proteína)

En la CRA no solo influye el tamaño de partícula, sino también la composición de la fibra, siendo la cantidad de fibra dietética soluble (FDS) la que posiblemente haya tenido mayor influencia en la harina de chía (Zambrano y col., 2001). El valor de la CRA determina el grado en que una fibra se puede incorporar a un sistema alimenticio sin deteriorar la viscosidad, ni la apariencia del producto final (Larrauri y col., 1997).

6.1.2 Capacidad de retención de aceite (CRa)

La CRa de la harina de chía fue 1.4 g aceite/g muestra, lo que la hace muy útil para emplearse en productos en donde no se desee una alta retención de aceite, como los productos fritos ya que no produce una sensación grasosa (Vázquez-Ovando y col., 2009). En estudios realizados por Capitani y col. (2011) y Vázquez-Ovando y col. (2009) se reportó una mayor CRa (2.06 y 2.02 g de aceite/g fibra) lo que se puede atribuir a las condiciones empleadas para cada experimento. López y col. (1997) señalaron que a mayores cantidades de fibra dietaría insoluble la capacidad de absorber aceite aumenta; sin embargo este comportamiento no se observo en este trabajo. Vázquez-Ovando y col. (2009) encontraron que la cantidad de fibra dietética insoluble (FDI) en semilla de chía fue de 53.45%, pese al alto porcentaje de FDI no se obtuvo el comportamiento esperado y se puede ligar a la cantidad de lignina (componente de la

FDI), otros factores que pudieron influir son el tamaño, forma y área superficial de las partículas de fibra, además de su composición química (López y col., 1997).

6.1.3 Capacidad de adsorción (C_{Ad}) y absorción de agua (C_{Ab})

La capacidad de adsorción (C_{Ad}) de la harina de chía fue de 1.031g de agua/g fibra. Capitani y col., (2011) reportaron un valor 0.51g de agua/ g de fibra mientras que Vázquez-Ovando y col. (2009) obtuvieron valores de 0.3 g de agua/g de fibra.

La elevada C_{Ad} de la harina de chía comparado con el salvado de trigo (0.3 ± 0.02 g de agua/ g de fibra) y las otras dos variedades de semilla de chía, pueden relacionarse con la porosidad del material, al tamaño de partícula o a la cantidad de carbohidratos totales que presente cada harina, ya que los azúcares libres tienden a hidratarse en mayor facilidad (Santos, 1995).

El alto valor de C_{Ad} de la harina de semilla de chía indica que requiere de empaques que permitan una excelente barrera de humedad lo que permitirá estabilizar la emulsión en su vida de anaquel, pues el agua puede actuar como plastificante modificando sus propiedades (Zambrano y col., 2001).

La C_{Ad} es muy importante en el almacenamiento del material, principalmente cuando es un suplemento o ingrediente en la formulación de algunos alimentos como concentrados, bebidas, entre otras.

Por otro lado se observó que el valor de C_{Ab} de la harina de semilla de chía fue de 2.033 g agua absorbida/ g muestra. Este valor puede ser relacionado con el tamaño (área de contacto), la composición celular (cantidad de celulosa, hemicelulosa y pectina), en relación a la cantidad de grupos hidroxilos libre capaces de interactuar con el agua externa y la cantidad de FDI (Zambrano y col., 1998).

No se puede relacionar la C_{Ab} y C_{Ad} debido a que el agua se agrega en los sitios activos de diferente manera (Zambrano y col., 2001); la primera esta relacionada con la cantidad de enlaces que se puedan establecer entre los componentes de fibra, y la segunda, se relaciona con fenomenos fisicos de adhesion del agua al material.

6.1.4 Capacidad de emulsión (CE)

En la Figura 4 se muestra la grafica que se obtuvo al determinar la capacidad de emulsión de la harina de chía la cual fue de 219.33 mL de aceite/g proteína, esta grafica nos indica la cantidad máxima de aceite que puede emulsionar la harina de chía hasta un cambio abrupto en la resistencia eléctrica, el área bajo la curva nos indica el trabajo necesario para obtener esa capacidad.

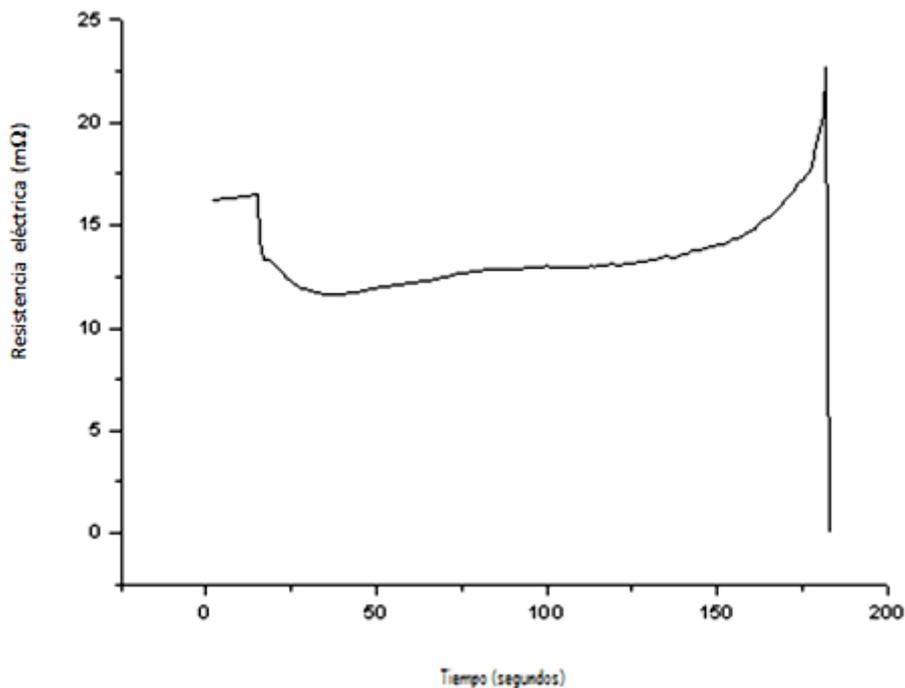


Figura 4. Capacidad de emulsión de harina de chía

Lo que hace de esta harina un buen emulsificante que contiene regiones hidrofílicas e hidrofobicas, que tienen la característica de migrar a zonas del sistema alimentario

donde hay interfaces, orientando sus cadenas laterales a las fases polar y no polar y formar una película estable alrededor del glóbulo de grasa (Totosaus y Guerrero, 2006).

Al ser comparada la capacidad de emulsión con un estudio realizado por Venkatesh y col. (1993) a semilla de girasol encontraron una capacidad de emulsión de 48.8mL/g de harina, se observa una enorme diferencia entre las semillas, la harina de chía es un buen ingrediente funcional, el cual puede ser aprovechado en muchos productos, que tengan alguna estructura de emulsión, como embutidos, helados, productos de repostería, entre otros; ya que al ser un buen emulsificante contiene regiones hidrofílicas e hidrofóbicas, que tienen la característica de migrar a zonas del sistema alimentario donde hay interfaces, orientando sus cadenas laterales a las fases polar y no polar y formar una película estable alrededor del glóbulo de grasa (Totosaus y Guerrero, 2006).

6.1.5 Formación del gel

La Tabla 4 muestra las características obtenidas al realizar un Análisis de Perfil de Textura (APT) al gel formado a partir de una solución proteica de harina de chía. Las muestras presentaron una dureza de 14.33N, resorteo de 0.37, la resiliencia fue de 0.074, la cohesividad de 0.31 y una gomosidad de 5.33N lo cual representa la funcionalidad del contenido proteico al poder formar una red estructural bajo ciertas condiciones (temperatura, fuerza iónica, etc.).

Tabla 4. Análisis de Perfil de Textura de la harina de semilla de chía

Muestra	Dureza (N)	Resorteo	Resilencia	Cohesividad	Gomosidad (N)
Harina de chía	14.33±0.49	0.37±0.05	0.074±0.01	0.31±0.03	5.33±0.81

Segunda Parte

6.2 Análisis Físicoquímicos

Los resultados obtenidos de los análisis físicoquímicos realizados a los batidos testigo y con tratamiento (chía) se muestran a continuación.

