

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



Análisis de contenido proteico en tortillas de harina de trigo adicionada con harina de Lombriz Californiana (*Eisenia foetida*).

POR:

YAJAIRA GUADALUPE CARBALLO GONZÁLEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre del 2011.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

"Análisis de contenido proteico en tortillas de harina de trigo adicionada con harina de Lombriz Californiana (*Eisenia foetida*)".

TESIS

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

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Presentada por:

Yajaira Guadalupe Carballo González

APROBADA

M.C. Xochitl Ruelas Chacón
Presidente

Dr. Jesús Alberto Mellado Bosque
Sinodal

M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla
Sinodal

M.C. Felipa Morales Luna
Sinodal

Dr. Ramiro López Trujillo
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre del 2011.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por permitir culminar uno más de mis sueños y guiarme siempre por el camino correcto. Por ser mi mejor amigo y darme el mejor regalo: la vida, mi familia y amigos.

A **mi Madre Candelaria González Rodríguez y mis Hermanos**: Juan Diego, Damaris, Ruth y Blanca Lilia; quienes fueron mis motores para no darme por vencida y seguir adelante, gracias por su amor, los amo.

A **mi tía Blanca Lilia Carballo Fiallo** por ser una segunda madre para mí, por sus consejos y amor que me brindo al igual que su familia, los quiero.

A **mi Prima Norma Patricia Pérez Mendoza y mi tío Cuberto Salas Basaldúa** por su cariño y por darme siempre palabras de aliento, los quiero.

A **mi Alma Terra Mater** por darme la oportunidad de formarme como profesionista en sus instalaciones.

Al **Ingeniero Rodolfo Oscar Baumbach Reyna** y a su empresa VERMIORGANICOS por su apoyo y donación de material biológico para realizar este trabajo de investigación.

A **M.C. Xochitl Ruelas Chacón** por haberme apoyado y por dedicarme parte de su valioso tiempo en este trabajo de investigación, y por brindarme su amistad y confianza.

A **T.L.Q. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel** por el apoyo incondicional que me brindo en el trabajo de laboratorio y por su amistad.

A **Dr. Jesús Alberto Mellado del Bosque** por su disponibilidad y prestación para realizar el análisis estadístico en la investigación.

A **M.C. Felipa Morales Luna** por su ayuda en la asesoría de aportaciones y sugerencias en la revisión final de este trabajo.

A **M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla** por su participación en la revisión de este trabajo.

A **mis Amigos maestros: Ing. Joel Cruz, M.C. Cándido Albores, Dr. Mario Vázquez, M.C. Daniel Gómez, Ing. Julio Charles, Dr. Efraín Castro;** por las enseñanzas, consejos, cariño y amistad que me brindaron y que eternamente viviré agradecida, porque ustedes llegaron a ser mis ángeles que cuidaron de mi como la niña de sus ojos y sé que nuestro Señor me los envió. Dios me los bendiga hoy y siempre.

A la **Sra. Doralicia y Familia** quien me adopto como su sobrina y que siempre estuvo al pendiente de mí. Gracias por todo, la quiero tía.

A **mis grandes amigos:** Floriberto Cárdenas, Miriam Gil, Virginia Moreno, Javier Eli Vázquez, Julio C. Zambrano, Gabriel Bonifaz, Antonio Cruz, Geovanny Marroquín, Fabián López, Petra Luz Medina, Santiago Ramirez, Fidel Lopez, Magdalena Hernández, Marisol Jiménez, Jessica Galdámez, Ángel Ismael Martínez. Por estar siempre a mi lado, aguantarme tantos momentos de lágrimas, por reír juntos, por brindarme su amistad, amor incondicional y mil cosas más; son geniales jamás los cambiare siempre estaré orando por ustedes donde quiera que estén.

DEDICATORIA

A mi Padre Juan Carlos Carballo Fiallo (+) quién me dio la vida y amor; y aun cuando ya no está aquí presente sé que el cuida de mí. Te amo papi.

Al Ing. Joel Cruz por sus sabios consejos que me han servido en mi trayecto de vida y por ser un gran amigo que estuvo siempre a mi lado sobre todo en los momentos más difíciles y me dio su hombro para recargarme y no caer. Gracias por cuidar de mí por ser mi guía y consuelo durante esta hermosa etapa. Por todo y eso más quiero decirle muchas gracias lo quiero mucho.

A ti Solecito quien eres parte de mi inspiración, por hacer de mí una mejor persona, por apoyarme en todo, por tu ayuda, tus consejos, te amo, por tu preocupación de que este bien, porque siempre estas cuando te necesito, por escuchar mis locuras de niña, calmar mis corajes y tristezas, por los momentos felices que hemos pasado, por todo eso y más **TE AMO**; y si el destino se empeña en que tomemos caminos diferentes recuerda una cosa: **TE ESTARE ESPERANDO EN LA OTRA VIDA PARA AL FIN SER FELICES**. Por todo eso solo te puedo decir gracias!

INDICE GENERAL

	Páginas
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	v
INDICE GENERAL	vi
INDICE DE CUADROS	ix
INDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
1.2 Hipótesis.....	3
1.3 Justificación.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Descripción del trigo.....	5
2.1.1.1 Clasificación de las variedades del trigo.....	6
2.1.1.2 Clasificación por cosecha.....	7
2.1.1.3 Clasificación según su fuerza.....	8
2.1.2 Consumo del trigo.....	9
2.1.3 Producción del trigo.....	9
2.1.4 Composición del trigo.....	11
2.1.5 Calidad del grano.....	11
2.1.6 Proceso de obtención del grano del trigo.....	12
2.1.7 BPM del grano del trigo.....	12
2.1.8 El rendimiento de la producción puede estar relacionado con los siguientes aspectos.....	15
2.2 Composición de la harina.....	16
2.2.1 Harina integral del trigo.....	16
2.2.2 Tortillas de harina de trigo.....	18

2.2.3 Definición de tortilla.....	18
2.2.4 Calidad de la tortilla de harina.....	18
2.2.5 Metodología para la elaboración de tortillas de harina.....	19
2.2.6 Preparación de la tortilla.....	19
2.2.7 Consumo de tortilla de harina de trigo en México.....	21
2.2.8 Pobreza en México.....	21
2.3 Descripción de la lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>).....	23
2.3.1 Historia de la lombricultura.....	23
2.3.2 Generalidades de la lombriz.....	24
2.3.3 Descripción de la lombriz.....	25
2.3.4 Reproducción y cría de lombriz.....	27
2.3.5 Carne de lombriz.....	28
2.3.6 Harina de lombriz.....	29
2.3.7 Ventajas del uso de la harina de lombriz.....	29
2.3.8 Propiedades nutrimentales.....	30
2.4 Antecedentes de la evaluación sensorial.....	32
2.4.1 Evaluación sensorial.....	32
2.4.2 Usos de la evaluación sensorial.....	33
2.4.3 Propiedades sensoriales.....	34
2.4.4 Importancia de la evaluación sensorial.....	36
2.5 Tipos de jueces.....	37
2.6 Pruebas afectivas.....	38
2.7 Pruebas de referencia.....	38
2.8 Tipo de análisis.....	38
2.8.1 Análisis descriptivo.....	38
2.8.2 Análisis discriminativo.....	39
2.8.3 Análisis del consumidor.....	39

III. MATERIALES Y METODOS.....	40
3.1 Materia prima.....	40
3.1.1 Material utilizado.....	40
3.2 Equipo utilizado.....	41
3.3 Material para el análisis de evaluación sensorial.....	41
3.4. Obtención de la harina de lombriz.....	42
3.5 Pasos para el pesado de la materia prima	44
3.5.1 Elaboración de las tortillas de harina.....	45
3.6 Análisis bromatológico tortillas de harina.....	46
3.6.1 Determinación de la materia seca total.....	46
3.6.2 Determinación de contenido de cenizas.....	46
3.6.3 Determinación de grasa.....	47
3.6.4 Determinación de fibra cruda.....	47
3.6.5 Determinación de proteínas por el método macro kjeldhal.....	48
3.7 Análisis sensorial.....	49
3.8 Prueba de preferencia.....	50
3.9 Análisis estadístico.....	50
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	51
V. CONCLUSIONES.....	58
VI. RECOMENDACIONES.....	59
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	60
VIII. ANEXOS.....	65

INDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro 1. Denominación de los granos de trigos.....	8
Cuadro 2. Estados productores de trigo en México.....	10
Cuadro 3. Composición del grano.....	11
Cuadro 4. Composición química de la harina de trigo.....	17
Cuadro 5. Clasificación taxonómica de la lombriz.....	27
Cuadro 6. Propiedades nutrimentales de la harina y carne de lombriz.....	31
Cuadro 7. Impresiones que se perciben a través de los sentidos en el análisis sensorial.....	34
Cuadro 8. Resultados de la prueba de preferencia por los consumidores por el método de Duncan.....	51
Cuadro 9. Resultados bromatológico de las tortillas de harina de trigo con harina de lombriz y el testigo.....	53

INDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Estructuras principales del trigo.....	6
Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de tortillas de harina de trigo.....	20
Figura 3. Anatomía interna de la lombriz.....	26
Figura 4. Proceso de obtención de la harina.....	43
Figura 5. Pesado de materia prima.....	44
Figura 6. Proceso de elaboración de las tortillas de harina con harina de lombriz.....	45
Figura 7. Cubículos de la evaluación sensorial.....	49
Figura 8. Evaluación de la tortilla de harina de trigo sola y con harina de lombriz.....	49
Figura 9. Comportamiento de medias de la variable color.....	52
Figura 10. Comportamiento de medias de la variable textura.....	53
Figura 11. Comportamiento de medias de la variable olor.....	54
Figura 12. Comportamiento de medias de la variable sabor.....	55

RESUMEN

La presente investigación muestra un estudio que consiste en evaluar el efecto de la adición de harina de lombriz californiana, a la harina de trigo blanca e integral para la elaboración de tortillas de harina; ya que el trigo ha sido considerado en muchos países un alimento básico debido a sus múltiples nutrientes y propiedades y la extraordinaria calidad de su harina.

Esta evaluación se realizó para desarrollar una tortilla que proporcione un alto contenido proteico. Para llevar a cabo este estudio se evaluaron cuatro tratamientos de harina de trigo, una natural y las otras tres se le añadió harina de lombriz en concentraciones al 0.5%, 1.0%, 1.5%. Se les practicó un análisis bromatológico a la harina de lombriz y al producto terminado para determinar su contenido nutrimental.

Se realizó una evaluación sensorial en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con los alumnos de dicha institución considerando las siguientes características a evaluar:

- Color
- Textura
- Olor
- Sabor

Los resultados obtenidos en esta evaluación fueron que las muestra que más preferían eran las tortillas de harina de trigo natural y la tortilla de harina de lombriz con el 0.05%, y en las otras muestras de 1.0% y 1.5% no fueron muy aceptadas y hubo poca diferencia entre ellas debido a que el sabor y olor eran más penetrantes, así como la apariencia que fue visible al consumidor.

Palabras claves: *Eisenia foetida*, tortillas de harina de trigo, enriquecimiento proteico, evaluación sensorial.

I. INTRODUCCION

Hoy en día México se ha visto afectado por problemas serios que atacan fuertemente la salud de la población principalmente en niños y gente de edad avanzada: como son la diabetes, la obesidad y principalmente la desnutrición (Adato, 2004).

La desnutrición es la mayor fuente de enfermedades y muerte prematura en los países de vías de desarrollo. Estos casos se deben a que la gente carece de educación en cuanto a lo que deben o no consumir y/o viven en la pobreza. En México se han realizado estudios basados en la ingesta diaria de calorías, ya que es el principal parámetro para determinar si un individuo puede presentar o no problemas de desnutrición, y así la persona conserve buena salud y cierto peso con un nivel mínimo de actividad diaria (Hernández, 2003).

Es por ello que se está realizando nuevos productos que aporten propiedades nutritivas al organismo, como en este caso la tortilla de harina integral fortificada con harina de *Eisenia foetida* (lombriz californiana).

Se sabe en la actualidad que la tortilla es el alimento básico de la cocina tradicional ya que es consumido todos los días y durante todo el año, utilizado para elaborar o acompañar diversos platillos.

El trigo es muy importante para la dieta alimentaría del pueblo mexicano. El trigo es uno de los principales granos para la alimentación junto con el maíz y el arroz., además estos se producen en muchos países (Daman, 2004).

La tortilla de harina integral es obtenida por el trigo, que está dentro de los tres granos más importantes y que es ampliamente consumido a nivel global. El trigo aporta energía, mejor digestión, propiedades antioxidantes entre muchos más. Un gran porcentaje de la producción total del trigo es utilizada en la elaboración de galletas, pan, tortillas, pastas, otra parte en la alimentación animal y el resto se utiliza en la industria (FUNTEC, 2003).

Sabiendo lo importante que es el trigo se realizó estudios de muestras de tortillas de harina de trigo adicionada con harina de *Eisenia foetida* también conocida (como lombriz californiana o lombriz roja).

La lombriz californiana son una fuente rica de proteínas, de la que se obtiene harina de un 73% de proteínas y una gran cantidad de aminoácidos esenciales, antes de ser usada la lombriz pasa por un proceso de purificación donde es alimentada con residuos naturales, se decidió utilizar la carne de lombriz porque es un recurso económico importante al tratarse de un alimento rico en proteína y es fácil su producción.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Aumentar y enriquecer el contenido proteico de la tortilla de harina de trigo adicionada con harina de *Eisenia foetida* conservando la calidad del producto y la aceptación del consumidor.

1.1.2 Objetivo específicos

- Obtención de la harina de *Eisenia foetida*.
- Analizar el contenido nutrimental de la harina obtenida.
- Añadir diferentes proporciones de harina de lombriz a la masa de tortillas de harina integrales.
- Elaboración de la tortilla de harina integral.
- Evaluación sensorial de la tortilla de harina integral adicionada con la harina de lombriz.

