

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**



**“ENRIQUECIMIENTO PROTEINICO DE LA TORTILLA DE MAIZ  
CON HARINA DE *Eisenia foetida*”**

**POR:**

**ANTONIA HERNÁNDEZ ALVAREZ**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el  
título de:**

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre del 2010**

**“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

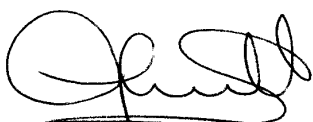
**POR:**

**ANTONIA HERNÁNDEZ ALVAREZ**

**Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador Como  
Requisito Parcial para Obtener el Título de:**

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**APROBADO**



**M.C. Xochitl Ruelas Chacón**

**Presidente**



**M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla**

**Vocal**



**Dr. Jesús Alberto Mellado Bosque**

**Vocal**



**M.C. Felipa Morales Luna**

**Vocal**



**M.C. Lorenzo Suárez García**

**Coordinador de la División de Ciencia Animal**

**Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.**



**Diciembre del 2010**

## DEDICATORIA

A **dios** por darme la vida y por permitirme llegar hasta donde estoy, por guiarme por el buen camino y por bendecirme con la familia que me dio ya que son un orgullo para mí.

A mis padres **Agustín Hernández Antonia y Juana Alvarez Zúñiga** por brindarme su apoyo incondicional durante todo el lapso de mi carrera y de mi vida, por todos sus sacrificios y sus desvelos y por no pedir nada a cambio, con tal de darme lo mejor, gracias por hacer de mí una persona responsable, honesta y muy dedicada a sus estudios, este triunfo también es de ustedes y me siento muy orgullosa de ser su hija gracias. Los Amo mucho.

A mis hermanos **Jesús Hernández Alvarez, Javier Hernández Alvarez, Santos Hernández Alvarez y Eleuterio Hernández Alvarez** por sus consejos y por el apoyo que siempre me brindaron durante el transcurso de mi carrera por ser para mí un ejemplo a seguir gracias los Quiero Mucho.

A mi hermana **Catarina Hernández Alvarez** por cuidarme durante mi infancia y por darme todo su apoyo en todo momento, ella ha sido para mí un ejemplo a seguir, ella ayudo mucho en mi formación, gracias hermana Te Quiero Mucho.

A mi hermana **Angelica Hernández Alvarez** por brindarme su apoyo en el transcurso de mi carrera y por ser la mejor hermana, y por apoyar mucho a mis papás gracias hermana por todo lo que hiciste por mí.

A mis cuñadas **Andrea Hernández Hernández, Rosaura Martínez Martínez y Norma Hernández Martínez** por brindarme su apoyo y por sus consejos que me dieron para que saliera adelante, gracias.

A mis amigas **Anahi Gayosso Espindola** (ICTA) y **Elvia López cárdenas** (Ing. En Agrobiología) por su amistad incondicional que me brindaron en todo este tiempo, por su compañía y comprensión y por estar conmigo en momentos buenos y malos.

A **Mario López Cárdenas**, por su apoyo incondicional, por formar parte de mi vida, por estar conmigo en los momentos buenos y malos, por su comprensión, por su amor y cariño. Gracias.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (ALMA TERRA MATER)** por haber permitido formar parte de su equipo, gracias a esta institución que me permitió formarme como profesionista y gracias a las enseñanzas y al apoyo brindado por los maestros de esta institución.

A la **M.C. Xochitl Ruelas Chacón**, por el apoyo, tiempo, confianza y esfuerzo que me dedico en la realización y culminación de esta tesis. Por su amistad y cariño que siempre nos brindo durante toda la carrera.

Al **T.L.Q. Carlos Alberto Arévalo San Miguel** por su amistad y apoyo durante la realización de las pruebas de laboratorio.

Al **Dr. Jesús Alberto Mellado Bosque** por brindarme su apoyo durante la realización del análisis estadístico de este proyecto de investigación.

A la **M.C. Felipa Morales Luna** por su amistad y por sus enseñanzas que me brindo durante el último semestre de la carrera, por su apoyo y sugerencias durante la terminación de mi tesis.

Al **M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla**. Por su dedicación y amistad durante el lapso de mi carrera y por contribuir en la culminación de este proyecto de investigación.

# ÍNDICE

<b>DEDICATORIAS</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	v
<b>ÍNDICE</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	xii
<b>RESUMEN</b> .....	xiii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	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
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
2.1 Descripción del maíz.....	5
2.1.1 Generalidades .....	5
2.1.2 Composición química del grano.....	6
2.1.3 Consumo del maíz.....	7
2.2 La Tortilla de maíz.....	7
2.2.1 Definición de tortilla.....	7

2.2.2 Formas de consumo de la tortilla.....	8
2.2.3 Composición química de la tortilla de maíz.....	9
2.2.4 Metodología para la elaboración de las tortillas.....	9
2.2.4.1 Preparación de la tortilla.....	9
2.2.4.2 Elaboración de tortillas con harinas instantáneas.....	10
2.2.4.3 Cocción de la tortilla.....	10
2.3 Proceso de nixtamalización.....	11
2.3.1 Cambios nutricionales durante el proceso de nixtamalización.....	13
2.3.2 Pérdidas de nutrientes por efecto del procesamiento térmico-alcalino.....	14
2.4 Atributos de la tortilla.....	15
2.4.1 Consumo de tortilla de México.....	15
2.4.1.1 Consumo nacional.....	15
2.5 Pobreza en México.....	16
2.6 Lombriz rojas Californianas ( <i>Eisenia foetida</i> ).....	17
2.6.1 Generalidades de la lombriz californiana.....	17
2.6.2 Características más comunes de la lombriz.....	21
2.7 Descripción de la harina de lombriz.....	22
2.7.1 Método para obtener lombrices californianas.....	24
2.7.2 Propiedades nutrimentales.....	25
2.7.3 Beneficios por el consumo de la harina de lombriz.....	26
2.7.4 Importancia económica.....	27

2.8 Evaluación sensorial.....	28
2.8.1 Definición.....	28
2.8.2 Propiedades sensoriales.....	29
2.8.2.1 El color de los alimentos.....	30
2.8.2.2 El olor de los alimentos.....	30
2.8.2.3 El sabor de los alimentos.....	30
2.8.2.4 Aroma.....	31
2.8.2.5 Gusto.....	31
2.8.2.6 Textura.....	31
2.8.3 Factores que influyen en la evaluación sensorial.....	32
2.8.4 Importancia de la evaluación sensorial.....	33
2.8.5 Tipo de juez.....	33
2.8.5.1 Juez consumidor.....	33
2.8.6 Clasificación de las pruebas sensoriales.....	34
2.8.6.1 Evaluación sensorial tipo II.....	34
2.8.6.2 De acuerdo al tipo de objetivo.....	34
2.8.6.3 Prueba de aceptación.....	35
2.8.6.4 Pruebas afectivas.....	35
2.8.6.5 Prueba de ordenación.....	35
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
3.1 Materia prima.....	37



3.2 Materiales.....	38
3.2.1 Equipo utilizado.....	38
3.2.2 Evaluación sensorial.....	39
3.2.3 Métodos experimentales.....	39
3.2.4 Obtención de harina de lombriz.....	40
3.2.5 Análisis Bromatológicos.....	41
3.2.5.1 Determinación de materia seca total o sólidos.....	41
3.2.5.2 Determinación de proteína cruda por el método Kjeldhal.....	41
3.2.5.3 Determinación de cenizas.....	42
3.2.5.4 Determinación de grasas con el método Soxhlet.....	42
3.2.5.5 Determinación de fibra cruda.....	42
3.3 Formulación de tortillas adicionadas con harina de lombriz de Eisenia foetida.....	42
3.4 Metodología.....	44
3.5 Cocimiento de las tortillas.....	45
3.6 Análisis sensorial.....	46
3.6.1 Prueba de preferencia.....	47
3.6.2 Análisis Estadístico.....	47
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>48</b>
4.1.1 Resultados del análisis bromatológico de la técnica de Análisis Oficiales de la AOAC 1980.....	53