6.2.1 Rendimiento

En la figura 5 se muestran los valores de rendimiento. Los batidos cárnicos con harina de chía, presentaron un rendimiento mayor que los batidos testigo, esto se puede atribuir a la capacidad que tiene esta semilla para retener agua, presentado por la cantidad de fibra que contiene la facilidad de hidratación se aumenta, por la superficie de contacto que se tiene. sin embargo, en la CRA no solo influye el tamaño de partícula, sino también la composición de la fibra, siendo la cantidad de fibra dietética soluble la que posiblemente haya tenido mayor influencia en la harina de chía (Zambrano y col., 2001)

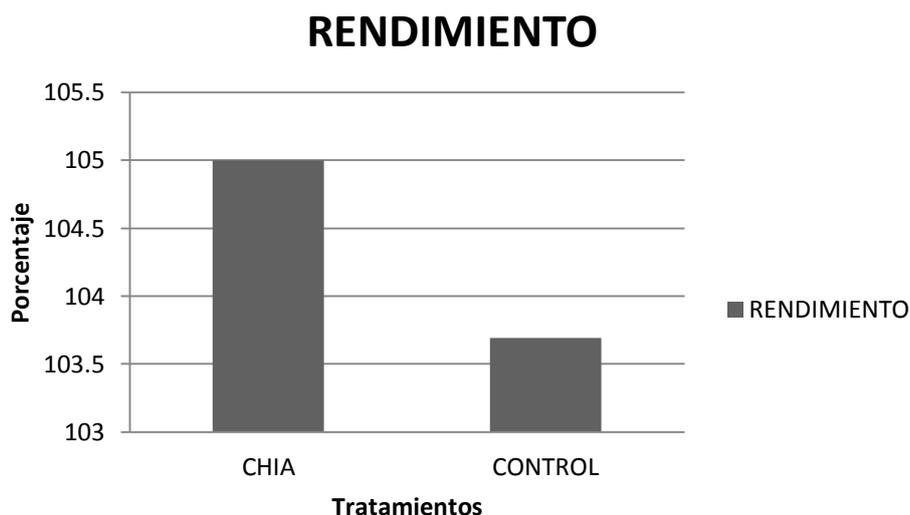


Figura 5. Rendimiento de los batidos cárnicos elaborados con chía y testigo

6.2.2 Humedad total y pH

En la tabla 5 se muestran los valores obtenidos del parámetro de humedad evaluado a ambos tratamientos (testigo y chía). En el caso del porcentaje de humedad total se muestra que si hay diferencia significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos, correspondiendo un mayor porcentaje de humedad a la salchicha adicionada con harina de chía este valor esta relacionado con la capacidad de retención de agua que presenta la chía, atribuida a la cantidad de fibra insoluble (53.45%) (Vázquez-Ovando y col., 2009).

Tabla 5. Humedad total % del batido cárnico testigo y con chía

Tiempo (días)	Tratamiento	
	Testigo	Chía
1	47.15±1.64 b, C	49.27±1.65 a, C
4	41.26±1.69 b, E	41.83±1.58 a, E
7	50.51±1.62 b, A	53.83±3.30 a, A
10	48.19±0.50 b, BC	51.22±3.05 a, BC
14	47.16±0.95 a, D	42.68±1.55 b, D
17	46.57±1.60 b, B	54.12±2.79 b, B
21	51.78±3.85 b, A	52.23±1.06 a, A

a, b Medias con las mismas letras en la misma columna no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tiempo de almacenamiento

A, B, C, D Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tratamiento

En un estudio realizado por Vázquez-Ovando y col. (2009) a semilla de chía se observó que la capacidad de retención de agua fue de 15.41g de agua/g de fibra, este valor fue alto comparado con otra fuente de fibra como el salvado de trigo 2.48g de agua/g de fibra, atribuyéndose esto a la gran cantidad de fibra dietaría insoluble presente en la chía (53.45%) (Vázquez-Ovando y col., 2009). De esta propiedad depende el efecto fisiológico de la fibra y el nivel máximo de incorporación a un alimento (Zambrano y col., 1998). La retención de agua afecta la viscosidad de los productos facilitando o dificultando su procesamiento.

En el caso de pH (Tabla 6), no hay diferencia significativa ($P>0.05$) entre tratamientos; esto concuerda con un estudio realizado por Fernández-López y col. (2003) a salchichas adicionadas con fibra de cítricos, donde ellos reportan valores constantes de pH sin diferencia significativa entre las salchichas control y las salchichas adicionadas con fibra de cítricos, lo cual significa que la adición de fibra de cítricos no tiene efectos positivos o negativos en cuanto a pH, pero si tiene una relación importante con el contenido de humedad.

Tabla 6. Comportamiento del pH de los diferentes batidos cárnicos

Tiempo (días)	Tratamiento	
	Testigo	Chía
1	6.03±0.06 a, B	6.05±0.06 a, B
4	6.05±0.06 a, B	6.08±0.13 a, B
7	6.12±0.06 a, A	6.12±0.06 a, A
10	6.01±0.13 a, C	5.99±0.13 a, C
14	5.98±0.09 a, D	5.84±0.01 a, D
17	5.72±0.03 a, F	5.69±0.00 a, F
21	5.82±0.20 a, E	5.90±0.13 a, E

a, b Medias con las mismas letras en la misma columna no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tiempo de almacenamiento

A, B, C, D, E, F Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tratamiento

6.2.3 Humedad expresable (HE)

En el caso de la HE (Tabla 7) se observó que hay diferencias significativas ($P<0.05$) entre tratamientos (testigo y chía), siendo la testigo la que presentó una menor HE en comparación con la de chía esto podría ser debido a que la capacidad de retención de agua de las proteínas o carbohidratos presentes en la salchicha con chía pudieron ser afectadas por diversos factores ya sea intrínsecos propios de la molécula relacionados con el tipo de polímero, el peso molecular, grado de ionización y de ramificación, o los extrínsecos, que son propios del sistema, tales como pH, la fuerza iónica, la

temperatura, la concentración de otros componentes, y la interacción de los componentes (Coia y Stauffer, 1987).

El gel formado con la harina de chía es termolábil, y esto pudo ocurrir debido a que las macromoléculas reaccionaron entre si perdiendo su capacidad de retención de agua; ocasionando que las moléculas de agua ya no sean retenidas y por lo tanto se desprendieran de la matriz del gel emigrando a la superficie, causando una sinéresis, presentándose una liberación de agua causada posiblemente por el reacomodo interno de las macromoléculas (Valdez, 2006).

Tabla 7. Humedad Expresable de los diferentes batidos cárnicos

Tiempo (días)	Tratamiento	
	Testigo	Chía
1	8.97±4.13 b, B	20.68±7.94 a, B
4	9.85±4.13 b, CD	17.60±7.94 a, CD
7	9.28±4.13 b, D	14.25±0.50 a, D
10	9.95±3.97 b, BC	18.33±0.90 a, BC
14	9.78±4.13 b, CD	17.96±7.94 b, CD
17	12.10±4.13 b, A	19.70±8.27 a, A
21	11.15±4.13 b, B	18.36±0.99 a, B

a, b Medias con las mismas letras en las misma columna no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tiempo de almacenamiento

A, B, C, D Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tratamiento

6.2.4 Color

En la tabla 8 se muestran los resultados obtenidos en el colorímetro Hunter-Lab, se observa que, para la luminosidad si hay diferencias significativas ($P<0.05$) entre tratamientos (testigo y chía), siendo el batido testigo más luminoso que la de chía, ya que la harina de chía le confiere un color más oscuro.

Tabla 8. Luminosidad (L*) de los batidos cárnicos testigo y con chía

Tiempo (días)	Tratamiento	
	Testigo	Chía
1	67.13±3.17 a, A	57.64±3.30 b, A
4	67.81±0.90 a, A	56.93±2.79 b, A
7	67.83±3.30 a, A	57.10±1.65 b, A
10	67.65±3.17 a, A	56.96±1.64 b, A
14	69.70±3.31 a, A	56.83±3.30 b, A
17	62.89±3.30 a, A	61.66±3.17 b, A
21	62.14±3.30 a, B	56.22±3.17 b, B

a, b Medias con las mismas letras en la misma columna no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tiempo de almacenamiento

A, B Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tratamiento

Con respecto a la componente roja (a^*) se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($P<0.05$) el batido con chía fue más rojo que el batido testigo (Tabla 9).

En lo que respecta a la componente amarilla (b^*) también existieron diferencias significativas entre tratamientos ($P<0.05$) el batido testigo es más amarillo que el batido con chía (Tabla 10).

García y col. (2007) realizaron un estudio utilizando fibras de frutas en salchichas convencionales y reducidas en grasa, indicando que la adición de fibra modifica ligeramente el color de las salchichas.