1.2 Hipótesis

Al mezclar la masa de la tortilla de harina con la harina de *Eisenia foetida* el contenido proteico se ve aumentado.

1.3 Justificación

El trigo es de gran importancia en la dieta de los seres humanos y reside principalmente en su alto valor energético, además que contiene más proteína que el maíz y el arroz. El trigo contiene además nutrientes y valor energético en mayor cantidad que los demás granos, y nutricionalmente sólo es comparable con la avena. A sus ventajas nutritivas se le suman sus características de procesamiento únicas entre los cereales, que lo coloca entre los que más se utilizan como materia prima para elaborar una gran diversidad de alimentos procesados y varios productos no alimentarios.

En México el trigo es la tercera fuente de nutrientes de bajo costo en la dieta de los mexicanos (después del maíz y frijol), sobre todo para las poblaciones rurales y urbanas de escasos recursos. En el país se cultiva trigo harinero (*Triticuma estivum*), que se utiliza en la elaboración de panes, tortillas, galletas, y repostería y el trigo cristalino (*Triticum durum*) para pastas alimentarias (Peña, 2005).

En este trabajo se realiza por la necesidad de dar una nueva alternativa novedosa, que proporcione las características necesarias para la aportación energética requerida en una dieta, ya que de ello depende dar un mejor rendimiento físico.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Descripción del trigo

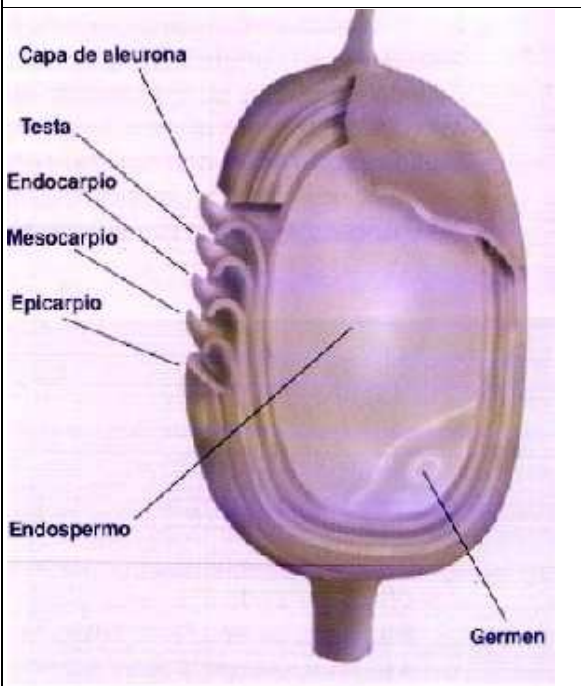
El trigo es una planta gramínea de crecimiento anual de la familia del césped, de altura promedio de un metro. Sus hojas son verdes, parecidas a las de otras gramíneas, brotan muy pronto y van seguidas por tallos muy delgados rematados por espigas de cuyos granos molidos se saca la harina (Scade, 1975).

La palabra trigo proviene del vocablo latino triticum, que significa quebrado, triturado o trillado, haciendo referencia a la actividad que se debe realizar para separar el grano de trigo de la cascara que lo recubre (Norman, 1983).

Los granos de trigo son ovalados, redondeados en ambos extremos. El germen se encuentra en un extremo, mientras que en el otro hay un grupo de finas vellosidades; a lo largo de la cavidad del grano existe un repliegue o surco llamado aleurona y varias capas envolventes, existiendo en el fondo una zona pigmentada. En general el grano de trigo está compuesto por endospermo, salvado o afrecho y germen (figura 1).

El trigo de color amarillo es uno de los tres granos más ampliamente producidos globalmente, junto al maíz y el frijol, y son los más consumidos por el hombre en la civilización occidental. El valor nutritivo del trigo y de los productos derivados de sus harinas, siempre han sido una fuente importante de alimento para la humanidad, ya que aportan energía, proteína, vitaminas y minerales, muy necesarios para el crecimiento sano de la población (Dallwitz, 2008).

Figura 1. Estructuras principales del trigo

ESTRUCTURA DEL TRIGO	PARTES DEL TRIGO
	<p>Salvado: este es obtenido por las tres capas, el epicarpio, el endocarpio y la testa.</p> <p>Capa aleuronica: es la cubierta externa del endospermo. No contiene almidón, es rica en proteínas y en aceite.</p> <p>Endospermo: es la parte central de la cual se obtiene la harina.</p> <p>Germen: es la parte productora del grano. El embrión es rico en proteínas, aceites y es rico en vitamina b.</p>

Fuente: Elías, 1972.

2.1.1.1 Clasificaciones de las variedades de trigo

Los trigos en México se clasifican según las propiedades del gluten, esto a diferencia de Estados Unidos y Canadá en donde los trigos se clasifican por sus hábitos. De esta manera, se pueden mencionar las clasificaciones y variedades de trigo:

Las principales diferencias entre granos de trigo son dadas por su dureza:

- Muy duros (durum)
- Duros (hard)
- Suaves o blandos (soft)

Los trigos muy duros crecen en climas muy cálidos y secos, y aun cuando absorben más agua, en su comercialización tienen menos humedad. La dureza afecta a la facilidad con que se desprende el salvado del endospermo. En el trigo duro, las células del endospermo se separan con más limpieza y tienden a permanecer intacta.

Los trigos duros también crecen en climas muy cálidos y secos (temporal), aunque menos extremos que los anteriores. Estos producen harina gruesa, arenosa, fluida y fácil de cerner, compuesta por partículas de forma regular, muchas de las cuales son células completas de endospermo.

Los trigos suaves o blandos crecen en climas más templados donde hay presencia de más agua, aunque absorben menos cantidades. Generalmente en su comercialización aparecen con un contenido mayor de agua que los duros. Ellos producen harina muy fina compuesta por fragmentos irregulares de células de endospermo (incluyendo una proporción de fragmentos celulares muy pequeños y granos sueltos de almidón) (Kingswood, 1977).

2.1.1.2 Clasificación por cosecha

El trigo primavera

Las características climáticas de las localidades donde se cultiva el trigo de primavera máxima pluviosidad en primavera y comienzo de verano y máxima temperatura en pleno y final de verano favorecen la producción de granos de maduración rápida, con endospermo de textura vítrea y alto contenido proteico adecuado para la panificación.

El trigo de invierno

Cultivado en un clima de temperatura y pluviosidad más constantes, madura más lentamente produciendo cosechas de mayor rendimiento y menor riqueza proteica, más adecuado para galletas y pastelería que para panificación (Scade, 1975).

2.1.1.3 Clasificación según su fuerza

Trigos fuertes

Los trigos que tienen la facultad de producir harina para panificación con piezas de gran volumen, buena textura de la miga y buenas propiedades de conservación, tienen por lo general alto contenido de proteína. La harina de trigo fuerte admite una proporción de harina floja, así la pieza mantiene su gran volumen y buena estructura de la miga aunque lleve cierta proporción de harina floja; también es capaz de absorber y retener una gran cantidad de agua (ver cuadro 1).

Trigos flojos

Los trigos que dan harina con la que solamente se pueden conseguir pequeños panes con miga gruesa y abierta y que se caracterizan por su bajo contenido en proteína. La harina de trigo flojo es ideal para galletas y pastelería, aunque es inadecuada para panificación a menos que se mezcle con harina más fuerte (Mangelsdorf, 1973) (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Denominación de los granos de Trigo

DENOMINACION	CARACTERISTICAS
Fuerte	Gluten fuerte y elástico apto para la industria mecanizada de panificación. Usados para mejorar la calidad de trigos débiles.
Medio- fuerte	Gluten medio-fuerte apto para la industria artesana de panificación.
Suave	Gluten débil o suave pero extensible apto para la industria galletera. Usado para mejorar las propiedades de trigos tenaces.
Tenaz	Gluten corto o poco extensible pero tenaz, apto para la industria pastelera y galletera
Cristalino	Gluten corto y tenaz, apto para la industria de pastas y sopas.

Fuente: Mangelsdorf, 1973.

2.1.2 Consumo del trigo

La propiedad más importante del trigo es la capacidad de coacción de la harina debida a la elasticidad del gluten que contiene. Esta característica permite la panificación, constituyendo un alimento básico para el hombre. El trigo generalmente es transformado en harina, y ésta es destinada principalmente a la fabricación de pan, galletas, pasteles, tortillas, pastas para sopa y otros productos. Uno de los elementos nutritivos más importantes es la proteína, misma que se encuentra contenida en el gluten, el cual facilita la elaboración de levaduras de alta calidad, necesarias para la panificación.

El trigo de menor calidad se utiliza para la elaboración de bebidas alcohólicas y alimentación animal. Igualmente los subproductos de la molienda (salvado, salvadillo, etc.) se utilizan como alimento forrajero, o para la elaboración de otros alimentos humanos con alto contenido de fibras.

2.1.3 Producción del trigo

El trigo ha formado parte del desarrollo económico y cultural del hombre, siendo el cereal más importante cultivado. Es considerado un alimento para consumo humano, aunque gran parte se destina a la alimentación animal, así como a subproductos de la transformación industrial destinados para piensos (ONU, 1992).

El trigo se cultiva en todo el mundo siendo la principal área de cultivo la zona templada del hemisferio norte. A nivel mundial, el mejoramiento de las técnicas de cultivo y la selección genética nos conduce a un incremento considerable de su rendimiento.

El trigo puede crecer en diversidad de latitudes, climas y suelos, aunque se desarrolla mejor en zonas templadas. Debido a esto, es posible encontrar cosechas de trigo en todos los continentes. De acuerdo a la información de la FAO y la Secretaría de Agricultura de Argentina los principales países

productores de trigo a nivel mundial son: China, India, Estados Unidos, Rusia, Francia, Canadá, Irán, Turquía, Pakistán, Australia y Argentina. Y en estados de la república mexicana son: Sonora, Guanajuato, Baja California, Sinaloa, Michoacán y Jalisco (Camacho, 1981) (cuadro 2).

La producción total mexicana de trigo durante la década final del siglo XX (1991-2000) fue de 35.7 millones de toneladas, concentrándose en los estados de Sonora, Guanajuato, Baja California, Sinaloa, Michoacán y Jalisco (cuadro 2).

Cuadro 2. Estados productores de Trigo en México.

Ubicación	Superficie sembrada	Superficie cosechada	Superficie siniestrada	Producción	Rendimiento	PMR	Valor de producción
	(Ha)	(Ha)	(Ha)	(Ton)	(Ton/Ha)	(\$/Ton)	(Miles de pesos)
Baja california	83,162.00	75,992.00	7,170.00	499,062.92	6.57	1,600.00	798,503.07
Guanajuato	102,142.00	101,617.00	525	537,776.40	5.29	1,748.81	940,466.44
Jalisco	30,802.00	29,302.00	1,500.00	159,194.66	5.43	1,752.32	278,960.43
Michoacán	33,953.40	29,688.40	4,265.00	157,584.95	5.31	1,703.53	268,450.03
Sonora	259,836.00	259,591.00	245	1,599,520.56	6.16	1,629.49	2,606,405.80
Tlaxcala	41,987.00	41,838.00	149	132,636.88	3.17	1,820.60	241,478.85

Fuente: FAO, 2006.

Por lo anterior, la mayor demanda del cereal en nuestro país la tiene la industria harinera, la que a su vez provee de materia prima a los fabricantes de la industria del pan, en donde la calidad del producto es determinada por la cantidad y la calidad de la proteína del grano.

A nivel nacional, Según cifras del Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la producción total mexicana de trigo durante los últimos diez años (1991- 2000) fue de 35.7 millones de toneladas concentrándose cerca del 85% de la producción en los estados de Sonora (35%), Guanajuato (17.5%), Baja California (11.5%), Sinaloa (9.2%) Michoacán (6.4%) y Jalisco (4.4%) (Anónimo 1, 2005).

2.1.4 Composición del trigo

Teniendo en cuenta el gran número de variedades de trigo, resulta sorprendente que la composición del grano varíe tan poco (Cuadro 3). De los datos aportados por distintos investigadores se deducen los siguientes límites aproximados (Wong, 1995).

Cuadro 3. Composición del Grano

Nutrientes	Harina de trigo
Humedad	13-15
Proteína	10-15
Grasa	1.5-2.5
Hidratos de carbono	60-68
Fibra	1.8-2.5
Cenizas	1.2-2.0

Fuente: Wong, 1995.

2.1.5 Calidad del grano

Las sustancias que valoran la calidad del trigo son las proteínas que se encuentran en el complejo insoluble denominado gluten. La calidad del gluten es más importante que la cantidad, pero esta calidad no es fácilmente medible.

La riqueza de proteínas se mantiene constante en los últimos estados de maduración. En cambio, el incremento de glúcidos es continuo hasta la desecación del grano. La calidad es una condición de cada variedad, siendo comprobada experimentalmente cultivando un mismo grupo de variedades en distintas localidades. Está influenciado por el clima, pues la mejor calidad se obtiene en zonas áridas que en zonas húmedas (Anónimo 2, 2005).

2.1.6 Proceso de obtención del grano de trigo

2.1.7 Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) del grano de trigo (figura 2)

- ✓ RECEPCION Y ALMACENAMIENTO DEL TRIGO: En primer lugar se debe limpiar el trigo a fondo es decir, se elimina la mayoría de las impurezas más grandes: arena, hojas, piedras, tallos húmedos, entre otros; al ingresar el trigo en camiones se pesa y se toman muestras para analizar en laboratorio, luego se descarga y clasifica en la planta de almacenes.