<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>55</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>56</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>57</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>65</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso tradicional para la elaboración de tortillas de maíz .....	12
Figura 2. Anatomía interna de la lombriz.....	18
Figura 3. Harina de lombriz .....	23
Figura 4. Lombriz <i>Eisenia foetida</i> .....	23
Figura 5: Obtención de la harina .....	40
Figura 6. Diagrama de flujo para la elaboración de la tortilla con harina de lombriz .....	43
Figura 7. Testales de masa de maíz .....	45
Figura 8. Testales de harina de lombriz al 0.5%.....	45
Figura 9 . Testales con harina de lombriz al 1.0% .....	45
Figura 10. Testales con harina de lombriz al 1.5%.....	45
Figura 11. Cubículos de evaluación sensorial.....	46
Figura 12. Evaluación de la tortilla de maíz sola y con harina de lombriz.....	46
Figura 13. Comportamiento de la apariencia respecto a la Concentración de la harina de lombriz.....	49
Figura 14. Comportamiento de la textura respecto a la concentración de la harina de lombriz.....	50
Figura 15. Comportamiento del olor respecto a la concentración de la harina de lombriz.....	51
Figura 16. Comportamiento del sabor respecto a la concentración de la harina de lombriz.....	52

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición Química del Maíz .....	6
Cuadro 2. Composición química de la Tortilla de Maíz .....	9
Cuadro 3. Clasificación taxonómica de la lombriz .....	18
Cuadro 4. Propiedades nutrimentales de la harina y la carne de lombriz.....	25
Cuadro 5. Impresiones que se perciben a través de los sentidos en el análisis sensorial .....	29
Cuadro 6. Resultados de la prueba de preferencia de los consumidores por el método de Duncan. (Medias de varianza de la variable apariencia).....	48
Cuadro 7. Caracterización bromatológica de tortilla natural y tortilla con harina de lombriz.....	53

## RESUMEN

En este trabajo de investigación se presenta una evaluación sensorial de las tortillas utilizando la harina de lombriz.

El consumo de tortillas en las áreas rurales es muy común, sin embargo el maíz no suple todas las necesidades básicas proteicas para una dieta balanceada.

El objetivo de este estudio fue desarrollar y evaluar una tortilla con una concentración de harina de lombriz para aportar mayor cantidad de proteína.

Se realizaron cuatro formulaciones de tortilla de maíz, una natural y las otras tres se le añadieron harina de lombriz, misma que se les practico un análisis bromatológico, de la cual conforme más cantidad de harina lombriz se le agregue más proteína tiene la tortilla.

Se evaluó la preferencia de los tratamientos considerando las características de textura, color, sabor y apariencia. Mediante una prueba de preferencia por ordenamiento se les pidió a los jueces que ordenaran de menor a mayor según su preferencia. Los resultados obtenidos mostraron que las muestras más preferidas fueron la tortilla natural y la tortilla de harina de lombriz con el 0.5%, y en las tortillas del 1 y 1.5% hubo poca diferencia debido a que el sabor y olor eran un poco más penetrantes, así como también la apariencia, ya que cambio el color de la tortilla fue perceptible al consumidor.

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cereales más consumidos a nivel mundial, especialmente en las áreas rurales de los países subdesarrollados, debido a su bajo costo y fácil producción, siendo el caso de América central y México donde el maíz ha sido un alimento esencial para todos sus habitantes.

El maíz en México, que se consume principalmente en forma de tortillas, es considerado como un alimento básico en la dieta diaria de la población en todos los estratos sociales (Rodríguez Gil, 2004). Desde el punto de vista nutricional, en una dieta equilibrada se debe de incluir del 55 al 65% de hidratos de carbono, del 10 al 15% de materia proteica y entre 25 al 35% de materia grasa; pues bien, la tortilla aporta una cantidad importante de esos nutrientes en la dieta de la población consumidora, por lo que se le considera como un alimento de excelente calidad.

Para la elaboración de tortillas se requiere un grano que produzca masa con alta humedad, buena extensibilidad y resistencia, entre otras características (Díaz Vázquez, 2008). La firmeza de la masa está determinada por el tipo de maíz, la dureza del grano, las condiciones de secado, la absorción de agua y el grado de gelatinización de los almidones (Bedolla y Rooney, 1984).

Las tortillas en la mayoría de los casos, son acompañados con otros alimentos tales como frijoles, carne de diferentes especies, animales, huevo, quesos, etc. (Reyes Vega, 1998).

Por ello, y con mucha razón, un alto porcentaje de la población mexicana considera la tortilla como un alimento de primera necesidad.

Actualmente en México se consume 800 millones de tortillas/día (22.8% provienen de tortillas nixtamalizadas, 36.7% de masa de molino de nixtamal, 40.5% de nixtamalización tradicional-zonas rurales. Existen 2500 molinos en el país, además, los de las zonas rurales (García- Cañedo, 2002).

En este trabajo se presenta un estudio sobre la adición de harina de lombriz a la tortilla elaborada con masa de maíz nixtamalizado. El estudio consistió en analizar bromatológicamente tanto las tortillas como la harina de lombriz usada en la elaboración de las mismas. También se analizaron sensorialmente los atributos de la calidad de apariencia, sabor, olor, y textura de la tortilla de maíz y con adición de la harina de lombriz. La razón de adicionar la harina de lombriz a la tortilla de maíz fue elevar el aporte de proteína.

**Palabras claves:**

*Eisenia foetida*, tortilla de maíz, enriquecimiento alimentos, evaluación sensorial

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo general

Aumentar el contenido nutrimental proteico de la tortilla de maíz con la adición de harina de *Eisenia foetida* conservando los parámetros de calidad definidos por el consumidor.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Obtener la harina de *Eisenia foetida*.
- Analizar contenido nutrimental de la harina.
- Añadir en diferentes niveles la harina de lombriz a la masa de las tortillas.
- Elaborar las tortillas de manera tradicional.
- Evaluar sensorialmente mediante el análisis afectivo las tortillas de maíz obtenidas.

## 1.2 Hipótesis

El añadir la harina de *Eisenia foetida* a la masa de tortilla aumenta el contenido proteico de la misma.



### **1.3 Justificación**

Se ha estudiado que la lombriz tiene un amplio contenido de nutrientes por lo que se cree que será una alternativa para disminuir los índices de desnutrición en comunidades marginadas.

Dado que la tortilla de maíz es uno de los alimentos accesibles para la población de escasos recursos económicos es factible enriquecerla con las características nutrimentales de la harina de lombriz y así cubrir el déficit proteico de las comunidades de bajos recursos (Figueroa, 2006).

El problema o necesidad que observamos en nuestro medio para el planteamiento de nuestro proyecto o idea es brindar a las comunidades de bajos recursos un alimento nutritivo y sano de excelente calidad a un precio accesible, por medio de la adición de la harina de lombriz a la tortilla de maíz y de este modo contribuir a una alimentación nutritiva.

Por otra parte estamos buscando un alimento que contenga las proteínas suficientes al igual que la carne, pero que a su vez conserve las características propias, logrando así obtener satisfacción por parte del consumidor final, produciendo en mayor cantidad a un menor costo, beneficiando a la sociedad en general, de modo que mas consumidores la incluyan en la canasta familiar como uno de los productos básicos.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Descripción del Maíz

#### 2.1.1 Generalidades

El maíz (palabra de origen indio caribeño, significa literalmente <<lo que sustenta la vida>>), que es junto con el trigo y el arroz uno de los cereales más importantes del mundo; suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales y es una materia prima básica en la industria de transformación, de la que se obtienen diversos componentes como almidón, aceite y proteínas, y a partir de ellos se obtienen productos como las bebidas alcohólicas y edulcorantes alimenticios (García Méndez, 2004).