Tabla 9. Componente amarilla (b*) de los batidos cárnicos testigo y con chía

Tiempo (días)	Tratamiento	
	Testigo	Chía
1	3.16±0.90 a, C	2.83±0.00 b, C
4	3.65±1.04 a, C	3.07±1.03 b, C
7	3.83±1.98 a, BC	3.12±2.06 b, BC
10	3.71±0.80 a, A	2.70±2.01 b, A
14	3.38±2.06 a, C	3.36±1.74 b, C
17	3.58±1.98 b, BC	3.94±1.03 a, BC
21	5.89±2.08 a, B	3.38±2.06 b, B

a, b Medias con las mismas letras en la misma columna no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tiempo de almacenamiento

A, B, C Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tratamiento

Tabla 10. Componente roja (a*) de los batidos cárnicos testigo y con chía

Tiempo (días)	Tratamiento	
	Testigo	Chía
1	10.66±3.97 a, A	10.28±4.13 b, A
4	10.21±1.00 b, BC	10.38±4.13 a, BC
7	9.89±1.56 b, E	10.21±2.10 a, E
10	10.13±4.16 b, DE	10.13±4.13 a, DE
14	9.84±3.97 b, E	10.29±2.30 a, E
17	10.11±2.50 b, CD	10.37±4.13 a, CD
21	10.08±4.16 b, AB	10.74±4.13 a, AB

a, b Medias con las mismas letras en la misma columna no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tiempo de almacenamiento

A, B, C, D, E Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tratamiento

6.2.5 Pérdida de grasa

En el caso de la pérdida de grasa (Tabla 11) se observó que si hay diferencias significativa ($P < 0,05$) entre tratamientos (testigo y chía), siendo la testigo la que tuvo menos pérdida, este comportamiento concuerda con la capacidad de retención de aceite (CRa) obtenido de la harina de chía (1.4 g aceite/g muestra) que demuestra que la harina de chía no presenta una alta CRa por lo tanto perdió mas peso.

Tabla 11. Pérdida de grasa de los batidos testigo y con chía

Tiempo (días)	Tratamiento	
	Testigo	Chía
1	82.37±3.97 a, A	81.43±2.00 b, A
4	77.08±1.30 a, BC	72.57±0.59 b, BC
7	74.67±2.60 a, D	67.09±1.17 b, D
10	76.49±1.35 a, C	70.87±1.90 b, C
14	76.39±1.39 a, BC	73.46±2.09 b, BC
17	79.56±1.95 a, B	72.00±2.01 b, B
21	80.12±2.01 a, C	67.87±1.84 b, C

a, b Medias con las mismas letras en las misma columna no son significativamente diferentes ($P > 0.05$) para tiempo de almacenamiento

A, B, C, D Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes ($P > 0.05$) para tratamiento

6.2.6 Estabilidad a la cocción

Para la estabilidad a la cocción (Tabla 12) se observó que si hay diferencia significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos, siendo el batido cárnico con chía el que mantiene valores mas bajos, indicando que es menos estable a la cocción; este comportamiento puede ser provocado por las modificaciones que sufre en su estructura el gel que se forma en el batido con chía, ya que a altas temperaturas el gel se hizo termolábil provocado por los cambios en la estructura de este batido (Valdez 2006).

Tabla 12. Estabilidad a la cocción de los batidos testigo y con chía

Tiempo (días)	Tratamiento	
	Testigo	Chía
1	93.94±4.56 a, C	81.43±5.02 b, C
4	92.35±6.61 b, C	94.46±3.30 a, C
7	94.85±6.63 b, AB	96.56±3.54 a, AB
10	98.72±5.61 a, A	93.57±4.99 b, A
14	95.15±5.63 a, C	91.75±3.58 b, C
17	97.09±5.61 a, BC	91.91±6.67 b, BC
21	97.03±3.17 a, BC	92.21±3.39 b, BC

a, b Medias con las mismas letras en la misma columna no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tiempo de almacenamiento

A, B, C Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tratamiento

En un estudio realizado por Ramos y col. (2007) donde se evaluaron diferentes gomas emulsificantes e hidrocoloides para ver su efecto sobre la estabilidad en emulsiones cárnicas se encontró que la mayoría de las mezclas adicionadas aumento y esto se debió a que las interacciones tensoactivas entre las moléculas se encuentran en la fase acuosa, son mayores reteniendo las partículas de grasa e impidiendo de esta forma las perdidas durante la cocción.

6.2.7 Estabilidad de la grasa

En el caso de estabilidad de la grasa (Tabla 13) no existieron diferencias significativas ($P>0.05$) entre tratamiento esto nos indica que la adición de harina de chía en un batido no tiene efecto sobre esta propiedad.

Tabla 13. Estabilidad de la grasa de los batidos testigo y con chía

Tiempo (días)	Tratamiento	
	Testigo	Chía
1	91.96±3.39 a, A	91.46±3.30 a, A
4	87.25±1.94 a, D	94.46±2.38 a, D
7	89.97±6.63 b, C	87.53±4.61 a, C
10	91.90±4.31 a, AB	89.50±2.98 a, AB
14	86.38±3.17 a, B	92.87±3.05 a, B
17	90.70±1.74 a, A	92.99±2.95 a, A
21	89.90±2.54 a, B	89.54±2.01 b, B

a, b Medias con las mismas letras en la misma columna no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tiempo de almacenamiento

A, B, C, D Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tratamiento

6.2.8 Análisis de Perfil de Textura (APT)

En el caso de dureza (Tabla 14) se observó diferencia significativa ($P<0.05$) entre tratamientos (testigo y con chía) presentando el testigo valores de dureza más altos en comparación con los de chía a pesar que este batido tuvo mejor rendimiento y humedad total.

Grigelmo-Miguel y col. (1999) realizaron un estudio con fibra de durazno para la caracterización de salchichas bajas en grasa y altas en fibra al ser comparadas con una testigo, encontraron que las salchichas con fibra tuvieron menores valores de dureza, y sin efecto en los parámetros de cohesividad y resorteo, atribuyendo este resultado a las interacciones de la fibra con la red del gel en el batido cárnico; lo cual provoca que exista una disminución en la fuerza del gel (que depende del origen del mismo y la concentración utilizada).

Tabla 14. Parámetro de Dureza (N) de los batidos testigo y con chía

Tiempo (días)	Tratamiento	
	Testigo	Chía
1	37.45±1.58 b, BC	38.75±1.65 a, BC
4	50.70±3.30 a, A	36.30±1.56 b, A
7	36.30±1.58 b, C	36.65±1.65 a, C
10	40.00±0.90 a, BC	34.75±0.40 b, BC
14	44.80±3.30 a, A	41.85±1.65 b, A
17	43.75±0.00 a, B	36.35±1.65 b, B
21	50.35±1.65 a, A	39.00±1.00 b, A

a, b Medias con las mismas letras en las misma columna no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tiempo de almacenamiento

A, B, C Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tratamiento

En el caso de la resiliencia (Tabla 15) no hubo diferencia significativa ($P>0.05$) entre los tratamientos control y con chía por lo tanto la adición de esta harina no afecta este parámetro.

Tabla 15. Parámetro de Resiliencia de los batidos testigo y con chía

Tiempo (días)	Tratamiento	
	Testigo	Chía
1	0.315±0.129 a, AB	0.330±0.109 a, AB
4	0.292±0.109 a, B	0.317±0.190 a, B
7	0.317±0.116 a, B	0.303±0.151 a, B
10	0.368±0.100 a, A	0.323±0.115 a, A
14	0.307±0.121 a, AB	0.332±0.135 a, AB
17	0.316±0.129 a, B	0.308±0.120 a, B
21	0.313±0.119 a, C	0.374±0.135 a, C

a, b Medias con las mismas letras en las misma columna no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tiempo de almacenamiento

A, B, C, D Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tratamiento

Para la cohesividad (Tabla 16) se observó que existió diferencia significativa ($P<0.05$) entre tratamientos, siendo la salchicha con chía, menos cohesiva a lo largo del tiempo indicando que indicaría que esta salchicha no tiene buena fuerza de unión en las partículas que la conforman.

Thebaudin y col. (1997) reportaron que la capacidad de retención de agua de la fibra y sus propiedades de hinchazón de las fibras insolubles, se puede influir en la textura de alimentos. La fibra insoluble puede aumentar la consistencia de los productos cárnicos a través de la formación de una red insoluble en tres dimensiones que es capaz de modificar las propiedades reológicas de la fase continua de las emulsiones (Backers y Noli, 1997).

Tabla 16. Parámetro de Cohesividad de los batidos testigo y con chía

Tiempo (días)	Tratamiento	
	Testigo	Chía
1	0.660±0.229 a, C	0.640±0.209 b, C
4	0.620±0.209 b, E	0.637±0.290 a, E
7	0.637±0.216 b, A	0.649±0.251 a, A
10	0.704±0.200 a, BC	0.650±0.215 b, BC
14	0.649±0.221 a, D	0.639±0.215 b, D
17	0.661±0.229 a, B	0.641±0.220 b, B
21	0.757±0.219 a, A	0.646±0.235 b, A

a, b Medias con las mismas letras en las misma columna no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tiempo de almacenamiento

A, B, C, D Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes ($P>0.05$) para tratamiento

6.2.9 Rancidez Oxidativa (TBARS)

La rancidez oxidativa fue mayor en el batido cárnico testigo como se observa en la figura 6; esto puede deberse a la relación con los lípidos, ya que la oxidación se incrementa conforme el pH disminuye de 7.0 (Yasosky y col., 1984; Rhee, 1992) comportamiento presentado en ambos batidos; relacionado con los grupos imidazol de la histidina o amino de las proteínas los cuales juegan un papel importante en la quelación de iones metálicos (Frankel y col., 1996).