- ✓ LIMPIEZA Y PREPARACION DEL TRIGO: Se realiza una primera limpieza en seco para separar polvillo y cuerpos extraños. Luego el trigo es mojado y depositado en silos de descanso durante 30 horas previo a la molienda. La salida y el flujo de los trigos desde los depósitos y los silos es controlada para garantizar los diferentes parámetros, una vez que han sido definidos según la proporción de la mezcla.

- ✓ **MOLIENDA Y CERNIDO:** Después se somete a un acondicionamiento, que es un tratamiento a base de humedad y calor, con el fin de que todos los granos tengan un contenido uniforme de humedad, así se consigue una molturación más eficaz. La molturación consiste en un proceso progresivo de reducción o degradación del grano de trigo:

Primero se pasa el trigo a los cilindros molturadores (que están estriados) se parten los granos. El producto de la molturación se criba y el residuo pasa al segundo triturador, donde se muele para separar el endospermo tanto como es posible. El residuo, después de cerner de nuevo, pasa al tercer par de cilindros trituradores, donde se vuelve a moler, y el residuo pasa ahora al cuarto par de cilindros, cuya función debe ser separar del salvado, todo lo que quede de endospermo (puede ir al siguiente par, para asegurar el máximo aprovechamiento del endospermo).

El producto granulado que sale de estos pares, se clasifica según los tamaños de los granos y (después de purificar las partículas de salvado por medio de corrientes de aire en los purificadores) pasan a los cilindros finales llamados disgregadores, donde se produce la harina.

La presión de cada pareja de cilindros, se ajusta según el tamaño de los granos. Toda la harina que sale de los distintos cilindros disgregadores, donde se hace la harina, se criba por cedazos tejidos especialmente, denominados Planchister o Cernedores planos, son grandes cedazos, que mediante rápidos movimientos de vaivén, van haciendo pasar la mercancía por sus distintos bastidores y bandejas, que están superpuestas en torre. Las bandejas tienen el fondo recubierto de chapa y divididos transversalmente por calles.

Sobre estas bandejas, están los bastidores recubiertos de telas metálicas o de seda, que van variando el grosor de sus agujeros, de forma selectiva según las calles coincidentes con las bandejas para conseguir la separación de cada una de las partes del grano, dando a la harina su blancura según la característica.

Se obtiene harina de dos calidades: de panificación, con un grado de extracción del 70-72% y “flor de harina” de un 25-40% de extracción, según el sistema de molturación. La mayor parte de la harina producida es del tipo de panificación.

- ✓ ENVASADO, CONTROL DE CALIDAD Y DISTRIBUCIÓN: Las harinas así obtenidas se envasan sacos de polipropileno y se despachan a diversos puntos del país. Previo a ello se controla en laboratorio la calidad mediante diversos análisis de Humedad, Proteínas, Cenizas, Blancura y Propiedades Reológicas. De manera tal que mediante una estricta selección de los trigos utilizados y un riguroso proceso de molienda, se logra harinas con cualidades que son valoradas por los panaderos por: Fuerza, Blancura, Sabor y Rendimiento (González, 2000).

2.1.8 El rendimiento de la producción de harina puede estar relacionado con los siguientes aspectos:

- La humedad del grano debe ser lo más baja posible.
- La cantidad de impurezas y semillas extrañas tiene incidencias negativas en el rendimiento.
- Como el grano de trigo duro tiene forma alargada, textura dura y baja humedad, suele romperse durante la recolección; de esta forma hay una proporción alta de granos rotos cuando el trigo llega a la fábrica. Estos granos rotos no son fácilmente recuperables.
- El tamaño del grano está en correlación con el peso.

- Las dimensiones de todos los granos deben ser muy similares y regulares.
- Los granos germinados dan pastas con deficientes cualidades de cocción.
- La textura dura es una característica genética y está relacionada con endospermos compactos y específicamente, con la fuerte interacción almidón-proteína.
- El grado de vitriosidad es importante para rendir una alta proporción de sémola.

2.2 Composición de la harina

El trigo ha sido considerado en muchos países un alimento básico debido a sus múltiples nutrientes y propiedades y la extraordinaria calidad de su harina ya que es:

- Un alimento rico en hidratos de carbono que ayuda a obtener mucha energía.
- Su riqueza en fibra le hace ideal para tratar el estreñimiento.
- Es Ideal para personas nerviosas o en período de estudios por su aporte en vitaminas B.
- Su contenido en lignanos (fitoestrógenos) reduce la posibilidad de sufrir cáncer de pecho, útero o próstata.
- Tiene propiedades antioxidantes.
- Es una buena fuente de Selenio y vitamina E que protegen a nuestras células frente a los radicales libres (Olmo, 2005).

2.2.1 Harina integral de trigo

El uso que se le da a la harina de trigo también va dirigido a procesos de panificación, a la elaboración de panes, pasteles galletas, dulces, pastas entre otros.

Las proporciones de los nutrientes de la harina integral de trigo pueden variar según el tipo y la cantidad del alimento, además de otros factores que puedan intervenir en la modificación de sus nutrientes. De acuerdo a la preparación de la harina integral de trigo, pueden variar sus propiedades y características nutricionales (FAO, 2007) (cuadro 4).

Cuadro 4. Composición química de la harina de trigo

NUTRIENTES	INTEGRAL	REFINADA
Agua	10.27 g	11.92 g
Energía	339 Kcal	364 Kcal
Grasa	1.87 g	0.98 g
Proteína	13.70 g	15.40 g
Hidratos de carbono	72.57 g	73.31 g
Fibra	12.2 g	2.7 g
Potasio	405 mg	107 mg
Fósforo	346 mg	108 mg
Hierro	3.88 mg	4.64 mg
Sodio	5 mg	2 mg
Magnesio	138 mg	22 mg
Calcio	34 mg	15 mg
Cobre	0.38 mg	0.14 mg
Zinc	2.93 mg	0.70 mg
Manganeso	3.79 mcg	0.682 mcg
Vitamina B1 (tiamina)	0.4 mg	0.1 mg
Vitamina B2 (riboflavina)	0.215 mg	0.04 mg
Vitamina B3 (niacina)	6.365 mg	----
Vitamina B6 (piridoxina)	0.341 mg	0.2 mg
Vitamina E	1230 mg	0.060 mg
Acido fólico	44 mcg	----

Fuente: Anónimo 3, 2011.

2.2.2 Tortilla de harina de trigo

2.2.3 Definición de tortilla

Las tortillas de maíz, que son de origen prehispánico, se hacen con masa que es muy maleable, poco elástica por lo que puede extenderse con relativa facilidad para darle la forma que sea necesaria mediante prensas muy simples, incluso de madera.

En cambio, la masa hecha con harina de trigo es mucho más elástica por la presencia de la proteína del trigo, por lo que para extenderla y darle la forma característica de las tortillas se requiere extenderla repetidamente mediante un rodillo de panadero y es difícil darle la forma circular. Esto se resuelve fácilmente mediante prensado en caliente mediante la Tortilladora T190.

Las tortillas se distinguen por la forma en que son preparadas y por el relleno, dando lugar a distintos platos de la gastronomía mexicana como tacos (blandos, rellenos y enrollados), burritos (cuando el relleno es de carne o verduras), quesadillas, entre otros guisos (Fernández, 1998).

2.2.4 Calidad de la tortilla de harina

Para tener unas ricas tortillas de harina de buena calidad, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: una buena harina ya que influye en la consistencia del producto final; es decir la harina con bajo contenido de gluten produce tortillas poco flexibles y algo frágiles, y un buen amasado durante el cual se evitará que se formen grumos, y para conservarlas por más tiempo se recomienda dejarlas enfriar y luego colocarlas en bolsas de plástico y meterlas al refrigerador (García, 1988).

2.2.5 Metodología para la elaboración de las tortillas de harina

2.2.6 Preparación de la tortilla

La forma para elaborar las sabrosas y nutritivas tortillas de harina, típicas del norte de México es la siguiente:

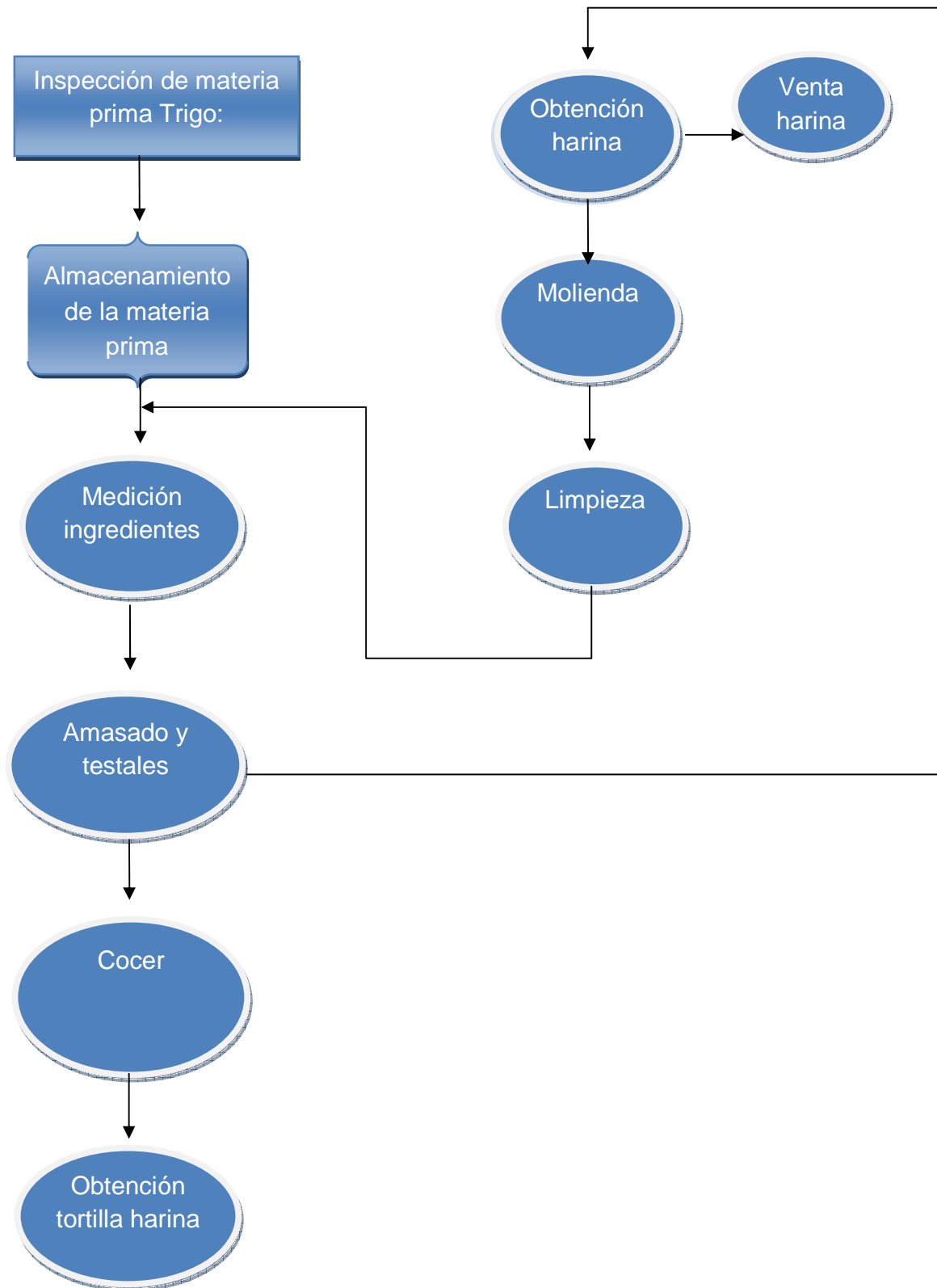
Poner en un recipiente la harina de trigo, el polvo de hornear (rexal), la sal y procurando que se incorporen perfectamente de manera que no queden grumos (la calidad de la harina influye en la consistencia del producto final). Enseguida hacer un hueco en el medio e incorporar la manteca y agregar poco a poco agua tibia hasta formar la masa; amasa un poco en la mesa hasta que quede elástica y lisa de manera que no se pegue.

Luego, se hacen pequeñas bolas o también conocidas como testales que se pueden acumular en un lienzo o platón limpio para posteriormente ser prensadas con la tortilladora, la cual deberá conectarse entre 5 y 10 minutos antes de empezar a utilizarla para que alcance la temperatura de trabajo o tomar un rodillo para extender la masa y formar un círculo de uno 7.5 cm. de diámetro (la tortilla debe quedar muy delgada, unos dos milímetros de grosor).

Cocer en una plancha gruesa caliente. Observar que la masa de la tortilla se caliente y se volteará de dos a tres veces para que la tortilla tome su consistencia. Las tortillas, una vez que van haciéndose, se colocan dentro de una canasta (tazcal) o tortilleros de unicel y se recubren con una pequeña manta de tela bordada para conservar su calor (Anónimo 4, 2005).

Ya cocidas las tortillas están listas para disfrutarse solas, con mermeladas o cajetas a manera de crepas, en tacos, o acompañando a una gran cantidad de platillos. También se las puede ventilar y dejar enfriar un poco para guardarse para su consumo posterior (Vicent, 2002) (figura 2).

Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de las tortillas de harina de trigo.



2.2.7 Consumo de tortilla de harina de trigo en México

Las tortillas son alimentos de la familia del pan de forma circular y muy delgados hechos de masas o pastas de granos como el maíz o el trigo. En México y en muchos países de América, la mayor parte de las tortillas son de maíz, pero especialmente en el norte de México se consumen también las tortillas de harina de trigo. Las tortillas se suelen usar para acompañar a una gran cantidad de alimentos, pero no sólo como apoyo o acompañamiento, sino también formando parte de éstos; como es el caso de la gran variedad de "Tacos", "Burritos", "Quesadillas", "Wraps", etc. de la cocina mexicana y norteamericana (Acosta, 1988).