El maíz (*Zea mays*) pertenece a la familia de las gramíneas y es una planta anual alta dotada de un amplio sistema radicular fibroso, se trata de una especie que se reproduce por polinización cruzada y la flor femenina (elote) y la masculina (espiguilla) se hallan en distintos lugares de la planta. Las cuatro estructuras físicas fundamentales del grano son: el pericarpio, que se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda, aproximadamente el 87%, la que a su vez está formada fundamentalmente por hemicelulosa (67%), celulosa (23%) y lignina (0.1%) (García Méndez, 2004). El pericarpio, se emplea fundamentalmente como alimento para animales, aunque en los últimos años ha despertado interés como fuente de fibra dietética en alimentación humana. El endospermo contienen 87% de almidón aproximadamente 8% de proteínas y un contenido de grasas crudas relativamente bajo (0.8%). El germen o embrión; se caracteriza por un elevado contenido de grasas crudas, el 33%, y contienen también un nivel relativamente alto de proteínas (próximo al 20%) y minerales. La cuarta estructura es el pedicelo, que es la parte que

se une al grano de maíz con el olote y representa menos del 0.5% del grano y se compone básicamente de celulosa (García Méndez, 2004).

### 2.1.2 Composición química del grano

Hernández (2003) indica que la composición química del grano de maíz, es la siguiente:

**Cuadro 1. Composición Química del Maíz**

<b>Composición química del grano de maíz</b>	
Humedad	16.7%
Almidón	75.5%
Proteínas	9.9%
Grasas	4.78%
Cenizas(oxido)	1.42%
Fibra (cruda)	2.66%
Azucares totales	2.58%

Fuente: Hernández, 2003

Plascencia (1998) cita los siguientes componentes principales del grano del maíz: carbohidratos, proteínas, lípidos, y en menor proporción minerales, vitaminas y fibra cruda. Los datos anteriores confirman que la composición química es variable y está relacionada con: estado, raza, variedad, tecnología del cultivo y clima, parte de la planta o del grano que se analice, técnicas y métodos de análisis (Reyes, 1990).

### **2.1.3 Consumo del maíz**

En México, como en otros países latinoamericanos el maíz y ha sido históricamente el alimento básico, ya que se consume una gran cantidad y es parte esencial de la dieta (Bressani, 2001). Se estima que el maíz y sus productos proveen cerca del 70% de las calorías y casi la mitad de las proteínas de la dieta diaria (Serna-Saldivar, 1990). Con respecto al consumo total del maíz., este no ha registrado cambios significativos ya que mantiene un promedio anual de 15'000'000' de toneladas, que en su mayor parte es canalizada al consumo humano para la elaboración de tortillas (Díaz Velázquez, 2010).

## **2.2. La Tortilla de maíz**

### **2.2.1 Definición de tortilla**

La tortilla mexicana puede ser definida como un *disco plano, aplastado, flaco, redondo y hecho de maíz*, la cual se prepara a base de maíz nixtamalizado. El proceso de nixtamalización hace que el maíz tome una consistencia suave para su fácil digestión y su posterior proceso convertirá los granos en una masa o pasta uniforme y de color blanco amarillento con la cual se prepararán las tortillas. Las tortillas no sólo se pueden fabricar con maíz nixtamalizado, sino también con harina de maíz, harina de trigo, harina de trigo integral, harina de maíz azul (Díaz Velázquez, 2010). Las tortillas de harina de maíz o trigo, se venden empacadas, en tiendas y supermercados.

### **2.2.2. Formas de consumo de la Tortilla**

La tortilla se emplea como producto básico para la elaboración de innumerables alimentos tradicionales como (Bazúa, 1988):

- Botanas
- Totopos
- Tacos
- Tostadas
- Enchilada
- Nachos, entre muchos otros.

La tortilla forma parte de la dieta de todos los estratos sociales de los mexicanos con un consumo per cápita de 120 kg por año y esto es, 328 g/por día de tortilla (Paredes-López y Saharópulos, 1983). Las tortillas solas proveen 38.85% de proteína, 45.2% de las calorías y 49.1% del calcio de las necesidades diarias de la dieta en México y en zonas rurales provee aproximadamente el 70% del total de calorías y el 50% de las proteínas ingeridas diariamente (Figueroa, 1994).

### 2.2.3. Composición Química de la Tortilla de Maíz

La tortilla de maíz contiene:

**Cuadro 2. Composición química de la Tortilla de Maíz**

<b>Composición Química de la Tortilla de Maíz</b>	
<b>Carbohidratos</b>	44.7%
<b>Humedad o agua</b>	47.8%
<b>Proteína</b>	5.9%
<b>Fibra</b>	0.64%
<b>Grasa</b>	1.2%

Fuente: Bressani, 1958

Contiene algunos minerales como hierro, calcio y fósforo 2.50%, 108 y 111 mg/100g, respectivamente y algunas vitaminas como tiamina, riboflavina y niacina 0.17, 0.08 y 0.90 mg/100g respectivamente, y  $\beta$  caroteno 2.00 $\mu$ g/100g (Bressani, 1958).

### 2.2.4 Metodología para la elaboración de las tortillas

#### 2.2.4.1 Preparación de la tortilla

Una tortilla en México se prepara moliendo el maíz en un metate de piedra para producir la masa y así tomar una bola de masa de unos 20 a 25 gramos y aplastándola dándole forma circular a manera de torta o disco plano de alrededor de dos milímetros de grosor y de 20 a 30 centímetros de diámetro colocándola en un comal de barro, misma que se cuece en tiempos (primer lado = 20 segundos, segundo lado = 30seg., y primer lado nuevamente, hasta que ocurra el inflado) en comal con temperatura de 170°C. La masa cocida es denominada tortilla (García, 2004).

#### **2.2.4. 2. Elaboración de tortillas con harinas instantáneas**

Esto presenta ventajas tales como el ahorro de espacio, tiempo y equipo de procesamiento; una mayor vida de anaquel, un producto homogéneo, un mejor control higiénico durante su elaboración, una baja humedad que reduce la actividad enzimática y retarda la rancidez de las grasas manteniendo sus características, y un almacenamiento en condiciones adecuadas por más de un año, facilitando de esta manera su manejo, pues se requiere solamente agregar agua para obtener la masa (Gaytán, 2000).

#### **2.2.4.3 Cocción de la tortilla**

La cocción de la tortilla se inicia cuando el maíz se cuece luego sobre una superficie plana caliente, generalmente una plancha calentada por la llama producida por gas o, a la manera tradicional, con leña o carbón. La plancha utilizada para cocinar las tortillas se llama comal en México. Se observa que la masa de la tortilla se calienta y se voltea de dos a tres veces para que la tortilla tome su consistencia característica. Una buena cocción hará que la tortilla se *inifle* debido a la evaporación del agua contenida en la masa, como pasaría con el pan, creando una membrana de cada lado de la tortilla, siendo más notorio en la tortilla tradicional este efecto.

Las tortillas, una vez que van saliendo del comal, tradicionalmente se colocan dentro de una canasta fabricada de fibras secas del tallo de la planta del maíz conocida como tazcal y se recubren con una pequeña manta de tela bordada para conservar su calor conocido como servilleta.

Las tortillas se comen calientes, siempre envolverán otro alimento, como carnes, huevo, y diversas comidas que por lo general son saladas, salvo en el caso del mole dulce y otras entradas fuertes de la comida, pues es un complemento forzoso de la comida principal del día.

### 2.3 Proceso de Nixtamalización

La palabra nixtamalización se deriva del náhuatl *nixtl*, que significa “cenizas” o “cal”, y *tamalli*, que quiere decir “masa de maíz”, por lo que este tratamiento alcalino consiste en el cocimiento de maíz en agua con cal. de la cual se somete a una temperatura ligeramente menor a la de ebullición (80- 85 °C) durante 30 a 45 minutos, dependiendo de la dureza del maíz. Después del cocimiento, el grano cocido se deja reposar entre 12 y 14 horas en la misma solución, denominada *nejayote* (figura 1), y al final se obtiene el nixtamal (Arambúla, 2001).