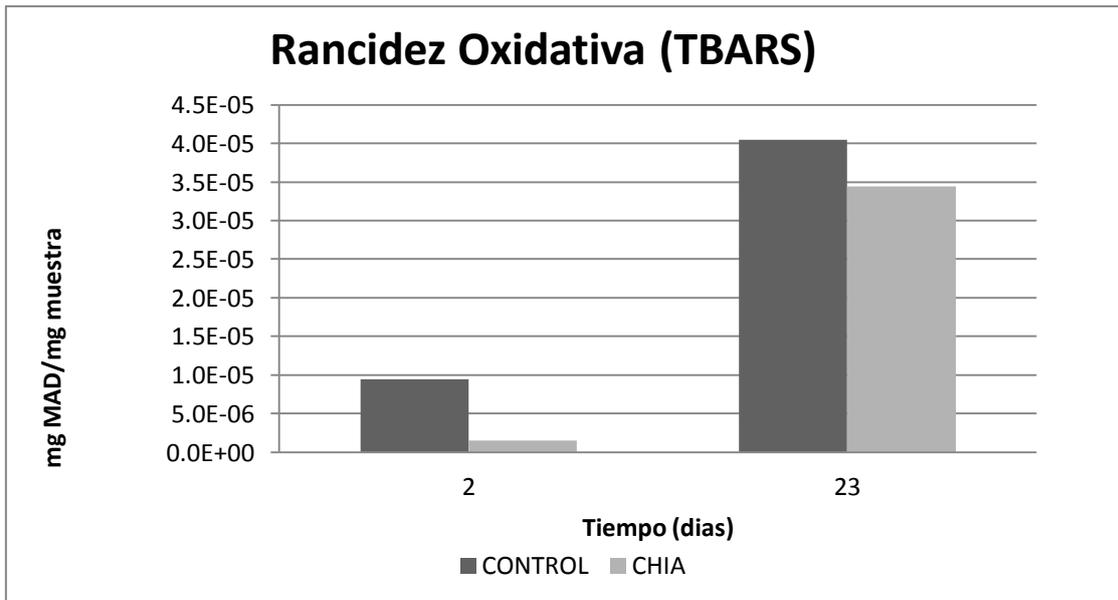


Figura 6. Rancidez Oxidativa del batido cárnico con harina de chía y el testigo

Las temperaturas bajas estimulan la oxidación lipídica, debido a que por una parte, el agua se congela y aquella que queda en estado líquido forma una solución concentrada de los reactivos, evitando las reacciones de oxidación de origen microbiano o rancidez cetónica, pero pueden continuar las reacciones originadas por lipasas, esterasas y fosfolipasas que hidrolizan los enlaces éster de los lípidos (lipólisis) liberando ácidos grasos libres (rancidez hidrolítica), los cuales además de no congelarse, son más susceptibles a la oxidación que aquellos que se encuentran esterificados al glicerol (Nawar, 1993; Ranken, 1994).

La carne cocida, es más susceptible a la oxidación lipídica debido a los cambios cualitativos y cuantitativos en los catalizadores que se forman durante el cocimiento, y a que existe una desnaturalización de las lipoproteínas de las membranas, liberando fosfolípidos, fuente principal de ácidos grasos poliinsaturados los cuales, debido a un mayor número de dobles ligaduras en las cadenas, son más susceptibles a oxidarse. Es

importante mencionar que cualquier grado de oxidación de lípidos en la carne cruda puede acelerar la oxidación en carne cocida o procesada (Rhee, 1992).

Las reacciones de los radicales libres con las proteínas pueden dar como resultado la formación de un radical libre lípido-proteína o uno proteico, en ambos casos puede darse una polimerización de las proteínas.

Este efecto es contraproducente ya que disminuye la disponibilidad de varios aminoácidos y los valores de digestibilidad y desde el punto de vista práctico los alimentos se tornan organolépticamente inaceptables (Cheftel y col., 1993).

Se puede observar (figura 6) que el batido cárnico con chía presenta una menor rancidez oxidativa y este comportamiento puede ser por la composición de la chía ya que contiene compuestos que inactivan los radicales libres (ácidos cafeico y clorogénico) (Vázquez-Ovando y col., 2009). En el batido cárnico, la velocidad de oxidación depende de factores como el tamaño de partícula de las gotas de grasa, el área interfacial, la viscosidad de la fase acuosa, la composición y porosidad de la matriz y el pH (Decker, 1998).

6.3 Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)

En la figura 7 se muestra la micrografía de la semilla de chía, a 60X el fruto de la semilla de chía contiene cuatro núcula; cada núcula contiene una semilla la cual no abre naturalmente, además de contener cutícula, epicarpio, mesocarpio capa de esclereidas y endocarpio (Muñoz, y col., 2012).

En la figura 8 se observa la semilla de chía a 200X. Se puede apreciar con una mayor claridad las partes que conforman la semilla: el mucilago formado por las células presentes en el epicarpio logrado por la adición de agua, cuando las núculas entran en contacto con el agua este se hincha, la cutícula se rompe al agotar su elasticidad y el contenido de las células se derrama como mucílago rodeando toda la superficie del fruto, quedando adherido a la misma. El endospermo es una sustancia de reserva necesaria para que el embrión comience a desarrollarse esta formado por carbohidratos, proteínas y lípidos, el endocarpio parte que cubre la semilla, el mesocarpio la parte carnosa de la semilla, y el epicarpio es la parte mas externa de la semilla. La testa y capa de esclereidas tienen como función es protección de la semilla (Serna, 2009).

En la figura 9 se muestra la micrografía de la harina de chía, como se puede observar a 100X, la estructura de la semilla esta totalmente deformada, sin embargo se observa que no existió una buena molienda ya que se logran apreciar partes de la estructura de la semilla como es el caso de endospermo, también se nota la formación del mucilago, en forma de hilos de fibra.

En la figura 10 se puede ver que en un aumento de 1000X se aprecia mucilago de chía el cual presenta un aspecto de hojas superpuestas.

En las figuras 11 y 12 correspondientes a los batidos testigo y con chía respectivamente se puede observar que a 100X no se ve presencia de fibra en el batido testigo; mientras que en la figura 12 se puede ver la formación de mucilago observándose en forma de hilos al hidratarse el mucilago, de esta harina se forma una tipo red que se entrelaza con los componentes del resto de la salchicha como los tejidos musculares provenientes de la carne.

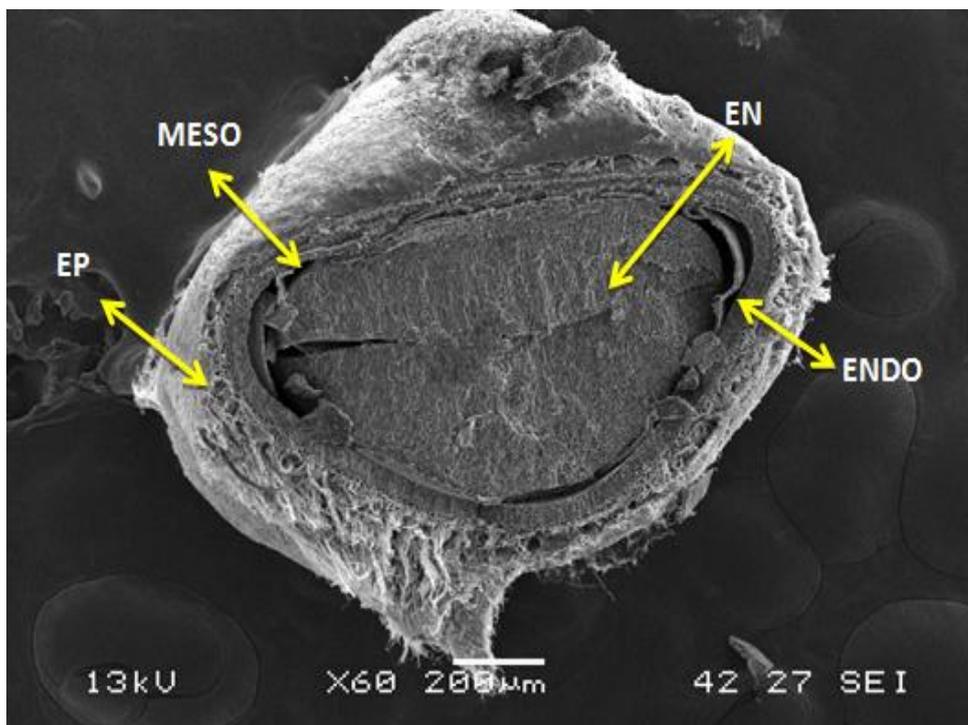


Figura 7. Micrografía de semilla de chía a 60X EN: Endospermo ENDO: Endocarpio MESO: Mesocarpio EP: Epicarpio