2.2.8 Pobreza en México

De acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social declara que hay más de cincuenta millones de mexicanos que viven sumidos en la pobreza, que representan el 47.4 % de la población, (Coneval, 2010). Bajo esta perspectiva, los Estados de mayor pobreza en el país son Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Tabasco y Durango, y en ellos se concentran altos porcentajes de población indígena (Hernández, 2003).

La pobreza se encuentra directamente relacionada con la capacidad para generar fuentes de empleo, y el potencial de desarrollo basado en educación, profesionales, técnicos e investigación que dotan a una región de medios para la creación de productos y servicios comercializables e infraestructura que permita a la región relacionarse económica y laboralmente con otros sectores (Aguilar, 2010).

Aunque se han hecho esfuerzos por atacar a la pobreza, el problema de raíz radica en la forma en que se encuentran estructurados los centros económicos, dentro de las zonas urbanas los cuales en países como el nuestro giran alrededor del sector manufacturero y de materias primas, y aunque los Estados

de mayor pobreza en México son productores importantes de ellas, los bajos salarios y la poca o nula inversión pública y privada en esas regiones origina la migración de los individuos a las zonas industriales y urbanas, abandonando finalmente el campo (Salgado, 2010).

Mucho han hablado y se seguirá hablando de los problemas que causa la pobreza en México, y es que debido a este problema surgen problemas relativamente serios como lo es la educación, enfermedades, entre otros problemas. La desnutrición es una asimilación deficiente de alimentos por el organismo, que conduce a un estado patológico de distintos grados de severidad y variadas manifestaciones clínicas o un estado patológico del organismo, que no permite un adecuado aprovechamiento de los nutrientes que son consumidos, ocasionando un deterioro del cuerpo (Ordoñez, 2002).

El Coneval, junto con otros muchos especialistas, reconoce que la estrategia más sólida para superar en forma definitiva la pobreza, pasa necesariamente por: hacer crecer la economía, crear empleos bien remunerados, impulsar una política social que garantice una buena educación, salud y vivienda. De esa dimensión es el reto para la sociedad mexicana y los distintos niveles del gobierno.

2.3 Descripción de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*)

2.3.1 Historia de la Lombricultura

El rol de las lombrices en el mejoramiento de las tierras de cultivo, era muy conocido en el Antiguo Egipto. El gran filósofo griego Aristóteles, las definió certeramente como "los intestinos de la tierra". Los romanos también supieron apreciar a las lombrices, aunque en el siglo XIX, se explicó científicamente cuál era su verdadera función en el Ecosistema (BOULOGNE, 2008). Se asegura que Thomas Barret, fue el precursor de la explotación intensiva en California, en el año de 1920. Por la misma época, el suizo Alberto Roth, las trajo de Europa y las utilizaba en labores agrícolas en Argentina. Hug Carter, en los Estados Unidos inicia en 1947 su propio criadero.

Pero la diferencia sustancial con Roth, es que empleó una especie diferente de lombriz, *la Eisenia foetida*, también conocida como Lombriz Roja Californiana, que por razones de crianza, reproducción, y la variedad de desechos orgánicos que ingiere, ésta lombriz y sus variedades, son las más adecuadas para una producción intensiva de Humus (Martínez, 1999).

La lombricultura es una tecnología basada, en la cría intensiva de lombrices para la producción de humus a partir de un sustrato orgánico. Es un proceso de descomposición natural, similar al compostaje, en el que el material orgánico, además de ser atacado por los microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos, levaduras, etc.) existentes en el medio natural; también lo es por el complejo sistema digestivo de la lombriz (Barbado, 2003).

2.3.2 Generalidades de la lombriz

Se le conoce como Lombriz Roja Californiana porque es en ese estado de E.E.U.U. donde se descubrieron sus propiedades para el ecosistema y donde se instalaron los primeros criaderos.

Los principales países productores de América Latina son Chile, Brasil, Colombia, Argentina y Ecuador. Estos países cuentan con grandes explotaciones industriales de lombriz roja californiana. Filipinas es uno de los mayores productores de harina de lombriz para consumo humano, ya que la ausencia de olor y sabor la hace competitiva con la harina de pescado, tanto en calidad como en precio. El manejo de esta Lombriz es muy sencillo e ideal para tener en la finca, se utiliza como alimento de ellas todos los desechos orgánicos como estiércoles de los animales y vegetales sobrantes de los cultivos (Schuldt, 2006).

La lombriz es un anélido hermafrodita: pertenece al phylum (ó trinco) de los Anélidos, a la clase de los Oligoquetios. De acuerdo con nuestras necesidades es oportuno dividir todas las especies conocidas en dos grandes grupos:

- Las lombrices silvestres o comunes.
- Lombrices domésticas.

Las diferencias entre ambos grupos son manifiestas. En el caso de la Lombriz Roja, que es claramente una lombriz criada en cautividad, podemos considerar que si su explotación tiene lugar en una especie de vivero apropiado, puede llegar a multiplicarse dicho modulo hasta 512 veces, en el curso de la vida activa de la misma. Por su parte, una lombriz silvestre o común, solo se consigue multiplicar de 4 a 6 veces, (Ortigosa, 2010)

En el sector alimenticio, la lombriz es empleada básicamente como alimento directo para animales de crianza, como aves, peces y otros, o como parte integrante de la dieta alimentaria de estos animales. Sin embargo, debido al alto contenido proteico de este tipo de carne, es una fuente de alimentación alternativa o complementaria del ser humano. También se le procesado convirtiéndola en harina, la cual, tiene un alto contenido proteico, contiene aminoácidos esenciales para la nutrición humana y ofrece una composición de ácidos grasos saturados- monoinsaturados- polinsaturados en la proporción de 1-2-1 respectivamente (Aragones, 1998).

La importancia de la crianza de la lombriz de tierra, radica particularmente en el sector agroindustrial y en el de la alimentación. En el sector agroindustrial, la acción mecánica de excavación de galerías que realiza la lombriz bajo la superficie del terreno, acelera el proceso de oxidación y la nitrificación del suelo. Esta operación permite la penetración y retención de agua necesaria para dar humedad al terreno (Barbado, 2004).

La eliminación de los residuos urbanos y desechos agroindustriales son un problema a nivel mundial. La solución a este grave inconveniente es la selección de las basuras y con la ayuda de las lombrices se puede regenerar y transformar éstas en un 100% de fertilizante orgánico. La lombriz roja californiana tiene una gran importancia económica, pues contribuye a la fertilización, aireación, mejora de la estructura y formación del suelo (Schuldt, 2006).

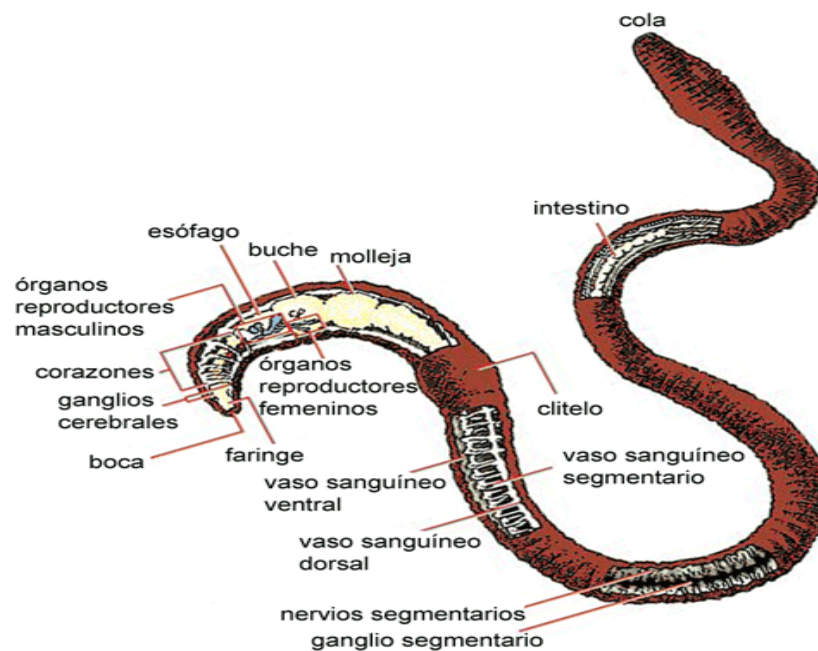
2.3.3 Descripción de la lombriz

La lombriz roja californiana es una variedad obtenida mediante cruces genéticos con diversas lombrices. Posee el cuerpo alargado, segmentado y con simetría bilateral. Existe una porción más gruesa en el tercio anterior de 5 mm de longitud llamada clitelium cuya función está relacionada con la reproducción.

Al nacer las lombrices son blancas, transcurridos 5 o 6 días se ponen rosadas y a los 120 días ya se parecen a las adultas siendo de color rojizo y estando en condiciones de aparearse (BIOAGRO, 2010), (ver figura 3).

Figura 3. Anatomía interna de la lombriz

Anatomía interna de la Lombriz



Fuente: Barbado, 2004.

La existencia de estos animalitos contribuye al cuidado del medio ambiente para reciclar y descontaminar la tierra. Reciclando en cada hogar con los desechos orgánicos producidos en la cocina, puede criar y mantener estas lombrices (Bioagro, 2010).

El investigador Rubén Isaac Almonte de la Universidad de Santo Domingo menciona que “vivimos es un mundo en crisis, desde el punto de vista

alimenticio. Para atacar la pobreza, el uso de la carne de lombriz puede ser una alternativa” (Almonte, 2010).

La taxonomía de la lombriz de tierra *Eisenia foetida* se clasifica dentro del reino animal (Cuadro 5).

Cuadro 5. Clasificación taxonómica de la lombriz

Reino	Animal
Subreino	Metazoos
Phylum	Protostomia
Grupo	Anélido
Clase	Oligochaeta
Familia	Lombricidae
Género	Eisenia
Especie	E. Foetida

Fuente: Barbado, 2004.

2.3.4 Reproducción y cría de lombriz

La Lombriz Roja alcanza su madurez sexual a los 3 meses de edad, Es hermafrodita <posee ambos sexos>, por lo que no está en condiciones de autofecundarse; consecuentemente, como resultado del acoplamiento de dos lombrices, se producirán dos huevos o cápsulas (uno de cada lombriz). Cada siete días pone una cápsula que se abrirán al cabo de 12 a 21 días donde nacerá de una a veinte lombrices, según la temperatura del medio donde se ubiquen. El promedio anual es de tres mil lombrices considerando las generaciones que se consiguen en el período (Ortigosa, 2010).

Ellos habitan en los primeros 50 cm. del suelo, por tanto es muy susceptible a cambios climáticos. Es fotofóbica, los rayos ultravioletas pueden perjudicarla gravemente, además de la excesiva humedad, la acidez del medio y la incorrecta alimentación. Las condiciones del medio deben ser óptimas, ya sea para la producción del humus, o para la actividad sexual. Una buena temperatura del medio oscila alrededor de 19 - 20 °C. Los climas templados son los ideales para el cultivo de la lombriz. Así mismo es muy importante el manejo que se le dé al lombricultivo como es una comida idónea, agua de calidad y en la cantidad necesaria, para que puedan producir grandes cantidades de humus y de carne de lombriz por hectárea como ninguna otra actividad zootécnica (Anónimo 5, 2011).

2.3.5 Carne de lombriz

Se trata de una carne roja, siendo una fuente de proteínas de bajo costo, de la que se obtiene harina con un 73% de proteína y una gran cantidad de aminoácidos esenciales. La carne de lombriz se emplea tanto en la alimentación humana como en la animal.

La carne de lombriz es uno de los mejores alimentos, ya que tiene un alto contenido de proteínas, sobre el 70%, 20 aminoácidos con los 10 esenciales y un amplio espectro de vitaminas. Es ideal para personas anoréxicas, bulímicas, con padecimientos de desnutrición, para deportistas, para quienes necesitan fortalecer sus sistemas musculares o simplemente para quienes quieran sentirse bien. Para el consumo de lombriz no hay contradicciones ni cosificación (BIAGRO, 2011).

Si la cosecha de lombriz se destina a la producción de harina, es necesario separar las lombrices de su medio empleando una malla de alambre tejido y posteriormente someterlas a baños especiales para eliminar bacterias y hongos

indeseables. Por último son secadas al sol o en estufas y molidas. El resultado final es un polvo de color amarillento que contiene de 60-82% de proteína animal. Es necesario de 8-10 Kg de lombrices vivas para producir 1 Kg de harina.

La carne de lombriz es un recurso económico importante al tratarse de un alimento rico en proteínas y de fácil producción. Podría ser considerado como un alimento para los países en vías de desarrollo; ya que una parte puede ser destinada a la continuidad del criadero y la otra a la elaboración de harina (Aragonés, 1998).

2.3.6 Harina de lombriz

La harina de lombriz se caracteriza por un elevado contenido de proteínas (> 60% p/p, base seca) de interés nutricional; ya que proporciona aminoácidos esenciales para la dieta humana. La obtención a un bajo costo de la harina de lombriz rica en proteínas se debe a que las lombrices se alimentan de desechos orgánicos, crecen a una alta velocidad y se multiplican rápidamente (Vielma, 2006 y Barbado, 2004).