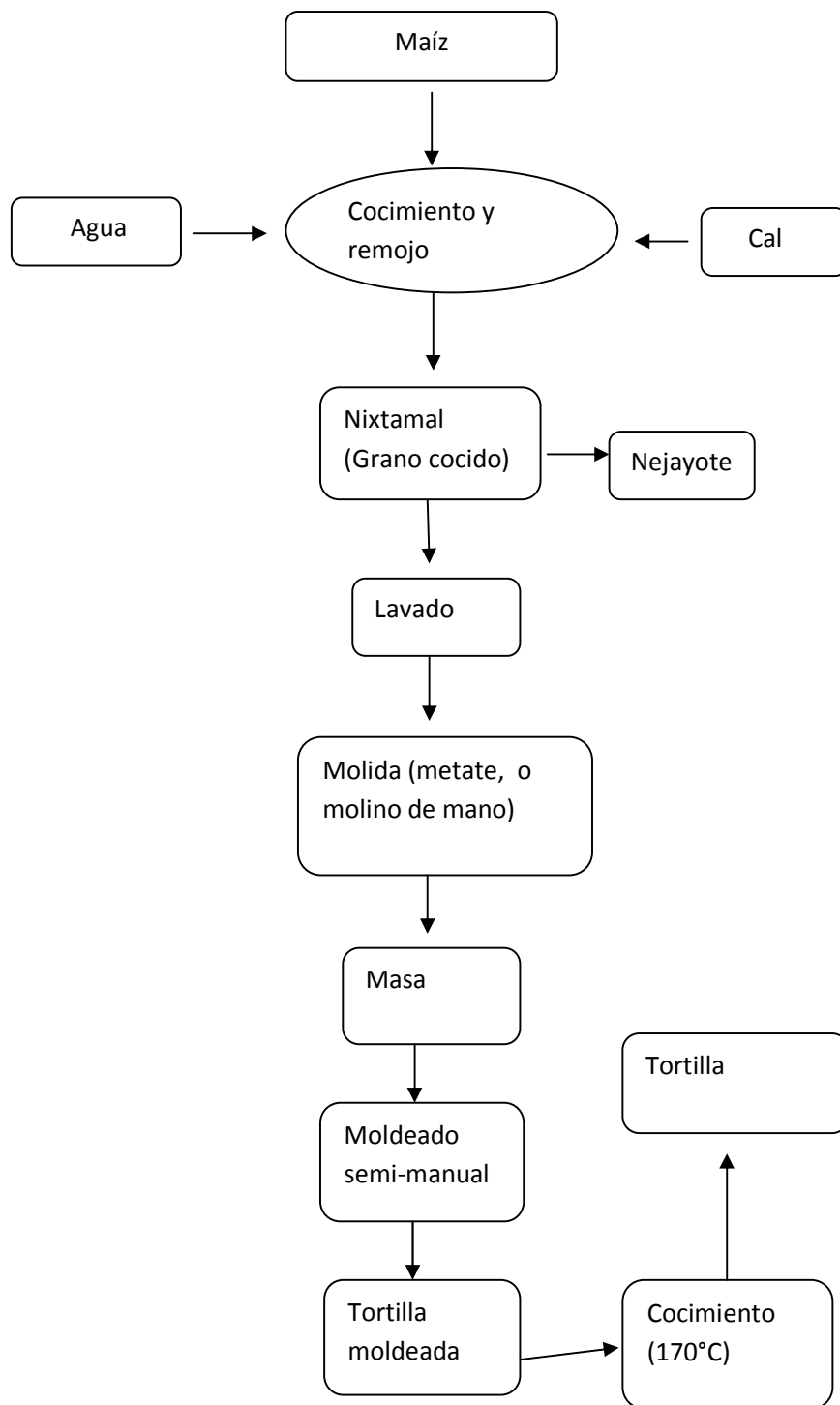
El nejayote es desechado y luego el maíz cocido (nixtamal), se lava y son molidos en molino de piedra hasta obtener masa fina con una piedra llamada metate, con moledoras de discos operadas manualmente o con moledora de piedra eléctrica (Rooney y Almeida Domínguez, 1995).

La nixtamalización es un proceso muy antiguo que consiste en cocer el maíz con cal para darle consistencia necesaria para realizar las típicas tortillas. Además, este proceso aumenta de manera considerable la cantidad de calcio en las tortillas, convirtiéndolas en una excelente fuente de este importante nutrimento (Amador, 2009).

La nixtamalización sin embargo, cumple varias funciones importantes para la elaboración de una buena tortilla:

- facilita el desprendimiento del pericarpio del grano de maíz
- controla la actividad microbiana, mejora el sabor, el aroma y el color.
- aumenta la vida en anaquel y el valor nutricional de las tortillas (Badui, 1993).
-





**Figura 1. Diagrama de flujo del proceso tradicional para la elaboración de tortillas de maíz (Hernández, 2003)**

### **2.3.1 Cambios nutricionales durante el proceso de nixtamalización**

La tecnología de la nixtamalización no solo sirve para suavizar al grano de maíz sino que el cocimiento alcalino ha sido importante en el desarrollo de las culturas mesoamericanas, por los cambios nutricionales que en el ocurren. Los análisis químicos han demostrado que durante el proceso de nixtamalización se pierden nutrientes del maíz (Gomez-Aldapa y col., 1996; Pflugfelder y col., 1988; Bressani y Scrimshaw, 1958). Sin embargo, dicho proceso hace que las tortillas tengan mayor calidad nutricional comparada con el maíz crudo, por los cambios químicos de los nutrientes que en el ocurren.

Durante la nixtamalización, pequeñas cantidades de gránulos de almidón son gelatinizados y la mayor gelatinización se debe a la fricción durante la molienda, durante la cual también se dispersan parcialmente los gránulos hinchados dentro de la matriz, los que actúan como un pegamento que mantiene unidas las partículas de masa. Mucho almidón gelatinizado (debido a un cocimiento excesivo) produce una masa pegajosa que es difícil de manejar. Por otro lado, poco cocimiento produce una masa sin cohesividad que da origen a tortillas de textura inadecuada. Sin embargo, la molienda por sí misma no puede ser utilizada para gelatinizar el almidón en un nixtamal que no fue bien cocido (Rooney y Suhendro, 1999). Ésta es la principal diferencia entre la masa obtenida con el proceso tradicional y la usada para elaborar harinas de maíz nixtamalizado (HMN).

Sin embargo ya se conocen unos cambios que trae consigo la nixtamalización:

- se gelatiniza el almidón,
- se hidroliza la hemicelulosa del pericarpio,
- se destruyen algunos aminoácidos y vitaminas,
- por otra parte en el nejayote se solubilizan minerales, grasas, vitaminas y algunas proteínas, como las albuminas y las globulinas

Por otra parte, desde el punto benéfico, este provoca una mejora en la calidad nutritiva del maíz, debido a las siguientes transformaciones (Badui, 1993 y Bello 2006).

Durante la nixtamalización del grano de maíz aumenta la biodisponibilidad de vitaminas, como la niacina, el triptófano, y mejora la digestibilidad de las proteínas en las tortillas (Badui, 1993).

Durante la nixtamalización también ocurren pequeñas pérdidas de algunos nutrientes, pero en general la calidad nutricional es superior en las tortillas que en el maíz (Badui, 1993).

En la actualidad, la utilización del procedimiento tradicional para la elaboración de las tortillas está restringida a una parte del medio rural y a pequeñas áreas urbanas, ya que para su elaboración se prefiere utilizar comúnmente harinas de masa previamente nixtamalizadas.

El exceso de cal puede provocar una sobre gelatinización de almidones (Almeida y Rooney, 1996), aumento de la adhesividad, resecamiento y endurecimiento más rápido de la tortilla (Bedolla y Rooney, 1982; Rangel Meza, 2004).