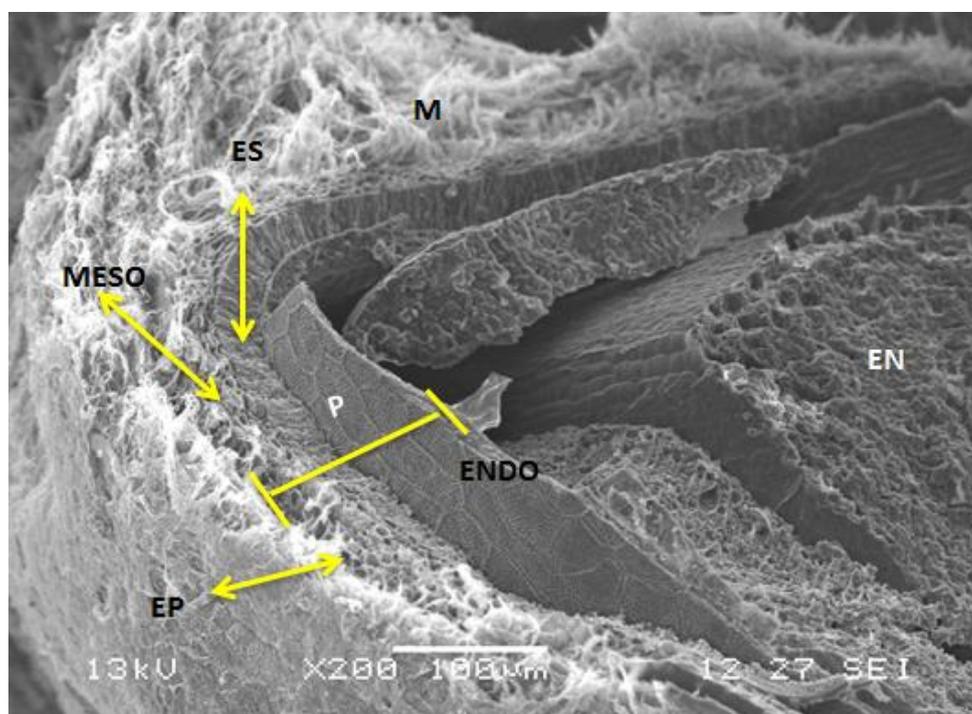


Figura 8. Micrografía de la semilla de chía a 200X, M: Mucilago, ES: Capa de Esclereidas, MESO: Mesocarpio, ENDO: Endocarpio, EP: Epicarpio, P: Pericarpio, EN: Endospermo