2.3.7 Ventajas del uso de la harina de lombriz

El emplear la harina de lombriz proporciona las siguientes ventajas (Canazaca, 1995):

- Fortalecer los órganos musculares (por ejemplo el corazón)
- Mejorar las capacidades de las masas musculares
- Estimular, por equilibrio bioquímico, las funciones vitales (cerebral, cardíaca, hormonal)
- Proporcionar alivio a fatigas físicas y mentales

- Ayudar en la formación de colágeno, enriquecimiento de los tejidos
- Recuperar los tejidos lesionados, inflamados (histamina)
- Asistir positivamente al sistema inmunológico
- Regenerar la epidermis y el pelo (melanina)
- Retardar el envejecimiento o desgaste orgánico
- Aumentar la actividad cerebral
- Mejorar el proceso de crecimiento e impide anemias
- Participar en la eliminación de toxinas (urea)
- Impedir o eliminar los procesos convulsivos
- Auxiliar en terapias del sueño

2.3.8 Propiedades nutrimentales

La carne y harina de lombriz es uno de los mejores alimentos, ya que tiene un alto contenido de proteínas, del 65 % a 75%. Y 20 aminoácidos con los 10 esenciales y un amplio espectro de vitaminas. Como se muestra en a continuación (Cuadro 6).

Cuadro 6. Propiedades nutrimentales de la harina y carne de lombriz

AMINOACIDOS En % promedio	Mg	VITAMINAS Y MINERALES	Mg
Alanina	5.53	Vit. A (Retinol/ Caroteno)	Vest. Var.
Arginina	6.51	Vit. B1 (Tiamina)	16
Ác. Aspártico	11.60	Vit. B3 (Niacina)	36
Cisteína	1.83	Vit. B12 (Cobalamina)	6
Ác. Glutámico	14.20	Vit. B6 (Piridoxina)	6
Ác. Glutámico	14.20	Vit. B6 (Piridoxina)	6
Glicina	5.00	Biotina (Vit. H)	32
Histidina	2.57	Aminobenzoic	30
Isoleucina	4.69	Ácido Pantotenico	10.3
Leucina	7.59	Ácido Fólico (Vit. M)	2.1
Lisina	2.57	Colina (Complejo B)	275
Metionina	2.20	Inositol (Complejo B)	350
Fenilalanina	4.01	Ácido Lipoico	Vest. Var.
Prolina	5.30	Vit. D	Vest. Var.
Serina	5.03	Hierro	2.7
Triptofano	1.40	Selenio	Vest. Var.
Treonina	5.20	Cromo	Vest. Var.
Tirosina	2.97	Calcio	Vest. Var.
Valina	5.00	Fósforo	Vest. Var.

Fuente: Bárcena, 2010.

2.4 Antecedentes de la evaluación sensorial

2.4.1 Evaluación sensorial

Detrás de cada alimento que nos llevamos a la boca existen múltiples procedimientos para hacerlos apetecibles y de buena calidad para el consumo. Uno de estos aspectos es el análisis sensorial, que consiste en evaluar las propiedades organolépticas de los productos -es decir, todo lo que se puede percibir por los sentidos-, y determinar su aceptación por el consumidor.

Es el análisis estrictamente normalizado de los alimentos que se realiza con los sentidos. Se emplea la palabra "normalizado", porque implica el uso de técnicas específicas perfectamente estandarizadas, con el objeto de disminuir la subjetividad en las respuestas. Las empresas lo usan para el control de calidad de sus productos, ya sea durante la etapa del desarrollo o durante el proceso de rutina. Por ejemplo, si cambian un insumo es necesario verificar si esto afecta las características sensoriales del producto y por ende su calidad. Ese es un buen momento para hacer un análisis y cotejar entre el producto anterior y el nuevo (Montenegro, 2008).

El análisis sensorial de los alimentos es un instrumento eficaz para el control de calidad y aceptabilidad de un alimento, ya que cuando ese alimento se quiere comercializar, debe cumplir los requisitos mínimos de higiene, inocuidad y calidad del producto, para que éste sea aceptado por el consumidor, más aún cuando debe ser protegido por un nombre comercial los requisitos son mayores, ya que debe poseer las características que justifican su reputación como producto comercial.

En general el análisis se realiza con el fin de encontrar la fórmula adecuada que le agrade al consumidor, buscando también la calidad, e higiene del alimento para que tenga éxito en el mercado.

El análisis sensorial ha demostrado ser un instrumento de suma eficacia para el control de calidad y aceptabilidad de un alimento, ya que cuando ese alimento se quiere comercializar, debe cumplir los requisitos mínimos de higiene, inocuidad y calidad del producto, para que éste sea aceptado por el consumidor, más aun cuando se desea ser protegido por una denominación de origen los requisitos son mayores, ya que debe poseer los atributos característicos que justifican su calificación como producto protegido, es decir, que debe tener las características de identidad que le hacen ser reconocido por su nombre (Sancho, 2002).

2.4.2 Usos de la evaluación sensorial

Las pruebas sensoriales son utilizadas en diversos tipos de industrias, tales como la industria alimentaria, la perfumera, la farmacéutica, la industria de pinturas y tintes, etc. (Anzaldúa, 1994).

La herramienta básica o principal para llevar a cabo el análisis sensorial son las personas, en lugar de utilizar una máquina, el instrumento de medición es el ser humano, ya que el ser humano es un ser sensitivo, sensible, y una maquina no puede dar los resultados que se necesitan para realizar un evaluación efectiva.

El análisis sensorial se ha definido como una disciplina científica usada para medir, analizar e interpretar las reacciones percibidas por los sentidos de las personas hacia ciertas características de un alimento como son su sabor, olor, color y textura, por lo que el resultado de este complejo de sensaciones captadas e interpretadas son usadas para medir la calidad de los alimentos (Lyon, 2000).

Dentro de las principales características sensoriales de los alimentos destacan: el olor, que es ocasionado por las sustancias volátiles liberadas del producto, las cuales son captadas por el olfato; el color es uno de los atributos visuales

más importantes en los alimentos y es la luz reflejada en la superficie de los mismos, la cual es reconocida por la vista; la textura que es una de las características primarias que conforman la calidad sensorial, su definición no es sencilla por qué es el resultado de la acción de estímulos de distinta naturaleza (Anzaldúa, 1994).

El primer contacto del ser humano con un producto alimenticio se produce habitualmente a través de la vista, el olfato, el oído, el tacto, el gusto, como se muestra a continuación (cuadro 7).

Cuadro 7. Impresiones que se perciben a través de los sentidos en el análisis sensorial.

Vista	Olfato	Tacto	Sabor	Oído
Color Brillo Tamaño Forma	Olor	Textura Temperatura Dureza Peso	Sabor Acido Dulce Salado Amargo	Sonido

Fuente: Sancho, 2002

2.4.3 Propiedades Sensoriales

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos. Hay algunas propiedades (atributos) que se perciben por medio de un solo sentido, mientras que otras son detectadas por dos o más sentidos (Anzaldúa, 1994). A continuación se describen algunos atributos:

Color

El color es la única propiedad sensorial que puede ser medida instrumentalmente de manera más efectiva en forma visual. Existen colorímetros especialmente diseñados para alimentos, incluso frutas enteras, granos o alimentos en polvos, pero resultan muy costosos y requieren de un manejo cuidadoso y de mantenimiento especializado (Hernández, 2003).

Puede ser discutido en términos generales del estímulo luminoso, pero en el caso específico del color de los alimentos es de más interés la energía que llega al ojo desde la superficie iluminada, y en el caso de los alimentos transparentes, a través del material (Witting, 2001).

Olor

El olor es la percepción, por medio de la nariz, de sustancias volátiles liberados en los objetos. En el caso de los alimentos y la mayoría de las sustancias olorosas esta propiedad es diferente para cada uno y no ha sido posible establecer clasificaciones ni taxonomías completamente adecuadas para los olores (Anzaldúa, 1994). Otra característica del olor es la intensidad o potencia de éste. Además, de su relación con el tiempo.

Sabor

El sabor de los alimentos es el resultado de la percepción de los estímulos gustativos, esta es causada por presencia de componentes volátiles y no volátiles del alimento saboreado en la boca (Ackerman, 1990).

El sabor se percibe principalmente por la lengua, aunque también por la cavidad bucal (por el paladar blando pared posterior de la faringe y la epiglotis). Las papilas gustativas de la lengua registran los 4 sabores básicos: dulce, ácido, salado y amargo, en determinadas zonas preferenciales de la lengua, así, lo dulce en la punta, lo amargo en el extremo posterior y lo salado y ácido en los bordes (Sancho, 2002).

Aroma

Esta propiedad consiste en la percepción de las sustancias olorosas o aromáticas de un alimento después de haberse puesto éste en la boca. Dichas sustancias se disuelven en la mucosa del paladar y la faringe, y llegan a través de la trompa de Eustaquio- a los centros sensores del olfato El aroma es el principal componente del sabor de los alimentos (Anzaldúa, 1994).

Textura

Es la propiedad sensorial de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, la vista y el oído, y que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación (Anzaldúa, 1994).

Es la percepción de características mecánicas (resultantes de la presión ejercida por dientes, lengua y paladar), características geométricas (provenientes del tamaño y forma de las partículas) y características relacionadas con las propiedades lubricantes (humedad y grasa) (Witting, 2001).

2.4.4 Importancia de la evaluación sensorial

La evaluación sensorial es prácticamente importante en todas las etapas de producción y desarrollo en la industria alimentaria, para conocer tanto las características como la aceptabilidad de un producto.

También es importante porque tiene funciones de control de calidad y estandarización de un alimento. Una vez aseguradas la calidad nutricional y sanitaria, la calidad sensorial y aceptabilidad para el consumidor pueden ser evaluadas controlando sensorialmente la calidad de la materia prima el almacenamiento o las estrategias de mercado.

La evaluación sensorial es de gran utilidad ya que se aplica para la mejora de un producto mediante el estudio de los defectos sensoriales o atributos deseable tras la modificación de la fórmula de un producto, ya sea por eliminación, sustitución, o adición de un nuevo componente o ya sea por la modificación de elaboración del producto (Roblero, 2011)

2.5 Tipos de jueces

La ejecución del análisis sensorial requiere la colaboración de una serie de personas (jueces) que forman lo que se denomina el jurado de catadores. Según las pruebas utilizadas varía el número mínimo necesario de personas y el tipo de jueces que deben utilizarse (Fortín, 2001).

- a) **Juez experto o profesional.** Trabaja solo y se dedica a un solo producto a tiempo preferente o total.
- b) **Juez entrenado o “panelista”.** Miembro de un equipo o panel de catadores con habilidades desarrolladas, incluso para pruebas descriptivas, que actúa con alta frecuencia.
- c) **Juez semientrenadoo aficionado.** Persona con entrenamiento y habilidades similares a las del panelista, que sin formar parte de un equipo o panel estable, actúa en pruebas discriminatorias con cierta frecuencia.
- d) **Juez consumidor.** Generalmente son personas tomadas al azar, en algún lugar público y que no tienen ninguna relación con el producto y que tampoco han recibido ningún tipo de preparación, solo participan en pruebas afectivas, pero es importante que las personas que participen sean consumidores habituales del producto a probar consumidores potenciales si se trata de un nuevo producto, para validar estadísticamente una prueba de este tipo se requieren mínimo 30 jueces consumidores (Anzaldúa, 1994).

2.6 Pruebas afectivas

Las personas que participan en este tipo de pruebas no requieren de entrenamiento alguno y se aconseja que por lo menos deseen participar en dicha evaluación. En estas pruebas el juez-afectivo utiliza su propio criterio y gusto personal para juzgar a la muestra como aceptable o rechazable para el consumo. La población elegida debe corresponder a los consumidores potenciales o habituales del producto. El número de consumidores que participan es de un mínimo de 30 jueces no entrenados (Pedrero, 1989).

2.7 Pruebas de preferencia

Esta prueba se realiza para conocer si los jueces prefieren una muestra sobre otra, es una prueba muy sencilla que consiste en pedirle al juez que diga cuál de las dos muestras prefiere, agregando además una sección para comentarios en la que el juez indique el porqué de su preferencia (Larmond, 1977).

2.8 Tipos de Análisis

2.8.1 Análisis descriptivo

Es aquel grupo de 'probadores' en el que se realiza de forma discriminada una descripción de las propiedades sensoriales (parte cualitativa) y su medición (parte cuantitativa). Se entrena a los evaluadores durante seis a ocho sesiones en el que se intenta elaborar un conjunto de diez a quince adjetivos y nombres con los que se denominan a las sensaciones. Se suelen emplear unas diez personas por evaluación.

2.8.2 Análisis discriminativo

Se emplea en la industria alimentaria para saber si hay diferencias entre dos productos, el entrenamiento de los evaluadores es más rápido que en el análisis descriptivo. Se emplean cerca de 30 personas. En algunos casos se llega a consultar a diferentes grupos étnicos: asiáticos, africanos, europeos, americanos, etc.