### **2.3.2 Pérdidas de nutrientes por efecto del procesamiento térmico-alcalino**

Las desventajas que presenta el proceso de nixtamalización, desde el punto de vista nutricional, es la pérdida de componentes químicos del grano, las cuales se incrementan con el tiempo del cocimiento, altas concentraciones de cal y durante el reposo. Fragmentos de pericarpio, almidón, proteína, germen y cal, constituyen la mayor proporción de materia seca en el agua de cocimiento. Del germen se pierden aproximadamente 41.5% de los lípidos y el 41.5% de los carbohidratos. Existen pérdida de tiamina, riboflavina y niacina del 60, 52 y 32% respectivamente en relación al total del grano. Así como el 44 y 46% de reducción de lípidos y fibra cruda

(Báez-Ramírez y Martínez-Borrego, 1990). A pesar de existir pérdidas de nutrientes, el maíz nixtamalizado presenta mayor valor nutricional que el maíz crudo.

## **2.4 Atributos de la tortilla**

Como atributos de una tortilla de buena calidad puede considerarse los siguientes: fácil enrollado, suavidad al tacto, olor, sabor, textura adecuada para poder doblar y enrollar. Tales atributos se obtienen mediante un procesamiento con concentraciones adecuadas de cal, temperatura, tiempos apropiados de cocimiento, el pH y variedad del maíz; además es deseable lograr óptimas condiciones sanitarias y reconocida calidad nutricional (Antuna Grijalva, 2008).

### **2.4.1 Consumo de tortilla de México**

#### **2.4.1.1 Consumo nacional**

México ocupa el cuarto lugar mundial en la producción de maíz, después de EU, China, y Brasil, pero solamente aporta el 2.1 por ciento del total mundial producido. México es el principal consumidor de tortilla en el mundo, pues se estima que es consumida por el 94% de la población, por lo que el volumen de producción y consumo es cercano a los 12 millones de toneladas de tortillas por año, lo que representa un porcentaje importante entre los productos alimentarios comercializados en el país. Cabe también señalar que es un alimento de suma importancia en la alimentación de diversos países (Arambula, 2001). La tortilla, es la principal fuente de alimentación de 25 millones de mexicanos en las áreas rurales y 30 millones en las urbanas marginadas, es rica en calcio y vitaminas, pero el proceso por el cual se prepara la harina de maíz provoca la reducción de sus propiedades.

## **2.5 Pobreza en México**

El número de pobres abarca algo así como 75 por ciento de la población nacional, es decir, 80 millones de habitantes.

A quienes padecen pobreza alimentaria se suman otros 31 millones cuyos ingresos no alcanzan para satisfacer otras necesidades básicas, como transporte, vivienda o servicios médicos.

Más de cincuenta millones de mexicanos viven sumidos en la pobreza, el 47,4% de la población, de acuerdo a un informe dado a conocer hoy por el gubernamental Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval 2010).

Entre 2006 y 2008, periodos que compara el documento principalmente, el porcentaje de pobres ha subido cerca de un 5% lo relativo a pobreza de patrimonio y a pobreza alimentaria.

En total son 50,6 millones de mexicanos, el país tiene unos 107 millones de habitantes los que viven en situación de pobreza patrimonial. Es decir, no cuentan con ingresos suficientes para satisfacer sus necesidades de salud, educación, alimentación, vivienda, vestido y transporte público.

Las cifras de 2008 en cuanto a pobreza patrimonial muestran un aumento de casi el 5% respecto a 2006, año en el que tocaban al 42,6% de la población. El incremento delata que hay 5,1 millones de pobres más que entonces.

Según las estadísticas, 7,2 millones de personas afectadas por la pobreza alimentaria vivían en zonas urbanas, localidades de 15.000 o más habitantes), mientras que 12.2 millones residían en el área rural del país.

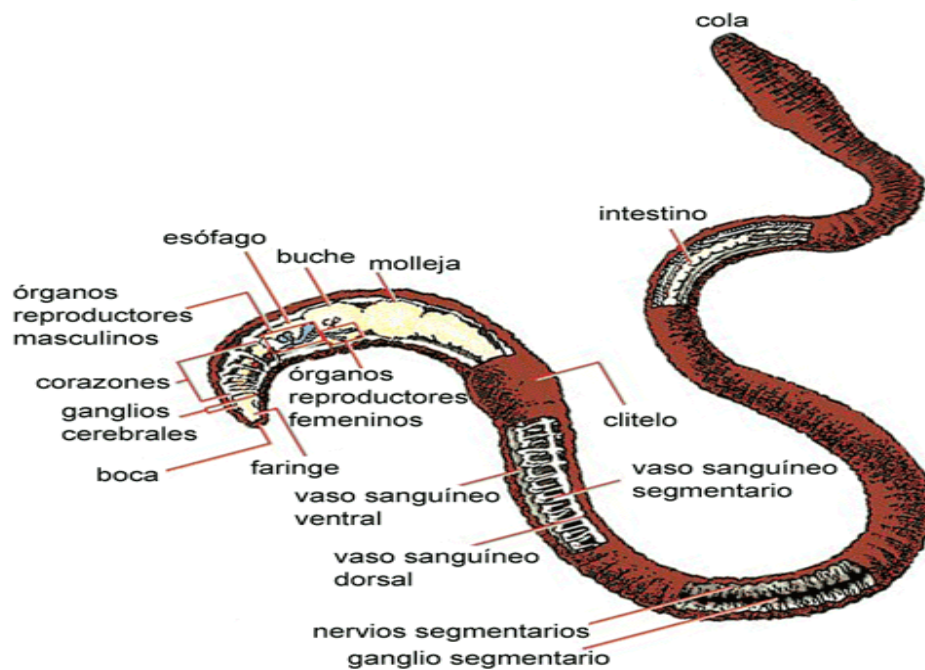
Se observa también una reducción en el porcentaje de personas de 65 años o más que no reciben pensión. En 1992, dentro del 20% de la población más pobre del país, el 94.1% de las personas de 65 años no trabajaba y no recibía pensión; este porcentaje se redujo a 90.8% (890.000 personas) en 2006 y a 70.2% (738.000 personas) en 2008.

Asimismo, la protección social ha cubierto a un mayor porcentaje de personas en los últimos años. Mientras que en 1992 el 69.3% de los hogares (12,8 millones de personas) no se beneficiaban de ningún programa social ni tenían seguridad social, este porcentaje disminuyó a 50.1% (13,3 millones) en 2006 y a 44.1% (11,8 millones) (Coneval, 2010).

## **2.6 Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*)**

### **2.6.1 Generalidades de la lombriz californiana**

La lombriz de tierra, es un anélido invertebrado (cuadro 3), que tiene el cuerpo formado por numerosos anillos (figura 2). Es un animal con un organismo adecuado para biodegradar desechos orgánicos. Es muy voraz, prolífico y dócil, capaz de vivir en grandes concentraciones y adaptable a distintos climas (Biagro, 2010). La lombriz de tierra es una gran fuente de proteínas, aminoácidos y vitaminas, en niveles superiores al pescado o a los mínimos de la OMS, entonces, si les capacitamos también en la elaboración de harina de lombriz y a encapsularla, podrán ellos y sus hijos tomar un gramo diario y mantenerse en buenas condiciones físicas, evitando los peligros de la desnutrición especialmente durante la niñez.



**Figura 2. Anatomía interna de la lombriz (Barbado, 2004)**

**Cuadro 3. Clasificación taxonómica de la lombriz (Mendoza, 2008)**

Clasificación taxonómica de la lombriz	
Reino	Animal
Subreino	Metazoos
Phylum	Protostomia
Grupo	Anélido
Orden	Ologochaeta
Familia	Lumbricidae
Genero	Eisenia
Especie	foetida

Existe una amplia gama de especies de lombrices de tierra <aproximadamente 8000>, de las cuales se emplean con fines industriales y comerciales, las lombrices mejoradas por selección genética: la variedad *Eisenia foetida Andrei* lombriz roja de California, y la *Lumbricus rubellus*. Ello, debido a que estas especies pueden ser criadas en cautiverio (Biagro, 2010).