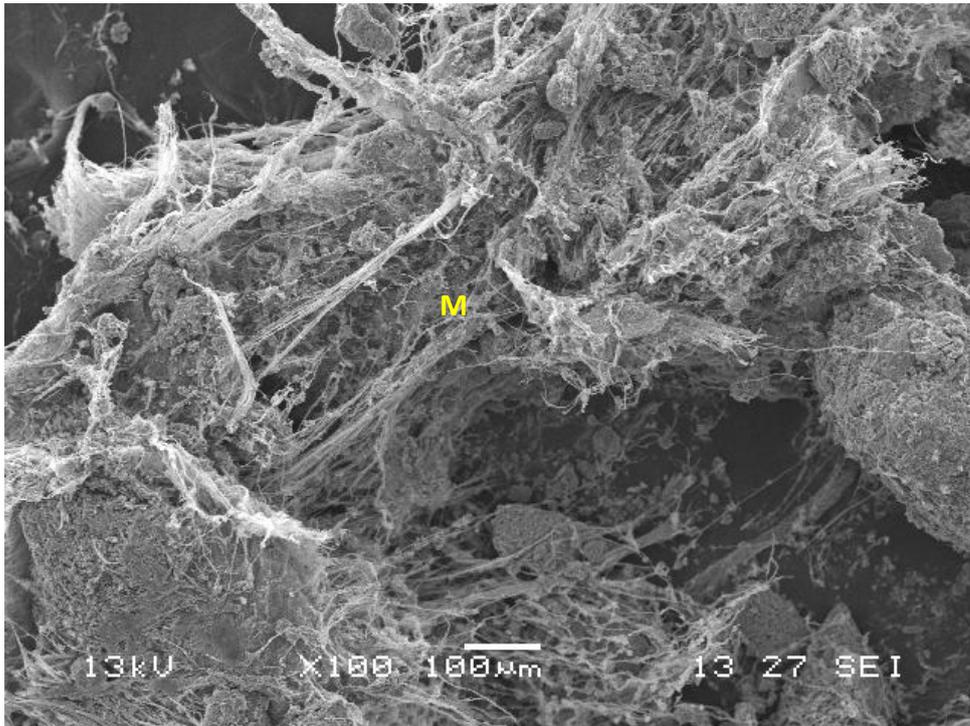


Figura 9. Micrografía de harina de chía a 100X M: Mucilago

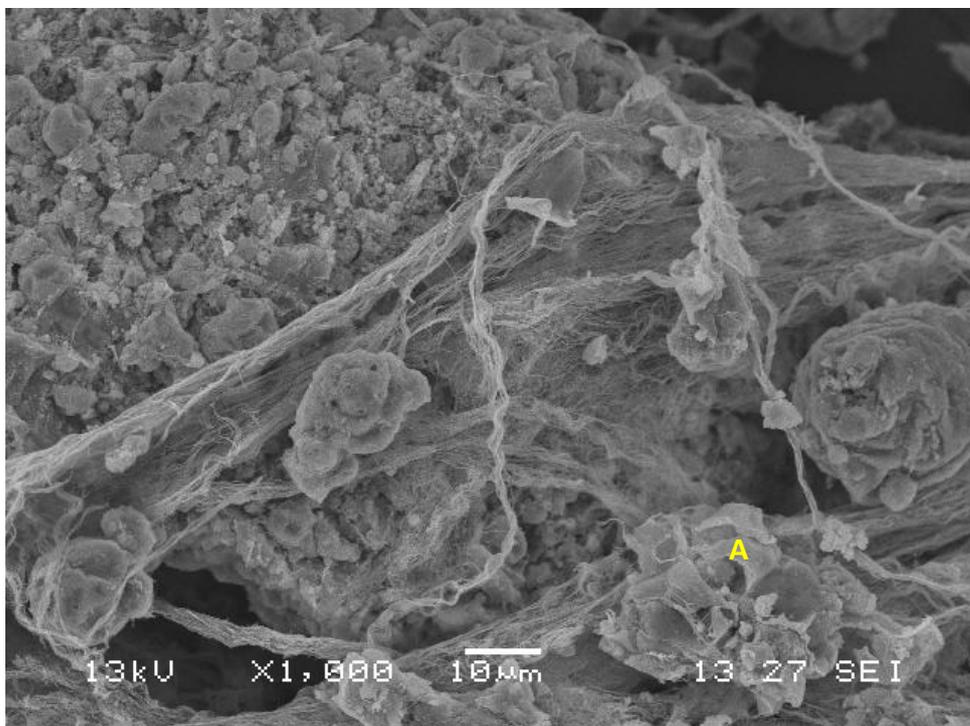


Figura 10. Micrografía de harina de chía a 1000X A: Mucilago de chía hidratado

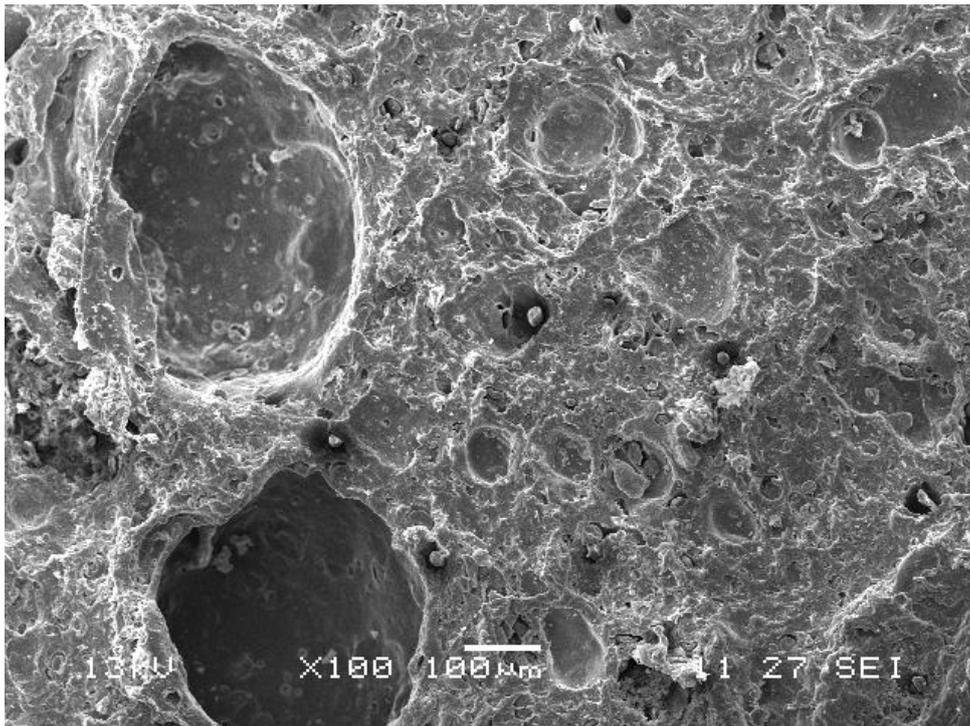


Figura 11. Micrografía de salchicha testigo a 100X

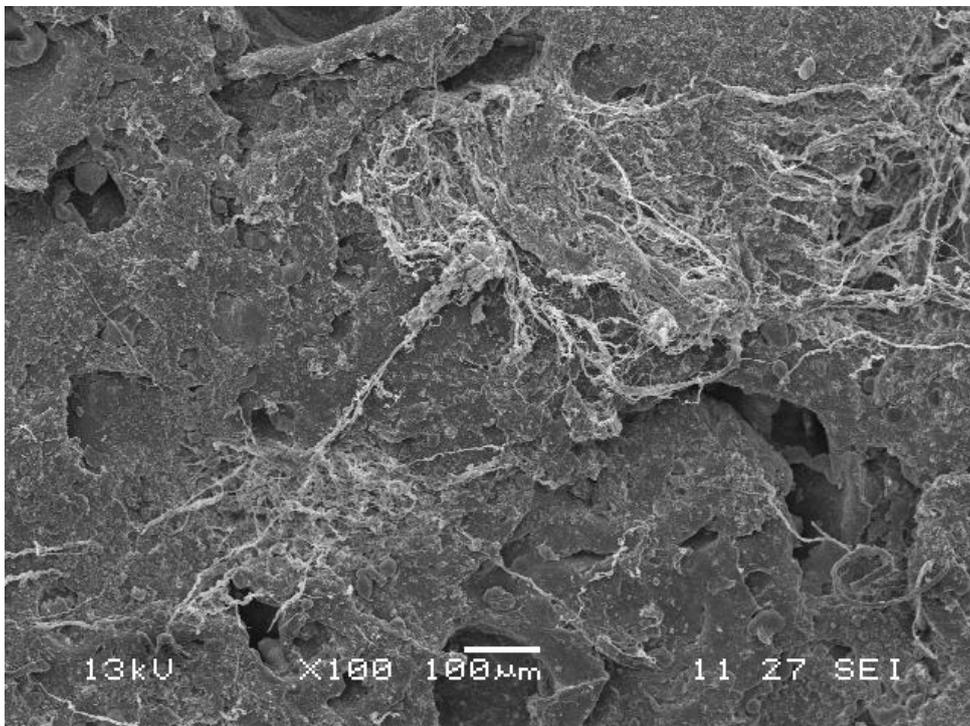


Figura 12. Micrografía de salchicha con harina de chía a 100X

Cuando las semillas se hidrataron, se formó 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 (Scheer, 2001). 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 (Rubio, 2002).

En un aumento a 500X se puede observar con mayor claridad los componentes de la salchicha en el caso de la testigo (figura 13) es posible apreciar un glóbulo de grasa el cual es atrapado por una matriz proteica, formando una película alrededor de ella (Totosaus y Guerrero., 2006).

En la figura 14 correspondiente a la salchicha con chía a 500X se puede ver la gran presencia de fibra ya sea en forma de mucilago que se puede apreciar como hilos en la figura, y también es posible apreciar la fibra cuando no es hidratada que se presenta como una forma de hojas superpuestas.

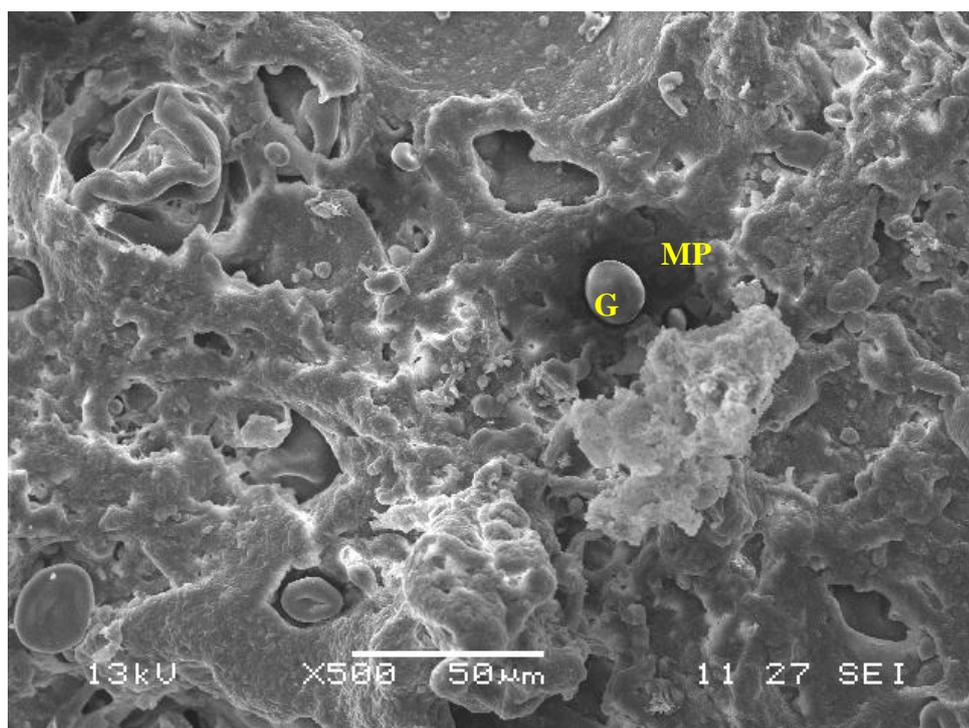


Figura 13. Micrografía de salchicha testigo a 500X G: Glóbulo de grasa, MP: Matriz proteica

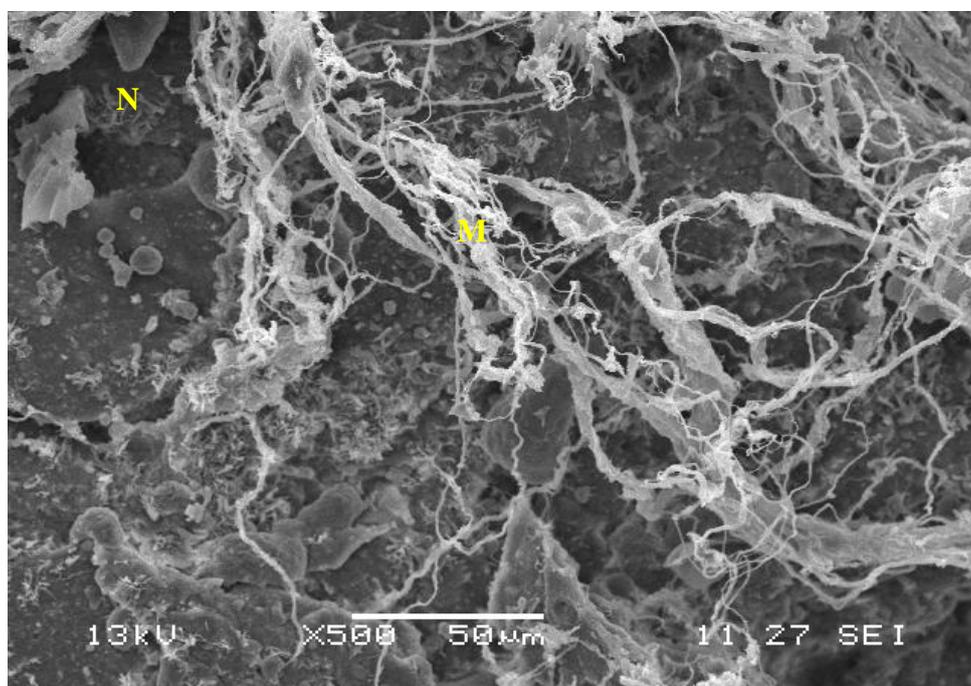


Figura 14. Salchicha con chí a 500X M: mucilago hidratado, N: Mucilago no hidratado

7. CONCLUSIONES

La harina de chía presento propiedades funcionales que la favorecían en comparación con otros ingredientes sin embargo al ser introducida en una emulsión cárnica no se obtuvieron los resultados esperados, esto tal vez provocado por la interacción de esta harina con los demás ingredientes, siendo los análisis fisicoquímicos los mas afectados. Podemos concluir que bajo las condiciones estudiadas, la harina de chía no es un buen ingrediente funcional para ser introducido en embutidos cocidos, debido a las modificaciones que sufre el mucilago de la chia al ser sometido a un tratamiento térmico por esto creemos que seria una buena opción para los embutidos madurados como el chorizo o salami.

8. RECOMENDACIONES

Extraer el aceite de la semilla de chía ya que este aceite contiene una gran cantidad de ácidos grasos Omega 3 (62%), que son beneficiosos en la prevención de las enfermedades cardiovasculares, al residuo rico en fibra determinar las propiedades funcionales e introducir este residuo en el batido cárnico como es rico en fibra se esperarías que no se modifiquen los resultados fisicoquímicos, y se aprovecharía mejor la extracción de aceite, ya que en la actualidad el aceite de esta semilla tiene un valor agregado gracias a sus nutrientes.