2.8.3 Análisis del consumidor

Se suele denominar también prueba hedónica y se trata de evaluar si el producto agrada o no, en este caso trata de evaluadores no entrenados, las pruebas deben ser lo más espontáneas posibles. Para obtener una respuesta estadística aceptable se hace una consulta entre medio centenar, pudiendo llegar a la centena.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materia prima

- Harina de Lombriz roja californiana *Eisenia foetida*, (fueron donadas por el Ing. Rodolfo Oscar Baumbach Reyna y al patrocinio de su empresa VERMI ORGANICOS de Tamazula, Jalisco).
- Harina de trigo e integral (La Perla)
- Rexal
- Sal
- Manteca inca
- Agua Caliente

3.1.1 Material utilizado (marca Pyrex)

- Tubos de ensaye
- Espátulas
- Morteros
- Probeta de 500ml y de 100 ml
- Matraz Erlenmeyer de 500ml
- Bureta de 25ml
- Matraz bola
- Granillas
- Matraz Kjeldahal de 800ml M
- Vaso de Bercellius de 600ml

3.2 Equipo utilizado

- Estufa de secado Marca Robert Shaw y opera a una temperatura de 55 a 60°C.
- Molino Marca Thomas Scientific, Modelo 3383-L10
- Crisol
- Balanza granataria OHAUS 120g
- Balanza Analítica Explores OHAUS 400g
- Estufa Thelco Modelo 27 (T°. 100 a 103°C)
- Aparato de reflujo Marca Eseicon
- Aparato Soxleth Marca Eisecon
- Mufla Marca Thermolyne modelo 1500 y opera a una temperatura de 100 a 900°C para calcinado de muestras.
- Rodillo panaderos

3.3 Material para el Análisis de Evaluación Sensorial

- Tortillas de harina (4 muestras a evaluar)
- Recipiente de unicel (hieleras)
- Vasos de unicel No. 8
- Tortilleros de unicel
- Popotes
- Bolsas de ziploc
- Servilletas
- Etiquetas del No. 4
- Formatos para evaluar la muestra
- Bolígrafos
- Charola para los incentivos
- Incentivos

3.4 Obtención de la harina de lombriz

Para llevar a cabo ésta investigación de obtención de harina de lombriz, trabajamos con Lombrices Rojas Californianas (*Eisenia foetida*) que nos fueron donadas por la empresa VERMI ORGANICOS de Tamazula, Jalisco, que ya venían purificadas ya que eran alimentadas con desechos orgánicos (frutas y verduras). En seguida se procedió al lavado de las lombrices para eliminar la toda la tierra posible, luego las colocamos en charolas de aluminio y estas fueron sometidas en una estufa a una temperatura de 60-70 °C hasta que no tuvieran rastros de humedad y posteriormente se molieron del cual se obtuvo una harina color café claro y un olor característico (ver figura 4).

Figura 4. Proceso de obtención de la harina

1. Selección de la lombriz



2. Lavado



3. Pulgarlas en Sol. Salina



6. Secarlos en la estufa



5. Colocarlas en charolas aluminio



4.- Lavado



7.- Molerlas



8. Obtención de la harina



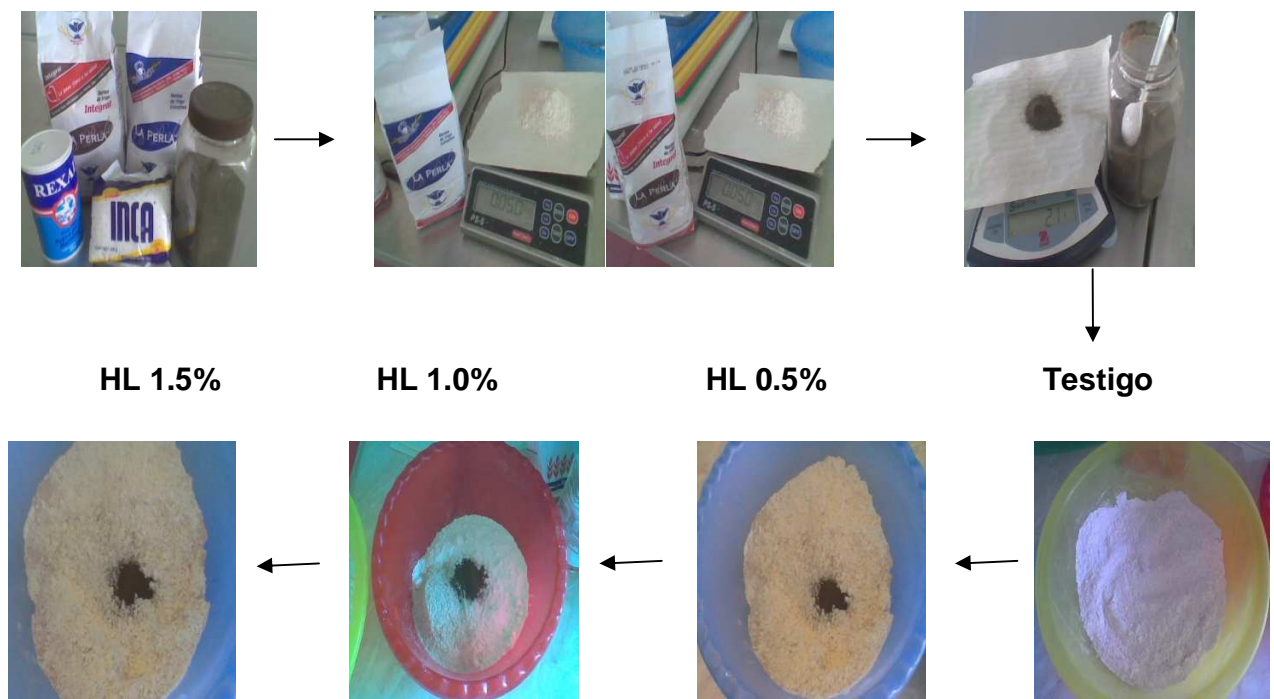
3.5 Pasos para el pesado de la materia prima

Se elaboraron 4 muestras, un testigo y las otras tres fueron adicionadas con harina de lombriz son las siguientes (figura 5):

1. 1 kg de harina de trigo (testigo)
2. 900g de harina de trigo y 99.5g de harina integral con .5g de harina de Lombriz.
3. 900g de harina de trigo y 99g de harina integral con 1g de harina de lombriz.
4. 900g de harina de trigo y 98.5g de harina integral con 1.5g de lombriz.

Todas las muestras se le agrego los siguientes ingredientes: Rexal (2g), Manteca inca (30g), sal (1g), Agua Caliente (100ml).

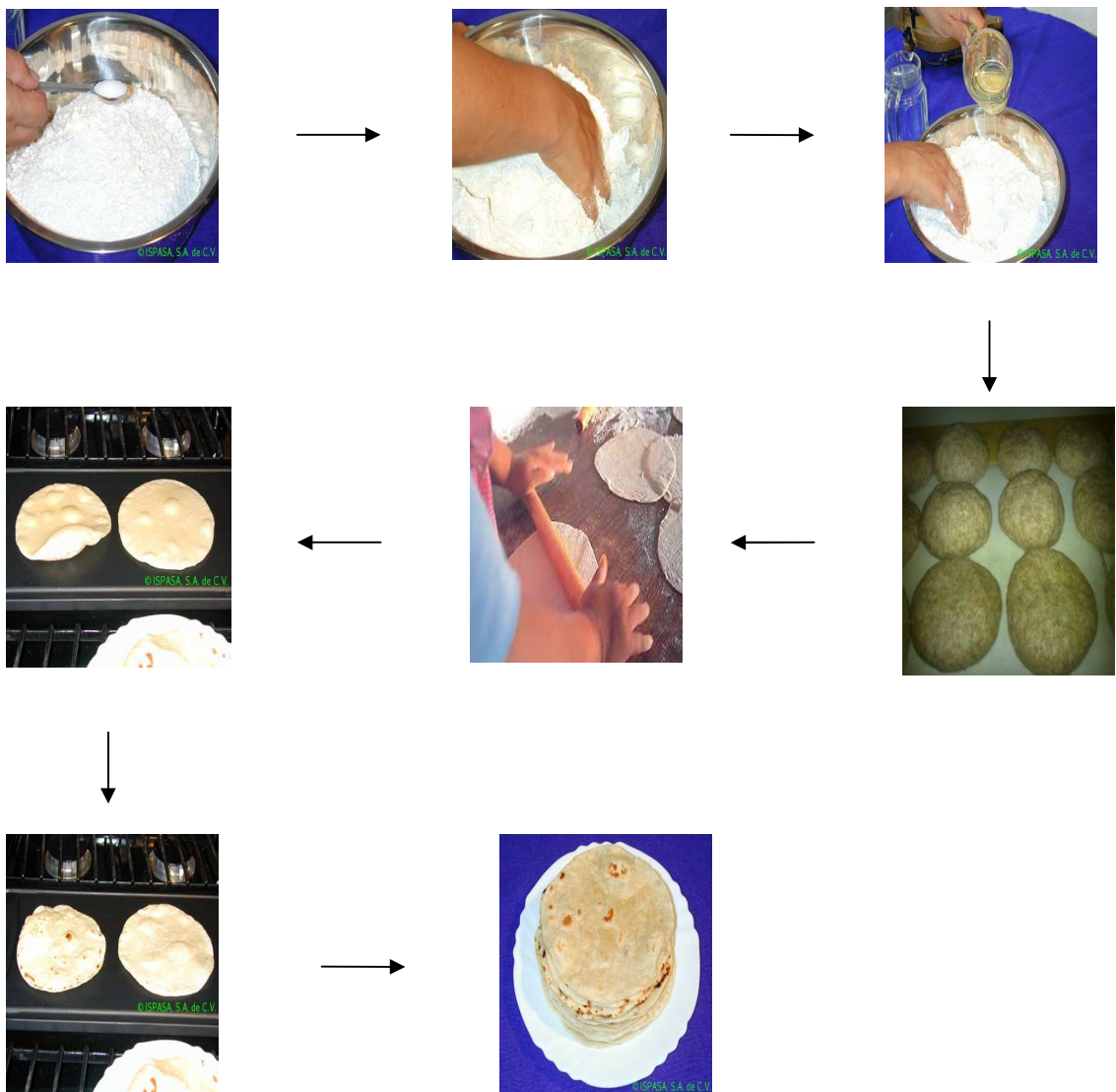
Figura 5. Pesado de materia prima



3.5.1 Elaboración de las tortillas de harina

Pesar cuidadosamente todos los ingredientes, hasta crear una distribución uniforme y formar la masa, después formar las bolitas y con el rodillo estirarlas hasta que se forme una pasta plana; luego se ponen en una plancha caliente y se voltean tres veces para que tenga un cocimiento uniforme (figura 7).

Figura 6. Proceso de elaboración de las tortillas de harina con harina de lombriz.



3.6 Análisis bromatológico de la tortilla de harina

Una vez obtenida la tortilla se le realizó un análisis bromatológico de: materia seca total, cenizas totales, fibra cruda, extracto etéreo, proteína. Mediante análisis proximal (A.O.A.C, 1980).

3.6.1 Determinación de materia seca total

La materia seca total se obtiene mediante la evaporación total de la humedad a una temperatura que varía entre 100-105 °C, éste método determina el agua contenida en los alimentos.

Se colocaron crisoles en la estufa (Marca Thelco, modelo 27) a 105 °C por 12 horas, transcurrido este tiempo se sacaron los crisoles de la estufa y se colocaron en un desecador de 10-20 min hasta peso constante y en seguida se pesaron en la balanza analítica y se registró el peso. Posteriormente se le agregaron 2 g de muestra y se colocaron en la estufa por 24 horas, por último se peso el crisol con muestra seca.

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

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

3.6.2 Determinación de contenido de cenizas

Una vez determinado MST, el contenido de esta muestra se paso a una parrilla para pre-incineración, a baja temperatura para evitar salpicaduras, hasta que dejó de producir humo. El crisol se colocó en la mufla (marca Thermolyne modelo 1500), con temperatura de 600 ° C, por un periodo de tiempo de 2-3 horas, se retiraron, se enfriaron por 30 minutos en un desecador, se pesó y se realizaron los calcular.

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

3.6.3 Determinación de grasa

Se determinan de acuerdo al método Soxhlet, que consiste en la extracción de compuestos no polares por medio de calor. Se colocaron en una estufa los matraces bola fondo plano con tres perlas de vidrio por 12 h, transcurrido este tiempo se sacaron de la estufa y se colocaron en un desecador de 10-20 min hasta peso constante. En un papel filtro se pesaron 4 g de muestra y se colocaron dentro de un dedal de celulosa. A los matraces bola, se les agregó 250 ml de hexano y se colocaron con el sifón Soxleth por 5 h, se dejó enfriar, posteriormente se retiró el dedal con pinzas y se recuperó el solvente excedente. Se colocaron los matraces en la estufa hasta peso constante, se sacaron, se enfriaron el desecador y se pesaron.

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

3.6.4 Determinación de fibra cruda

Se pesaron 2 gramos de muestra desengrasada, se colocaron en un vaso de bercelius, se agregó 100 ml de solución de ácido sulfúrico al 0.225N, se colocó en el vaso digestor, y se abrió el sistema de enfriamiento, se encendió la parrilla y se calentó la parrilla, y cuando la muestra empezó a hervir se tomó el tiempo de 30 minutos. Se sacó la muestra se filtró sobre una tela de lino y se lavo con agua destilada caliente. Se pasó la fibra la fibra al vaso de bercelius con 100 ml de de solución de hidróxido de sodio al 0.313 N conectar nuevamente al aparato de reflujo por 30 min.

Trascurrido el tiempo se retira la muestra, se filtró y lavo con agua destilada caliente, se colocó la muestra en crisol, dejándolo en la estufa por 12 horas a una temperatura de 100-103°C, se retiró el crisol de la estufa, enfriar y pesar. Pre incinerar la muestra en parrillas y meter en la mufla a 600°C por 3 horas, transcurrido el tiempo, sacar, enfriar y pesar

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

3.6.5 Determinación de proteínas por método macro Kjeldhal

Consistió en colocar 1 g de muestra seca y molida en un matraz Kjeldhal, se adicionó la mezcla de selenio (catalizador), 6 perlas de vidrio y 30 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se colocó el matraz en el digestor Kjeldhal en la parrilla de calentamiento hasta que la muestra cambió de color café oscuro a verde claro (Sistema Kjeldhal, marca Labconco). Previamente en un matraz Erlenmeyer con 50 ml de ácido bórico, se añadieron 5 a 6 gotas de indicador mixto y se colocó la manguera de destilador dentro del matraz. Se agitó el matraz Kjeldhal con cuidado, se adicionó lentamente 110 ml de hidróxido de sodio al 45 % y 4 ó 5 granallas de zinc, con cuidado se llevó al aparato de destilación Kjeldhal y se recibió hasta 300 ml de solución en el matraz Erlenmeyer. La titulación se realizó con ácido sulfúrico 0.1 N (viraje a color rosa pálido).

$$\% \text{ N} = \frac{(\text{ml gastados de la muestra} - \text{ml blanco})(\text{normalidad de acido})(0.0014)}{\text{g de muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ P} = (\% \text{ N}) (6.25)$$

*6.25 = factor para convertir el nitrógeno en proteína

3.7 Análisis sensorial

La evaluación estuvo formada por un panel que se llevo a cabo con 60 jueces no entrenados, estudiantes de 20 – 26 años de edad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a cada juez se le proporcionó un cubículo donde contaba con el material necesario para llevar a cabo la evaluación de tortillas de harina de trigo adicionada con harina de lombriz. Los jueces evaluaron las siguientes propiedades sensoriales: color, textura, olor, y sabor (figura 7).