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. Las galerías pueden llegar a tener una profundidad de dos metros o más (Biagro, 2010).

La acción química que realiza la lombriz, de reciclar desechos orgánicos convirtiéndolos en humus, sirve para enriquecer la fertilidad del suelo. Al tragar grandes cantidades de tierra, aprovecha para alimentarse de cualquier residuo orgánico. No come las raíces de las plantas mientras estén vivas, por lo que no perjudica los cultivos.

Del alimento ingerido por la lombriz, cerca del 60% es convertido en humus o excremento de lombriz, y el 40% restante, es asimilado y utilizado como fuente de energía para sus propias funciones vitales.

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 procesa convirtiéndola en harina, la cual, tiene un alto contenido proteico ya señalado, contiene aminoácidos esenciales para la nutrición



humana. Ofrece una composición de ácidos grasos saturados-monoin saturados-polinsaturados en la proporción de 1-2-1 respectivamente (Biagro, 2010).

La lombriz roja californiana es una variedad obtenida mediante cruces genéticos con diversas lombrices. Es hermafrodita incompleta <posee ambos sexos>, se aparea cada siete días, es muy fecunda: pone una cápsula <ooteca> cada siete días, de la que nacen de una a veinte lombrices. El promedio anual es de tres mil lombrices considerando las generaciones que se consiguen en el período. La incubación es de 14 a 21 días, maduran sexualmente a los 90 días. Tienen un peso de 0.5 a 1.0 gramos, una vida útil de 4 a 16 años. Densidad: hasta 40.000 por m<sup>2</sup>, no contrae ni transmite enfermedades. Come con mucha voracidad, todo tipo de desechos agropecuarios< estiércoles, rastrojos de cultivos, residuos de hortalizas y frutas, malezas, etc. También puede utilizar desechos orgánicos de la industria, la ciudad, mataderos, frigoríficos, tambos, feedlots, etc., es decir que soluciona un problema: “El ambiente producido por la acumulación de los residuos y el proporcionar el mejor fertilizante orgánico conocido”.

Estas amigas del hombre contribuyen al cuidado del medio ambiente para reciclar y descontaminar la tierra. Reciclando en cada hogar con los desechos orgánicos producidos en la cocina, la yerba del mate, papel, etc. puede criar y mantener estas lombrices (BIOAGRO, 2010).

La posibilidad de transformar en carne de valor proteico los desechos orgánicos, que en muchos casos hoy constituye un problema ecológico, es tal vez uno de los aspectos más fascinantes de la Lombricultura.

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).

Hay comentarios en cuanto que se está utilizando carne de lombriz en la preparación de alimentos para consumo humano utilizados en forma comercial, específicamente hamburguesas y desayunos escolares, pero no hay pruebas científicas de esto (AGROMEAT, 2009).

#### **2.6.2 Características más comunes son (Schuldt, 2006):**

- Es un anélido hermafrodita.
- Mide de 6 a 8 cm. de longitud y Su diámetro oscila entre los 3 y 5 mm.
- Cada segmento contiene 5 pares de corazones y un par de riñones
- Clitellium situado en la pared anterior del cuerpo.
- Tiene un sistema circulatorio.
- Tiene un sistema nervioso.
- Tiene un sistema muscular (longitudinal y circular).
- Cuenta con un aparato genital femenino y uno masculino
- Es extraordinariamente prolífera: Madura sexualmente entre el segundo y el tercer mes de vida.
- Deposita de cada 7 a 10 días una cápsula con un contenido entre 2 y 21 organismos por cápsula.
- Viven en zonas templadas.
- Su temperatura corporal oscila entre los 19 y 20 grados centígrados.
- Es de color rojo oscuro.
- Su peso aproximado es de un gramo.

- Respira a través de la piel.
- No tiene dientes.
- Glándulas segregadoras de líquido que protegen a los huevos
- Succiona la comida a través de su boca.

## **2.7 Descripción de la harina de lombriz**

La harina de lombriz contiene del 60 al 80% de proteína cruda que la ubica como uno de los alimentos de mayor calidad que pueda encontrarse en la naturaleza (Barbado, 2004). Esta alternativa ofrece la oportunidad de producir carne de altísima calidad y a muy bajo costo; con una rentabilidad y productividad no alcanzada jamás por otra actividad destinada a la obtención de carne (Vielma, 2006 y Barbado, 2004).

La proteína de lombriz tiene una ventaja: se puede incorporar en pequeñas cantidades, de manera imperceptible, enriqueciendo los alimentos de consumo habitual bajo la forma de harina. Esta contiene del 62 al 82% de proteína de excelente calidad y la totalidad de los aminoácidos esenciales, superando a la harina de pescado y la soya.

La carne de la lombriz puede ser utilizada en la alimentación animal en forma cruda y directa, o en la elaboración de harina de carne de lombriz para ser mezclada con otros productos y producir concentrados de excelente calidad que no contiene toxinas ni colesterol (Barbado, 2004).

La harina de lombriz (figura 3), elaborada en forma industrial, se usa principalmente para la preparación de alimentos balanceados para la explotación intensiva de gallinas y pollos. Así se logra una mejor conversión alimenticia que con los alimentos

balanceados comerciales y se reducen los costos de producción en un 20-40% (Barbado, 2004).



**Figura 3. Harina de lombriz**

Para la alimentación humana, la harina de lombriz puede incluirse en la elaboración de embutidos y conservas, así como también como aditivo a la carne vacuna en las hamburguesas.

Actualmente se reconoce que la creación de harina a base de lombriz de tierra (figura 4), es un recurso de elevado interés ecológico y nutricional. El único problema que tiene la explotación de la harina de lombriz es la necesidad de cantidades enormes de lombrices para poder montar una planta de procesamiento.



**Figura 4. Lombriz *Eisenia foetida***

### **2.7.1 Método para obtener lombrices californianas**

- ❖ Las lombrices son introducidas en tinas con tierra limpia -sin vidrios o basura inorgánica- para ser alimentadas durante 15 días con fruta y verduras principalmente, pero nunca con carne o cítricos, pues éstos les provocarían la muerte.
- ❖ En primer lugar hay que separar lo mejor posible las lombrices de su medio. Esto conviene hacerlo a mano o empleando una malla de alambre tejido.
- ❖ Luego se purgan las lombrices durante un día con un alimento basado en gelatina o en harina de maíz fina (Sémola) con una humedad similar a la del alimento.
- ❖ Se sacrifican los animales en una solución salina (dos cucharadas de sal en un litro de agua). Después son introducidas en una solución salina que las deodoriza y las mata para al final ser secadas a la luz del sol y finalmente, molidas para conseguir una fina harina de color grisáceo (Barbado, 2004).

Desecadas a bajas temperaturas, las lombrices pierden hasta un 85% del agua de su cuerpo. La materia restante, es un producto con alto valor proteico. Es por esta razón que resulta una sustitución ideal de la harina de carne y la de pescado que actualmente se usan en alimentos balanceados o conservas. Como elementos favorables, debemos indicar que su olor es menos fuerte y que se conserva mucho más allá de lo que resisten otras harinas. Además mantiene su contenido de proteínas independientemente de su edad o de la época del año.

## 2.7.2 Propiedades nutrimentales

Dentro de las propiedades nutrimentales de la harina y carne de lombriz (cuadro 4) podemos ver el aporte de algunos componentes importantes como los que se presentan en el cuadro siguiente. . La harina y la carne contienen proteínas del 65% al 75%.