Hacer mezclas de harina de chía con harina de trigo hasta encontrar la composición adecuada para mejorar las propiedades funcionales, fisicoquímicas y microscópicas, obteniendo un batido cárnico funcional.

Cambiar el tipo de batido cárnico analizado por un embutido madurado ya que al no llevar un tratamiento térmico se espera que no se modifiquen las propiedades funcionales de la chía.

10. BIBLIOGRAFÍA

- AACC 1984. Official methods of analysis (12 ed.), St. Paul, MN. (USA): American Association of Cereal Chemists.
- Acton, J.C., Ziegler, G.R. Burge, D.L. Jr. 1983. Functionality of muscle constituents in processing of comminuted meat products En: CRC Critical Reviews in food science and Nutrition. 18:99
- Aguilera, J. 2005. Why food microstructure? Journal of Food Engineering 67:3-11
- Aguilera, J.M y Stanley, D.W. 1990. Microstructural principles of food processing y engineering . Ed. Elsevier Applied Science, England.
- Alarcón, A. D. 1992. Constitución química y bioquímica del músculo y calidad de la carne. Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia, División de Posgrado Analítico.
- Anderson, A., Anderson, K., Tornberg, E., 2000. A comparison of fat-holding between beefburgers and emulsions sausage. Journal of the Science Food and Agriculture 80:555-560.
- AOAC,1996 Official Method of Analysis of AOAC, 16th edition. Washington,D.C: AOAC International.
- Ayerza, R. y Coates, W., 2005. Chia: Rediscovering a Forgotten Crop of the Aztecs. The University of Arizona Press, Tucson, Az. U.S.A.
- Baquero, C. y Bermúdez, S.A. 1998. Los residuos vegetales de la industria de jugo de maracuyá como fuente de fibra dietética. En: Temas de Tecnología de alimentos, Vol. 2 Fibra Dietética; Editado por Lajolo, M. y E. Wenzel, CYTED Instituto Politécnico Nacional, México. pp 207-214.
- Backers, T., Noli, B. 1997. Dietary fibers meat processing. Int. Food Mark. Technology. 4-48.
- Brady, P.L., Mckeith, F.K. Hunecke, M.E. 1985. Comparison of sensory and instrumental food texture evaluations. J. Texture Studies. 6:53
- Beltrán-Orozco, M.C., y Romero, M.R. 2003. La chía, alimento milenario. Revista Industria Alimentaria. Septiembre/octubre. 20-29
- Borderias, A.J., Montero, P. 1988. Fundamentos de la funcionalidad de las proteínas en Alimentos. Agroquímica y Tecnología de Alimentos. 28:159
- Bourne M.C. 1978. Texture Profile Analysis. Food Technology 7:62-66

- Bozzola J.J. y Russell L.D. 1991. Electron Microscopy: Principles y Techniques Jones y Bartlett Publishers, Inc USA.
- Bushway, A.A., Belyea, P.R., Bushway, R.J. 1981. Chia seed as source of oil, polysaccharide, and protein. *Journal Food Science*, 46:1349-1350.
- Capitani M., Spotorno, V., Nolasco, M., Tomas, C. 2011 Physicochemical and functional characterization of by-products from chía (*Salvia hispanica* L.) seeds of Argentina
- Chau, C., Cheung, K., y Wong, Y. 1997 Functional Properties of protein concentrate from three Chinese Indigenous Legume Seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 2500-2503.
- Cheftel, J. C., Cuq, J. L. y Lorient, D. 1993. Aminoácidos péptidos y proteínas. En: *Química de los Alimentos*. Fennema, O. R. (Ed.), Editorial Acribia, S. A., Zaragoza, España, pp. 275 – 414
- Chen, J., Piva, M., y Labuza, T.P., 1984 Evaluation of wáter binding capacity (WhC) of food fiber sources, *Journal of Food Science*, 49:59-63.
- Coia, K.A. Stauffer, K.R. 1987. Shelf life study of oil/wáter emulsions using various comercial hydrocolloids. *Journal Food Science* 52:166-172
- Colby, D. S. 1987. Función de las proteínas. Fijación. En: *Compendio de Bioquímica*. Editorial El Manual Moderno, S. A. de C. V., pp. 29 - 44.
- Cruz, M. 2002. Caracterización fisicoquímica, fisiológica y funcional de residuos fibrosos de cascara de maracuyá (*Pasiflora edulis*) Tesis. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- Decker, E. A. 1998. Strategies for manipulating the prooxidative/antioxidative balance of foods to maximize oxidative stability. *Trends in Food Science and Technology*, 9: 241 - 248.
- Dominguez-González, T.J., Gutiérrez-Giottonini, V.G. 1993. Elaboración y evaluación de estabilidad de salchichas ahumadas de tilapia (*Tilapia sp*). Tesis de Licenciatura, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.
- Dongowski, G., Drzikova, B., Senge, B., Blochwitz, R., Gebhardt, E., y Habe, A., 2005 Rheological behaviour of β -glucan preparations from oat products, *Food Chemistry* 93(2):279:291.
- Fernández-López J., Fernández-Gines, J.M., Aleson-Carbonell, L., Sendra E., Sayas-Barbera, E., Pérez-Álvarez, J.A. 2003. Application of functional citrus by-products to meat products. *Trends in food Science and Technology* 15:176-185.

- Figuerola, F., Hurtado, M.L., Estevez, A. Chiffelle, I. y Asenjo, F., 2005 Fiber concentrates from Apple pomace and citrus peel as potential fiber sources for food enrichment. *Food Chemistry* 91:395-401.
- Flores, J. y Bermell, S. 1985. Capacidad de emulsión de las proteínas miofibrilares. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (España)*, 25(4): 481 - 489.
- Forrest, J. C., Aberle, E. D. Hedrick, H. D., Judge M. D., Merkel R.A. 1974. *Fundamentos de ciencia de la carne*. Editorial Acribia Zaragoza, España
- Frankel, E. N. y Huang, S. W. 1996. Evaluation of antioxidant activity of rosemary extracts carnosol and carnosic acid in bulk vegetable oils and fish oil and their emulsions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 72: 201
- Gálvez, M., Flores, A., y González, A. 2006 *Proteínas*. En: *Química de los Alimentos*. Editorial Pearson Education, México. pp 119-235.
- Garcia, M. L., Cáceres, E., Selgas, M.D., 2007. Utilization of fruit fibres in conventional and reduced-fat cooked-meat sausages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 87(4): 624-631.
- Gardner, H.W. 1979. Lipid hydroperoxide reactivity with proteins and aminoacids: A review. *J. Agric. Food Chem.* 27:220
- Gordon, A. y Barbut, S. 1992. Mechanisms of meat batter stabilization: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 32(4): 299 - 332.
- Gornall, A. J., Bardawill C. J., y David M. M. 1949. Determination of serum proteins by meats of the biuret reaction. *Journal of Biological Chemistry*, 177:751-766.
- Gray, J.I. 1978. Measurement of lipid oxidation: A review. *Journal of American. Oil Chemistry Society*, 55:539
- Grigelmo-Miguel, N. y Martin-Belloso, O. 1999 Influence of fruit dietary fiber addition on physical and sensorial properties of strawberry jams. *Journal of Food Engineering*. 41:13-21.
- Guerrero, I., Ponce, E. y Pérez-Chabela, M. L. 2002. *Curso Práctico de Tecnología de Carne y Pescado*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México. DF
- Hamilton, R. J. 1994. The chemistry of rancidity in foods. En: *Rancidity in Foods*. Allen, J. C. y Hamilton, R. J. (Eds.). Chapman and Hall, Londres, Gran Bretaña, pp. 1 - 21.
- Hart F.L. 1991. *Análisis moderno de los alimentos*. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