Figura 8. Cubículos de evaluación sensorial



Figura 9. Evaluación de la tortilla de harina de trigo sola y con harina de lombriz.



3.8 Prueba de preferencia

A cada juez se le proporciono cuatro muestras de tortilla de harina, tres de ellas con diferentes concentraciones de harina de lombriz y un testigo, y se les pidió a los jueces que ordenaran las muestras de menor a mayor preferencia, en la que se les asigno el número 1 como menor preferencia y el 4 como mayor preferencia, de acuerdo a los siguientes atributos: color, textura, olor y sabor (anexo 1).

3.9 Análisis Estadístico

El análisis estadístico consistió en dos pruebas donde se manejaron cuatro variables bajo los cuatro tratamientos. La primera prueba fue el diseño completamente al azar (con 60 repeticiones) y la segunda fue la separación de medias de Duncan. El paquete que se utilizó fue el SAS (2008).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el cuadro 8 se indican los resultados obtenidos de la prueba de evaluación sensorial realizada para determinar la preferencia de los consumidores en cuanto a las propiedades de color, textura, olor, y sabor de las tortillas de harina de trigo natural adicionadas con harina de lombriz.

Cuadro 8. Resultados de la prueba de preferencia por los consumidores por el método de Duncan.

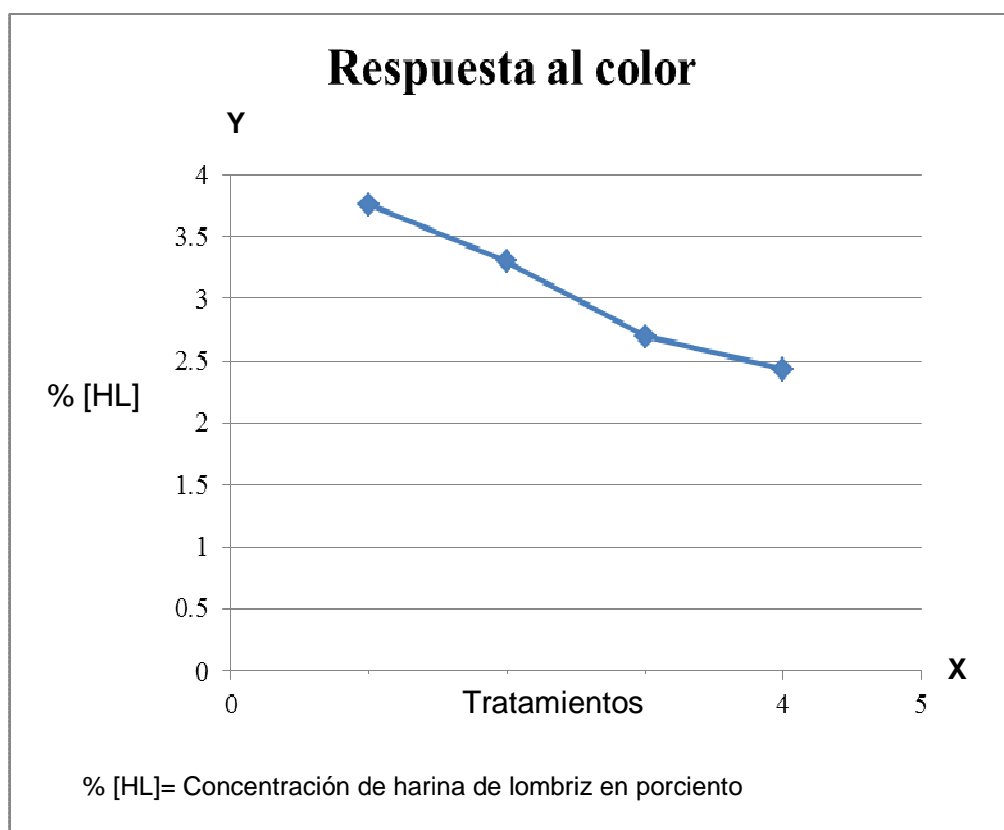
Propiedades	Evaluaciones			
	1	2	3	4
Color	3.76A	3.30B	2.70C	2.43D
Textura	3.46A	2.95B	2.61C	2.46C
Olor	3.46A	3.05B	1.85C	1.43D
Sabor	3.55A	3.05B	1.73C	1.18D

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. Color= $Pr > F = p < .0001$, Textura= $Pr > F = p < .0001$, olor= $Pr > F = p < 0.0040$, sabor $Pr > F = p < .0001$

Considerando los resultados de la variable color, existe una diferencia altamente significativa entre tratamientos ($P < 0.01$), como se muestra en la prueba de análisis de varianza (cuadro 8) y tiene un comportamiento lineal descendente (gráfica 9), el tratamiento 1 es el que tuvo 3.76 siendo la más alta calificación comparado con los tratamientos 2, 3 y 4, el tratamiento 2 tuvo un valor de 3.30 ocupando el segundo lugar comparado con los dos últimos tratamientos. Estos resultados concuerdan con los datos encontrados por Álvarez, 2011.

Esto indica que el producto es muy sensible en la modificación impuesta por los tratamientos. Lo cual quiere decir que entre más aumenté la concentración de harina de lombriz cambia el aspecto normal de la tortilla de harina.

Figura 9: Comportamiento de medias de la variable color.

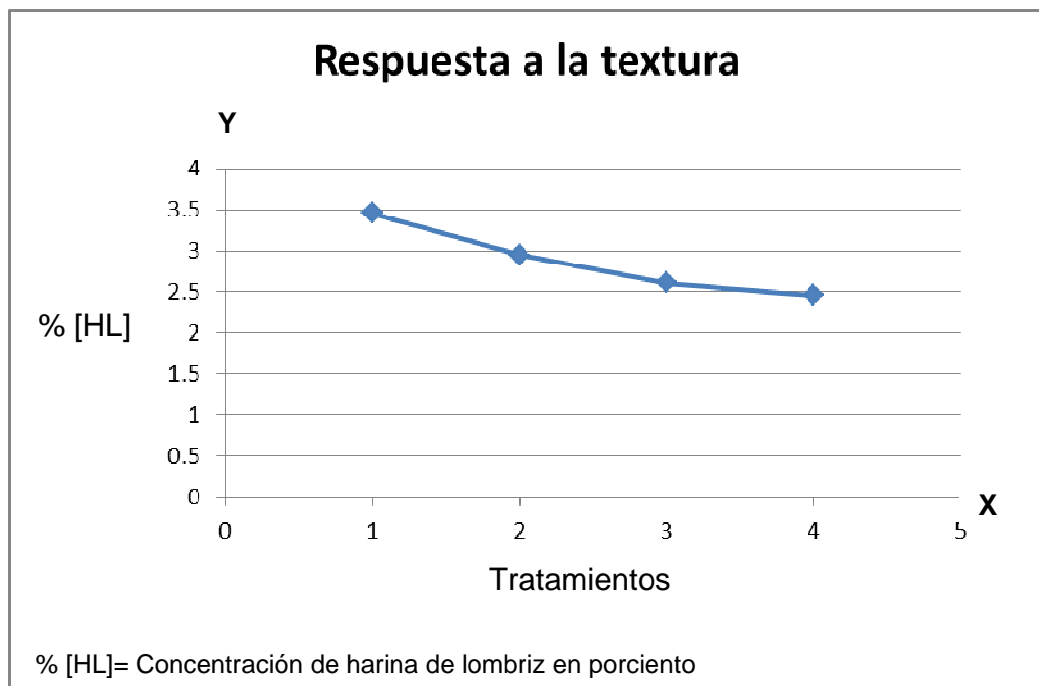


Para la variable textura, los resultado del análisis de varianza tiene diferencia altamente significativa entre los tratamientos ($P < 0.01$), como se muestra en el análisis de varianza (cuadro 8). El tratamiento 1 tuvo 3.46 de calificación siendo este el más alto entre todos los tratamientos, el tratamiento 2 es con el resto, pero las medias de los tratamientos tres y cuatro son estadísticamente iguales, como se muestra en el cuadro 8.

El comportamiento es líneas descendente, como se muestra en la figura10. Con esto se concluye que el producto también es muy sensible a los niveles de tratamiento.

Bravo, 2011 realizo pruebas de quequitos aplicando diferentes porcentajes de harina de lombriz y encontró que entre mayor se la concentración de este mejor será su textura. Mientras que los resultados de esta evaluación muestra que al aumentar la concentración de harina de lombriz la tortilla se ve afectada.

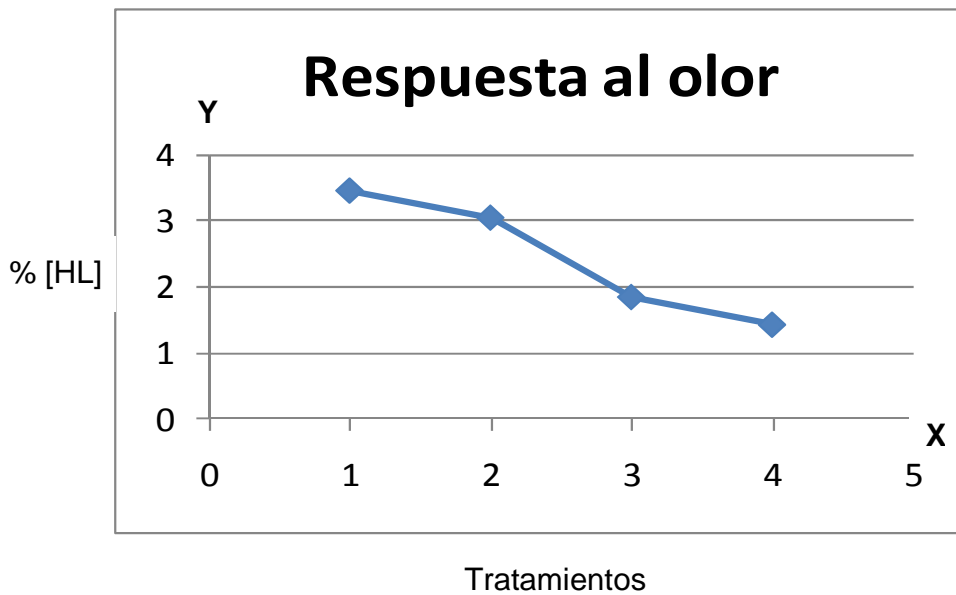
Figura10: Comportamiento de medias de la variable textura.



En lo que respecta al olor, existe una diferencia altamente significativa entre tratamientos ($P < 0.01$), como se muestra en el cuadro 8, los tratamientos se diferencian entre ellos significativamente, como se muestra en el cuadro 8. La gráfica es una línea descendente (figura 11).

En respuesta a esto se confirma que el olor característico de la tortilla de harina va desapareciendo conforme va aumentando la adición de harina de lombriz.

Figura 11: Comportamiento de medias de la variable olor.



% [HL]= Concentración de harina de lombriz en porciento

En el resultado de la variable sabor existe una diferencia altamente significativa (cuadro 8). El tratamiento 1 tiene un valor de 3.55 de calificación comparado con los otros tratamiento que también se diferencian entre sí (cuadro 8). La gráfica es una línea descendente (figura 12).

En la propiedad de sabor se observa que entre menor sea la concentración de harina de lombriz será más aceptada por los consumidores, y cuando la concentración es más alta el sabor es más desagradable al paladar. Méndez, 2007 menciona que al agregar algunos saborizantes a las galletas, panque suelen ser más agradables al consumidor.

Figura 12: Comportamiento de medias de la variable sabor.



% [HL]= Concentración de harina de lombriz en porciento

4.1.1 Resultados del análisis bromatológico de las tortillas de harina de trigo de la técnica AOAC 1980.

En el Cuadro 9 se indican los resultados del análisis bromatológico y las diferencias que hay en cada una de las pruebas y en las diferentes formulaciones y del testigo.

Cuadro 9. Resultado bromatológico de las tortillas de harina de trigo con harina de lombriz y el testigo.

	Testigo	HL .5%	HL 1.0%	HL 1.5%
Humedad	28	10	9.0	8.0
Cenizas	1.49	1.82	2.30	2.36
Proteína	9.98	10.1	10.8	10.9
Grasa	1.5	4.2	5.77	6.89
Fibra cruda	0.39	0.63	0.65	0.74

HL: Harina de Lombriz

En el cuadro anterior se observa que existe una gran diferencia en cuanto la humedad entre la muestra testigo que es la tortilla de harina de trigo y los demás tratamientos que se elaboraron a base de harina de lombriz.

Las muestras de tortillas de harina que se evaluaron se presentaron diferencias entre los 4 tratamientos superando al testigo. Entre las muestras 1.0% y 1.5% se observa una ligera variación en cuanto al contenido de cenizas.

Esto se debe que al aumentar la concentración de harina de lombriz aumenta el contenido de cenizas, ya que la lombriz contiene 13 % de cenizas, por lo tanto aumenta en contenido de la misma.

En el contenido de proteínas en las muestras evaluadas se presenta una gran diferencia, el testigo presento menor cantidad de proteína, mientras que en las tres muestras el contenido de proteína va aumentando según se agregue harina de lombriz. Esto es porque la harina de lombriz tiene un alto contenido de proteína.