**Cuadro 4. Propiedades nutrimentales de la harina y carne de lombriz (G. Bárcena, 2010 y Mendoza, 1997).**

<b>*AMINOACIDOS</b>		<b>VITAMINAS Y MINERALES</b>	Mg
<b>En % promedio</b>			
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
Glicina	5.00	Biotina (Vit. H)	32
Histidina	2.57	Ácido Aminobenzoico	30
Isoleucina	4.69	Ácido Pantoténico	10.3
Leucina	7.59	Ácido Fólico (Vit. M)	2.1
Lisina	7.56	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
Triptófano	1.40	Selenio	Vest. Var
Treonina	5.20	Cromo	Vest. Var
Tirosina	2.97	Calcio	Vest. Var
Valina	5.00	Fósforo	Vest. Var

### **2.7.3 Beneficios por el consumo de la harina de lombriz (G. Barcena, 2010)**

- 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
- Eficaz en los tratamientos contra el Parkinson (dopamina)
- Ayudar en las terapias contra la obesidad
- Importante en los tratamientos de hipertiroidismo

#### **2.7.4 Importancia económica**

- 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.
- El humus de lombriz es un producto con grandes posibilidades de comercialización en todo el mundo, pero su calidad es un factor importante para obtener los mejores precios del mercado.
- La carne de lombriz puede ser utilizada en la alimentación animal de forma cruda y directa o en la elaboración de harina de carne de lombriz para ser mezclada con otros productos y producir concentrados de excelente calidad.
- 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.



## **2.8 Evaluación sensorial**

### **2.8.1 Definición**

La evaluación sensorial de los alimentos es una función primaria del hombre: desde su infancia y de una forma consciente, acepta o rechaza los alimentos de acuerdo con las sensaciones que experimentan al consumirlos (Barcina 2001; Ibáñez 2001).

La evaluación sensorial es el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos de la vista, gusto, olfato, tacto y oído. La evaluación sensorial es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos, microbiológicos, etc. Este tipo de análisis tiene la ventaja de que la persona que efectúa las mediciones lleva consigo sus propios instrumentos de análisis, o sea; sus cinco sentidos (Anzaldúa, 1994).

La evaluación sensorial es una disciplina desarrollada desde hace algunos años; nació durante la segunda guerra mundial ante la necesidad de establecer las razones que hacían que las tropas rechazaran en gran volumen las raciones de campaña (Witting, 2001).

La evaluación sensorial es la ciencia que se ocupa de la medición y cuantificación de las características de un alimento, ingrediente o producto, las cuales son percibidas por los sentidos humanos: entre dichas características se pueden mencionar, por su importancia (cuadro 5):

**Cuadro 5. Impresiones que se perciben a través de los sentidos en el análisis sensorial (Anzaldúa, 1994).**

<b>Vista</b>	<b>Olfato</b>	<b>Tacto</b>	<b>Gusto</b>	<b>Oído</b>
<b>Color</b>		<b>Textura</b>	<b>Sabor</b>	<b>Sonidos</b>
<b>Brillo</b>	Olor	<b>Temperatura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acido</li> <li>• Dulce</li> <li>• Salado</li> <li>• Amargo</li> </ul>	sonido
<b>Tamaño</b>		<b>Dureza</b>		
<b>Forma</b>		<b>Peso</b>		
<b>Uniformidad</b>		<b>Granulosidad</b>		
		<b>Viscosidad</b>		

### 2.8.2 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:

### **2.8.2.1 El color de los alimentos**

El color es una cualidad organoléptica de los alimentos que se aprecia por medio del sentido físico de la vista. Suele ser considerado como un factor psicológico de aceptación y un criterio para elegir un alimento: e incluso en los productos de origen

vegetal se relaciona con la posibilidad de distinguir su grado de maduración y su idoneidad (Bello, 2000).

### **2.8.2.2 El olor de los alimentos**

El olor de un alimento es el estímulo provocado por las sustancias volátiles liberadas desde un alimento en el sentido del olfato, localizado en la cavidad nasal. Para ser oloroso, un compuesto ha de ser volátil y llegar hasta la interacción física con el correspondiente receptor, situado en el epitelio nasal.

Otra característica del olor es la intensidad o potencia de este. Además, de su relación con el tiempo (Bello, 2000).

### **2.8.2.3 El sabor de los alimentos**

El sabor de un alimento es una combinación de sensaciones químicas (el olor, aroma y el gusto) que se percibe en la cavidad bucal con la intervención de las papilas gustativas, donde se localizan los receptores, situados en lugares muy diversos: el paladar blando, en la pared posterior de faringe, en los epiglotis y, sobre todo, en la lengua, donde son más abundantes.

Las papilas gustativas de la lengua registran los cuatro 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).

Para que una sustancia química ofrezca un sabor necesita cumplir tres requisitos:

- Ser soluble en agua
- Tomar contacto con el receptor, una vez que se ha disuelto en la saliva.
- Disponer de una estructura química concreta, aunque no se puedan dar reglas generales a este respecto.

#### **2.8.2.4 Aroma**

Es la propiedad que 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 sensoriales del olfato. El aroma es el principal componente del sabor de los alimentos (Anzaldúa, 1994).

#### **2.8.2.5 Gusto**

El gusto o sabor básico de un alimento puede ser ácido (agrio), dulce, salado o amargo: o bien, puede haber una combinación de dos o más de estos cuatro.

Esta propiedad es detectada por medio de la lengua.

#### **2.8.2.6 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 respuesta primaria de los sentidos táctiles a los

estímulos físicos que resultan del contacto entre alguna parte del cuerpo y el alimento (Bourne, 2002).

La medición instrumental de la textura fue propuesta como una alternativa a la evaluación sensorial con el fin de superar los principales inconvenientes y limitaciones de esta última: la gran variabilidad que puede existir en los resultados, la dificultad en la ejecución de las pruebas, debido a las naturales problemas que se presentan al trabajar con humanos y a lo laborioso de algunas pruebas y las peculiaridades de la interpretación de los resultados (Bourne, 1982).

Lo define como 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), (Wittig, 2001).

### **2.8.3 Factores que influyen en la evaluación sensorial**

De la gran variedad de factores que ejercen influencia sobre la evaluación sensorial debemos considerar los siguientes grupos (Witting, 2001).

- Factores de personalidad de actitud. Influyen en gran medida en experiencias sobre aceptación, o preferencia de consumidores.
- Factores relacionados con la motivación. Influyen sobre los resultados al trabajar con concentración umbrales y supraumbrales.
- Errores psicológicos de los juicios. Se deben distinguir varios tipos de errores psicológicos, como son los de la tendencia central, de posición y tiempo, de contraste. También deben de considerarse la memoria, concentración y las instrucciones minuciosas, ya que pueden ser importantes.

#### **2.8.4 Importancia de la evaluación sensorial**

La evaluación sensorial es prácticamente 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.

#### **2.8.5 Tipo de juez**

La selección y el entrenamiento de las personas que tomaran parte de las pruebas de evaluación sensorial son factores de los que dependen en gran parte del éxito y validez de las pruebas (Anzaldúa, 1994).

##### **2.8.5.1 Juez consumidor**

Se trata de personas que no tienen nada que ver con las pruebas, ni trabajan con alimentos como investigadores o empleados de fábricas procesadoras de alimentos, ni han efectuado evaluaciones sensoriales periódicas. Por lo general son personas tomadas al azar, ya sea en la calle, o en una tienda, escuela etc. (Anzaldúa, 1994).

Los jueces de este tipo deben ser empleados solamente para pruebas afectivas y nunca para discriminativas o descriptivas. El número de jueces es de 30 a 40 como

mínimo para que tenga validez estadística en los datos recolectados (Anzaldúa,1994).

A diferencia del juez analítico, la persona que participe como consumidor debe ser, precisamente, un consumidor del producto en estudio; y comunicara al investigador su punto de vista con respecto a:(Pedrero 1989).

- A) Su aceptación o rechazo de una o varias muestras, o
- B) El orden de su preferencia al confrontar varias muestras, o
- C) El nivel de agrado de las muestras que se le presente.

## **2.8.6 Clasificación de las pruebas sensorial**

### **2.8.6.1 Evaluación sensorial tipo II**

En la evaluación sensorial II se evalúa si los consumidores pueden distinguir, bajo condiciones ordinarias de consumo, diferencias pequeñas. Para un grupo de muestras es posible que los jueces obtengan una preferencia dada y por otro lado no pueden discriminar usando pruebas de diferencia (Hernández M., 2007).