- Hultin, H. O. 1993. Características del tejido muscular. En: Química de los Alimentos. Fennema, O. R. (Ed.). Editorial Acribia, S. A., Zaragoza, España, pp. 815 – 888.
- Ixtaina, V. Y., Nolasco, S.M.y Tomas, M. C. 2008. Physical properties of chía (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Industrial Crops and Products* 28: 286-293.
- Jáuregui, C.A., Regenstein, J.M., Baker, R.C., 1981. A simple centrifugal method for measuring expressible moisture, a water-binding property of muscle foods. *Journal of Food Science* 46: 1271-1273.
- Jiménez-Colmenero, F. y García-Matamoros, E.1981. Effects of washing on the properties of mechanically deboned meat. Proceedings of the 27th European Meeting of meat research workers.O. Pränld, Viena. pp.351-354.
- Julavittayanukul, O., Benjokul, S. y Visessanguan, W. 2006. Effect of phosphate compounds on gel-formation ability of surimi from bigeye shapper (*Priacanthus tayenus*). *Food Hydrocoloids* 20: 1153-1163
- Kinsella, J.E. 1976. Functional properties of proteins in food: A survey, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 7: 219-280
- Kinsella, J.E. 1984. Milk protein: physicochemical and functional properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 21: 197-262
- Kirk, R. S., Sawyer, R. y Egan, H. 1999. Composición y análisis de alimentos de Pearson. Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V., México, pp. 9 – 46 y 517 – 582
- Labuza, T.P. 2000. The search of shelf life. *Food Testing Analisis*, Mayo 2000.
- Landvogt, A. 1991. Errors in pH measurement of meat and meat products by dilution effects. Proceedings of the 37 the International Congress on Meat Science and Technology, ICoMST, Kulmbach, Germany, pp. 1159-1162.
- Laurrari, J., Bárbara, B. y Saura-Calixto, F., 1997 Seasonal changes in the composition and properties of a high dietary fiber poder from grapefruit peel. *Journal of the Science and Agriculture*. 74: 308-312.
- Lawrie, R. A. 1985. Chemical and biochemical constitution of muscle. En: *Meat Science*. Pergamon Press, Oxford, Inglaterra, pp. 43 - 73.
- López, G., Ros, G., Rincon,F., Periago, M.J., Martínez. y Ortuño, J., 1997 Propiedades funcionales de la fibra dietética. Mecanismos de acción en el tracto intestinal. *Archivos Latinoamericanos y Nutrición*. 47: 203-207.
- Mancini, R.A., Hunt, M.C. 2005. Current research in meat color. *Meat science* 71: 100-121

- Mena-Casanova, E., Totosaus, A. 2011 Improvement of emulsifying properties of milk proteins with j or k carrageenan: effect of pH and ionic strength. *International Journal of Food Science and Technology*. 46:535–541
- Montejano, G., 2006 Estados de dispersión. En: *Química de los Alimentos*. Editorial Pearson Educación, México. pp. 547-560.
- Muñoz L.A, Cobos A., Díaz O., Aguilera J.M. 2012. Chía seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. *Journal of food Engineering* 108:216-224
- Nawar, W. W. 1993. Lípidos. En: *Química de los Alimentos*. Fennema, O. R. (Ed.) Editorial Acirbia, S. A., Zaragoza, España, pp. 157 – 274.
- Ockerman, H. W. 1980. Quality Control of Post-mortem Muscle Tissue. *Meat and Additives Analysis Volumen 1*. Department of Animal Science, The Ohio State University and the Ohio Agricultural Research and Development Center, Columbus, Ohio.
- Peraza, G. 2000. Caracterización de los residuos fibrosos de *Canavalia ensiformis L.* y *Phaseolus lunatus L.* y su incorporación a un producto alimenticio. Tesis. Universidad Autónoma de Yucatán- Facultad de Ingeniería Química. México.
- Ramos, N.A.G., Farías, M.E. 2001. Stability of meat emulsion with non-meat proteins. *Proceedings of the Eighth International Congress on Engineering and Foods – ICEF 8- volume II*, Welti – Chanes, d., Barbosa – Cánovas, G.V. and Aguilera J.M. (editors) Technomic Publishing Company, Lancaster, p.p. 643-647
- Ramos, N.A.G., Farias, M.E., Almada, C. y Crivaro, N. 2007. Estabilidad de salchichas con hidrocoloides y emulsificantes Mundo lácteo y carnico. Mayo-Junio.4-7
- Ranken, M. D. 1994. Rancidity in meats. En: *Rancidity in Foods*. Allen, J. C. y Hamilton, R. J. (Eds.), Chapman and Hall, Londres, Gran Bretaña, pp. 191 - 202.
- Reyes-Caudillo, E., Tecante, A., y Valdivia-López, M.A., 2008. Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica L.*) seeds. *Food Chemistry*.107:656-663
- Rhee, K. S. 1992. Fatty acids in meats and meat products. En: *Fatty Acids in Foods and their Health Implications*. Marcel Dekker, Nueva York, pp. 65 – 93
- Rossell, J. B. 1994. Measurement of rancidity. En: *Rancidity in Foods*. Allen, J. C. y Hamilton, R. J. (Eds.). Chapman and Hall, Londres, Gran Bretaña, pp. 22 - 53.
- Rubio, M.A., 2002. Implicaciones de la fibra en distintas patologías. *Nutrición Hospitalaria* 2, 17–29.

- Sahin S. y Summu S.G. 2006. Propiedades físicas de los alimentos. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España pp. 185-226.
- Santos, M.A. 1995 Química y Bioquímica de Alimentos. UaCh. México, pp 11-24, 43 60, 177-200
- Scheer, J.F., 2001. The Magic of Chia. Revival of An Ancient Wonder Food. Frog Ltd., Berkeley, CA.
- Serna, S. 2009. Morfología y Estructura. En: Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. Editorial AGT Editor, S.A. México. pp.29-45
- Shand, P.J., 2000. Textural, water holding, and sensory properties of low-fat pork bologna with normal or waxy starch hull-less barley. *Journal of Food Science* 65:101-107.
- Swift, C.E., Lockett, C. y Fryar, A.J. 1961. Comminuted meat emulsions. The capacity of meat for emulsifying fat. *Food Technology*, 15: 468-472.
- Szczesniak, A.S. 1975. "General food texture profile revisited – Ten years perspective" *Journal .Texture Studies* 6: 5
- Taga, M.S. Miller, E.E., Pratt, D.E., 1984. Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. *Journal of American. Oil Chemistry Society*, 61:928-931.
- Tamayo, Y. y Bermudez, S. A. 1998. Los residuos vegetales de la industria de jugo de naranja como fuente de fibra dietética. En: *Temas de Tecnología de alimentos*, Vol. 2 Fibra Dietética; Editado por Lajolo, M. y E. Wenzel, CYTED Instituto Politécnico Nacional, México. pp. 181-189.
- Terrel,R. 1980. What's going on inside that casing? *Meat Industry* 51: 56-57
- Thebaudin, J.Y., Lefebvre, A.C., Harrington, M., Bourgeois, C.M. 1997. Dietary fibres: Nutritional and technological interest. 8:41-48.
- Totosaus, A. y Guerrero, I. 2006. Propiedades funcionales y textura. En: *Ciencia y Tecnología de Carnes*. Editorial Limusa, México. pp. 229-251.
- Totosaus, A, Pérez-Chabela, M.L. 2009. Textural properties and microstructure of low-fat and sodium-reduced meat batters formulated with gellan gum and dicationic salts. *Food Science and Technology* 42: 563-569
- Valdez, M. E. 2006. Hidratos de carbono. En: *Química de los Alimentos*. Editorial Pearson Educacion, Mexico. Pp. 29-109

- Vázquez-Ovando, A., Rosado-Rubio, G., Chel-Guerrero, L. y Betancur-Ancona, D. 2009. Physicochemical properties of a fibrous fraction from chía (*Salvia hispanica* L.). LWT-Food Science and Technology. 42:168-173.
- Venktesh, A.; Prakash, V. 1993. Functional properties of the total proteins of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed: effect of physical and chemical treatments. Journal Agricultural Food Chemistry, 41:18-23.
- Wagner, J. R. 2000. Propiedades superficiales. En: Caracterización Funcional y Estructural de Proteínas. Editorial Ceudeba, Buenos Aires. pp 41-71.
- Weber, C.W., H.S. Gentry, E.A. Kohlhepp., P.R. McCrohan 1991 The nutritional and chemical evaluation of chia seeds. Ecological Food Nutrition, 26:119-125
- Wilding. P., Lillford, P.J. y Regenstein, J.M. 1984. Functional properties of protein in foods. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 34B: 182-189
- Woyewoda, A.D., Shaw, S.J., Ke, P.J. and Burns B.G. (1986). Recommended Laboratory Methods for Assessment of Fish Quality. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 1448
- Yam, L.K., Papadakis, E.S. 2004. A simple method for measuring and analyzing color of food surfaces. Journal of Food Engineering 60: 137-142
- Yasosky, J. J., Aberle, E. D., Peng, I. C., Mills, E. W. y Judge, M. D. 1984. Effects of pH and time of grinding on lipid oxidation of fresh ground pork. Journal of Food Science, 49: 1510 – 1512.
- Zambrano, Z. M.L., Hernández, H.D., y Gallardo, N. Y. 1998 Caracterización fisicoquímica del Nopal, En: Temas de Tecnología de alimentos. Vol.2 Fibra Dietética; editado por Lajolo, M. y E. Wenzel CYTED. Instituto Politécnico Nacional, México, 29-41.
- Zambrano, Z. M.L., Meléndez, P. R., y Gallardo, N. T., 2001 Propiedades funcionales y metodología para su evaluación en fibra dietética. En: Fibra Dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. Editorial Varela, Brasil. pp. 195-209.
- Zipser, M.W., Watts, B.M. 1962 A modified 2-thiobarbituric acid (TBA) method for the determination of malonaldehyde in cured meats. Food Technology 16:102-107