En grasa al hacer la comparación con el testigo y la muestra 0.5% hay una diferencia de 2.7% y las muestras en concentraciones de 1.0% y 1.5% también aumenta la grasa.

En fibra cruda se presenta menor cantidad de fibra en la tortilla de harina de trigo natural, mientras que en las otras tres muestras van en aumento según se agrega el contenido de harina de lombriz.

De acuerdo con los resultados bromatológicos de las tortillas de harina de trigo de que se observan en Cuadro 9, a mayor cantidad de harina de lombriz que se agrega se incrementa los parámetros analizados.

V. CONCLUSION

Se concluye que el producto es muy sensible a los tratamientos en todas las variables analizadas. Es decir, a la más mínima variación en la adición del producto es percibida por los jueces no entrenados.

De acuerdo a la evaluación realizada se obtuvo que la tortilla de harina de trigo hecha a base de harina de lombriz fue aceptada por el público en general, este producto pueda ser comercializado tomando en cuenta ciertas medidas en cuanto a las propiedades organolépticas al momento de hacer las aplicaciones en las diferentes concentraciones.

La tortilla de harina de trigo adicionada con harina de lombriz eleva su contenido proteico a comparación de las tortillas normales, siendo este una opción para evitar la desnutrición y mejorar calidad de vida de la población mexicana.

VI. RECOMENDACIONES

- Para que este proyecto pueda ser rentable se sugiere que se tenga su propia lombricultura, ya que se reproducen fácilmente y así mismo se manejaría el cuidado de la alimentación de ellas.
- Manejar con cuidado el método de proceso de deshidratación para la obtención de harina de lombriz; ya que si se eleva la temperatura disminuye sus propiedades nutrimentales.
- Probar métodos con aditivos y saborizantes para cambiar el color y olor de la harina para que al mezclarse con otro producto este pueda ser aceptado por el consumidor.
- Desarrollar nuevas técnicas con concentraciones elevadas para fortificar la tortilla de harina u otros productos con el propósito de combatir la desnutrición.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Adato Michelle, Julio Boltynik, Araceli Damián (2004). La pobreza en México y el mundo: realidades y desafíos.

Aguilar Valenzuela Rubén (2010). La pobreza extrema en México. Editorial el economista.

Anzaldúa Morales Antonio (1994). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Facultad de Ciencias Químicas Universidad Autónoma de Chihuahua. México.

A.O.A.C. (1990). Métodos Oficiales de Análisis. Décimocuarta edición. Association of Official analytical Chemists. Washington, D.C.U.S.A

Aragón Carlos et al, Marta Reines Alvares (1998). Lombrices de tierra con valor comercial: biología y técnicas de cultivo. Edición Universidad de Quintana Roo, México.

Barbado José Luis (2003). Cría de lombrices: su empresa de lombricultura. 1ª Edición. Buenos aires - República Argentina. Editorial Albatros.

Barda Nora. Jefa de sección de Análisis Sensorial y Química del flavor del Centro de investigación y Asistencia Técnica a la industria (CIATI). Universidad nacional del sur y Msc. En FoodScience and Technology (OregonStateUniversity, Estados Unidos.), en Villa Regina.

Boulogne, Stephanie (2008). Optimización de la operación de secado de la carne de lombriz (*Eisenia andrei*) para producir harina destinada al consumo animal, Madrid.

Camacho Ruiz Rubén (1981). Cultivo del Trigo y la Cebada. Temas de Orientación Agropecuaria, Bogotá. Pp.19-20.

Canazaca Puma María Elena (1995). Efecto de la harina de lombriz *Eisenia foetida* en la recuperación.

DallwitzMJ. Watson L. (2008). «The grass genera of the world: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval; including synonyms, morphology, anatomy, physiology, phytochemistry, cytology, classification, pathogens, world and local distribution, and references». The Grass Genera of the World.

Daman Glen (2004). Pherding the Small Church. Editorial Portavoz, filial de Kregel. Michigan.

FAO (2006). Todas las estadísticas de producción mundial se basan en los datos oficiales de la FAO (Food and agricultura organization of the United Nations).

Fortin, J., Desplancke, C (2001). Guía de selección y entrenamiento de un panel de catadores. Editorial Acribia. Zaragoza España.

FUNTEC (2003). Estudio estratégico para elevar la competitividad y el desarrollo sustentable de la cadena productiva del sector trigo-harina- pan, pastas y galletas.

García Acosta Virginia (1988). Los precios del trigo en la historia colonial de México. Edición de la casa chata Ciesas. Hidalgo y Matamoros, Tlalpan.

Hernández Adela (1998). La tradicional cocina mexicana y sus mejores recetas.

Hernández Franco Daniel, Cristina Barberena Cioseco, José Ángel Camacho (2003). Desnutrición infantil y pobreza en México.

Hernández Hernández Elvia (2003). Evaluación del efecto de harina de nopal (opuntia spp.) natural y libre de clorofila en la elaboración de tortilla de maíz. Tesis nivel licenciatura, Buenavista Saltillo, Coahuila, México.

Larmond, E. (1977). Laboratory methods for sensory evaluation of foods. Can Dept. Agr. Publ. 1637.

Lyon Carpenter R., et al D. T. Hasdell (2000). Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos. Editorial Acribia. Segunda edición. Zaragoza, España.

Mangelsdorf, Paul (1973). "Los alimentos en cuestiones de bromatología" Editorial Acribia. Madrid.

Martínez C. C (1999). Potencial de la Lombricultura. Técnica Mexicana. Texcoco, Estado de México, México.

Montenegro, G, Gómez, M, Pizarro, R., Casaubon G. y Peña R. C. (2008). Implementation of a sensory panel for Chilean honeys. Cienc. Inv. Agr. [Online].

Norman Leslie, Kent (1983). Technology of cereals: An introduction for students of food science and agriculture. Pergamon Press Ltd, Oxford.

Olmo Mireya (2005). Colaborador de en buenas manos. Naturópata y Acupuntor

ONU (1992). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. El estado mundial de la agricultura y la alimentación.

Ordóñez Barba Gerardo Manuel (2002). La política social y el combate a la pobreza en México.

Pedrero F. Daniel L. y Rose Marie Pangborn (1989). Evaluación sensorial de los alimentos métodos analíticos. Editorial Alhambra Mexicana, S.A. DE C.V. México D.F.

Peña Bautista, R. J, Pérez Herrera, P. Villaseñor Mir (2005). Calidad de la cosecha de trigo en México: Ciclo otoño-invierno.

Salgado García y Pérez Rangel (2010). "Las políticas públicas: alternativa para combatir la pobreza en México, con enfoque local" en Observatorio de la Economía Latinoamericana, N° 125.

Sancho Valls J., Bota E., J. J de Castro (2002). Introducción al Análisis de los Alimentos. Edición de la Universidad de Barcelona España.

Scade, John (1975). "Cereales". Editorial Acribia. Zaragoza, España.

Schuldt Miguel (2006). Lombricultura: teoría y práctica. Mundi-prensa Madrid.

Vicent Arnau Josep (2002). En buenas manos. Naturópata y Acupuntor.

Vielma, R., et al, A. Medina (2006). Determinación de la composición química y estudios de solubilidad en la harina de lombriz *Eisenia foetida*. Revista de la facultad de farmacia.

Wong Dominic. W., (1995). Química de los alimentos, mecanismos y teoría. Editorial Acribia, España.

CONSULTAS WEB.

Almonte, Rubén I. “Lombrices como carne rica en proteína”. En línea [<http://www.agromeat.com/index.php?idNews=85170>] Consultado el 25 de enero, 2011 a las 12:00 hrs.

Anónimo 1. Producción de trigo. En línea, fecha de consulta 25 de febrero 2011 a las 11 hrs. Disponible en la siguiente dirección, <http://www.Slap.Sagarpa.gob.mx/Infomer/análisis/antrigo.html#prodmexico>.

Anónimo 3. Harina de trigo. En línea, fecha de consulta el 26 de febrero 2011. http://nutriguia.com/alimentos/harina_de_trigo.html

Anónimo 5. En línea, fecha de consulta 3 de marzo 2011 a las 1:00 hrs. Disponible en la siguiente dirección, <http://www.botanical-online.com/harina.htm>

BIOAGRO. “LOMBRICES ROJAS” En línea [<http://www.bioagro.com.uy/lrojas.htm>] Consultado el 10 de febrero, 2011 a las 16:00 hrs.

G. Barcena Diego. Harina de lombriz 2010. Promin (industria y comercio de farinha de Minhoca.) Grupo Worms Argentina. <http://www.wormsargentina.com/espanol/harina.html>. En línea consultado el 10 febrero del 2011 a las 10:00 hrs.

Witting de Penna Emma, 2001. Evaluación sensorial una metodología actual para tecnología de alimentos. Edición digital con autorización del autor disponible.

http://manziger.Sisib.uchile.cl/repositortio/ib/cinecias_quimicas_y_farmaceuticas/wittingnge01/index.html. Consultado el día 25 febrero del 2011 a las 2:00 hrs.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Formato de la evaluación sensorial.

Nombre: _____ Sexo: F o M

Edad: _____ Fecha: 08-04-2011

Muestra: **Tortillas de harina**

Instrucciones: Probar cada una de las muestras e indica cual es de tu mejor agrado: considerando una escala de 1, 2, 3 a 4 donde el 1= menos agradable y el 4= es más agradable.

Nota: La muestra no se debe de tragar hay que desecharla, después de probar cada muestra hay que enjugarse la boca y desechar el agua en el recipiente grande de unicel.

CARACTERÍSTICAS	MUESTRAS			
	125	236	492	844
Color				
Textura (suavidad)				
Olor				
Sabor				

Comentarios _____

Muchas Gracias

Anexo 2. Resultado de la prueba de Análisis de Varianza para la variable Color.

The ANOVA Procedure						
Dependent Variable: SaborSabor						
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	3	220.0791667	73.3597222	148.71	<.0001	
Error	236	116.4166667	0.4932910			
Corrected	239	336.4958333				
		R-Square	CoeffVar	Root MSE	Sabor Mean	
		0.654032	29.52070	0.702347	2.379167	
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
F1	3	220.0791667	73.3597222	148.71	<.0001	

Anexo 3. Prueba de Duncan para la variable color.

Duncan's Multiple Range Test for Color						
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.						
		Alpha		0.05		
		Error Degrees of Freedom		236		
		Error Mean Square		0.477401		
		Number of Means	2	3	4	
		Critical Range	.2485	.2616	.2703	
Means with the same letter are not significantly different.						
Duncan Grouping	Mean	N	F1			
B	3.3000	60	2	A	3.7667	60 1
				C	2.7000	60 3
				D	2.4333	60 4

Anexo 4. Resultado de la prueba de Análisis de Varianza para la variable textura.

The ANOVA Procedure
Dependent Variable: TexturaTextura

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	35.3500000	11.7833333	17.28	<.0001
Error	236	160.9000000	0.6817797		
Corrected Total	239	196.2500000			

	R-Square	CoeffVar	Root MSE	Textura Mean
	0.180127	28.71998	0.825699	2.875000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
F1	3	35.35000000	11.78333333	17.28	<.0001

Anexo 5. Prueba de Duncan para la variable textura.

Duncan's Multiple Range Test for Textura
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05		
Error Degrees of Freedom	236		
Error Mean Square	0.68178		
Number of Means	2	3	4
Critical Range	.2970	.3126	.3231

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	F1
A	3.4667	60	1
C	2.6167	60	3
C	2.4667	60	4

B 2.9500 60 2

Anexo 6. Resultado de la prueba de Análisis de Varianza para la variable olor.

The ANOVA Procedure						
Dependent Variable: OlorOlor						
		Sum of				
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	3	167.2333333	55.7444444	98.05	<.0001	
Error	236	134.1666667	0.5685028			
Corrected Total	239	301.4000000				
		R-Square	CoeffVar	Root MSE	Olor Mean	
		0.554855	30.77515	0.753991	2.450000	
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
F1	3	167.2333333	55.7444444	98.05	<.0001	

Anexo 7. Prueba de Duncan para la variable olor.

Duncan's Multiple Range Test for Olor						
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.						
		Alpha	0.05			
		Error Degrees of Freedom	236			
		Error Mean Square	0.568503			
		Number of Means	2	3	4	
		Critical Range	.2712	.2855	.2950	
Means with the same letter are not significantly different.						
		Duncan Grouping	Mean	N	F1	
B	3.0500	60	2	A	3.4667	60 1
				C	1.8500	60 3
				D	1.4333	60 4

Anexo 8. Resultado de la prueba de Análisis de Varianza para la Variable sabor.

The ANOVA Procedure						
Class Level Information						
Class	Levels	Values				
F1	4	1	2	3	4	
		Number of observations		240		
The ANOVA Procedure						

Dependent Variable: Color		Color		Sum of		
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	3	64.7333333	21.5777778	45.20	<.0001	
Error	236	112.6666667	0.4774011			
Corrected Total	239	177.4000000				
	R-Square	CoeffVar	Root MSE	Color Mean		
	0.364900	22.65384	0.690942	3.050000		
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
F1	3	64.73333333	21.57777778	45.20	<.0001	

Anexo 9. Prueba de Duncan para la variable sabor.

Duncan's Multiple Range Test for Sabor					
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.					
		Alpha		0.05	
		Error Degrees of Freedom		236	
		Error Mean Square		0.493291	
		Number of Means	2	3	4
		Critical Range	.2526	.2659	.2748
Means with the same letter are not significantly different.					
		Duncan Grouping	Mean	N	F1
B	3.0500	A	3.5500	60	1
		C	1.7333	60	3
		D	1.1833	60	4