### **2.8.6.2 De acuerdo al tipo de objetivo**

Esta se basa en el objetivo que se persigue en realizar la prueba.

### **2.8.6.3 Prueba de aceptación**

Estas pruebas están indicadas especialmente para situaciones en las que los estímulos químicos no se solapan o interfieren. La medida de aceptación se efectúa bien para evaluar simultáneamente más de dos muestras, o bien para obtener más información sobre un producto. En consecuencia, es una prueba que, a diferencia de las pruebas de preferencia, no necesariamente requiere la comparación con otros productos. Con esta medición se intenta cuantificar la preferencia de los sujetos por un producto midiendo cuánto les gusta o les disgusta, es decir el grado de satisfacción (Anzaldúa, 1994)

### **2.8.6.4 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).

### **2.8.6.5 Prueba de ordenación**

Esta prueba es muy sencilla. En ella se le dan a los jueces tres o más muestras que difieren en una propiedad, y se les pide que las pongan en orden creciente o decreciente de dicha propiedad. No importa realmente si se escoge creciente o decreciente, aunque cuando se trata de sabor o de alguna propiedad muy resaltante o intensa, es preferible que las ordenen de mayor a menor intensidad de la propiedad (Anzaldúa, 1994).



En esta prueba no se tiene ninguna indicación de las diferencias que hay entre las muestras, ya que son ordenadas en relación una con otros en función de una característica o de su aceptabilidad por el panel. Los resultados de estas pruebas no se pueden comparar salvo que se hayan hecho con las mismas muestras.

En este tipo de pruebas el número mínimo de muestras debe de ser tres y han de presentarse a los diferentes catadores de manera aleatoria, para evitar las influencias y prejuicios de presentación (Sancho, 1999)

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Materia prima

- Las lombrices fueron donadas por la empresa VERMI ORGANICOS en Tamazula, Jalisco.
- Desechos orgánicos (zanahoria y manzana) en Saltillo, Coahuila, México.
- Agua potable
- Masa de maíz del Molino
- Agua purificada

La harina de lombriz fue obtenida en el laboratorio de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Se realizó un análisis bromatológico de la harina natural, misma que se le añadió a la masa de maíz para formar las tortillas de harina de lombriz, y se volvió a realizar el análisis bromatológico. Se evaluaron tortillas de maíz y tortillas con adición de harina de lombriz. Las evaluaciones sensoriales se realizaron en el laboratorio de evaluación sensorial, pertenecientes al departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

### 3.2 Materiales

Se utilizo material de vidrio de uso común en el laboratorio.

- ✓ Probeta de 500ml Marca Pyrex.
  
- ✓ Probeta de 100 ml Marca Pyrex.
  
- ✓ Matraz Erlenmeyer de 500ml Marca Pyrex (12)
  
- ✓ Bureta de 25ml Marca Pyrex
  
- ✓ Matraz bola Marca Pyrex (12)
  
- ✓ Matraz Kjeldahal de 800ml Marca Pyrex(12)
  
- ✓ Vaso de Bercellius de 600ml Marca Pyrex (12)

### **3.2.1 Equipo utilizado**

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

### **3.2.2 Evaluación sensorial**

- Vasos de unicel del N°8
- Popotes
- Bolsas de ziploc
- Vasos de unicel grandes (hieleras)
- Tortilleros de unicel
- Servilletas
- Etiquetas del N°4
- Hojas de evolución (formato: ordenamiento y aceptación)
- Incentivos
- Bolígrafo

### **3.2.3 Métodos experimentales**

En esta investigación trabajamos harina de lombriz (*Eisenia foetida*). Colocamos las lombrices en una estufa a una temperatura de 50 a 60°C hasta que las lombrices se secan por completo. Posteriormente una vez secos continuamos con la molienda, de la cual se obtuvo una harina de color café. A dicha harina se le realizaron análisis bromatológicos.

### 3.2.4 Obtención de harina de lombriz

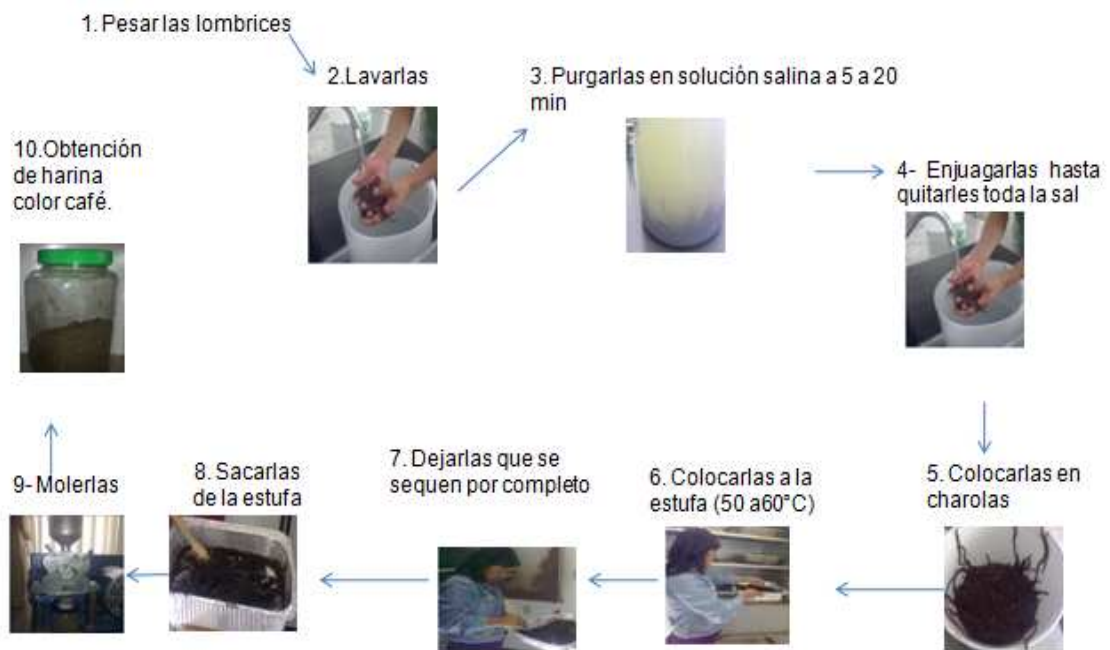


Figura 5: Obtención de la harina

### **3.2.5 Análisis Bromatológicos**

Para esto se requirió meter la muestra de tortilla de maíz natural y las tortillas de maíz con harina de lombriz, con un peso de 40g, a una estufa de secado marca Robert Shaw, que opera a una temperatura de 55 a 60°C, en la que se dejó la muestra por 24 hrs, después se sacó de la estufa, se pesó en una balanza granataria y posteriormente se molió en un mortero de porcelana, para obtener la muestra completamente molida que lo utilizaríamos para hacer las pruebas.

Para determinar la humedad de la muestra fue necesaria la cuantificación de la materia seca total.

$$\%H = 100 - \%MST$$

### **3.2.6 Determinación de materia seca total o sólidos**

Se hizo de acuerdo a los Métodos Oficiales de Análisis de la AOAC 1980.

Se determinó utilizando la estufa de secado Marca Thelco modelo (27) con una temperatura de 100 -103°C.

### **3.2.7 Determinación de proteína cruda por el método kjeldhal**

Se hizo de acuerdo al método de Kjeldhal (Métodos Oficiales de Análisis de la AOAC 1980).

### **3.2.8 Determinación de cenizas**

El análisis se realizó a las cuatro muestras de tortillas tanto de la testigo como las que contenían harina de lombriz, de acuerdo a los Métodos Oficiales de Análisis de la AOAC, 1980.

### **3.2.9 Determinación de grasas con el método Soxhlet**

Esta se determinó mediante los métodos Oficiales de análisis de la AOAC. 1980.

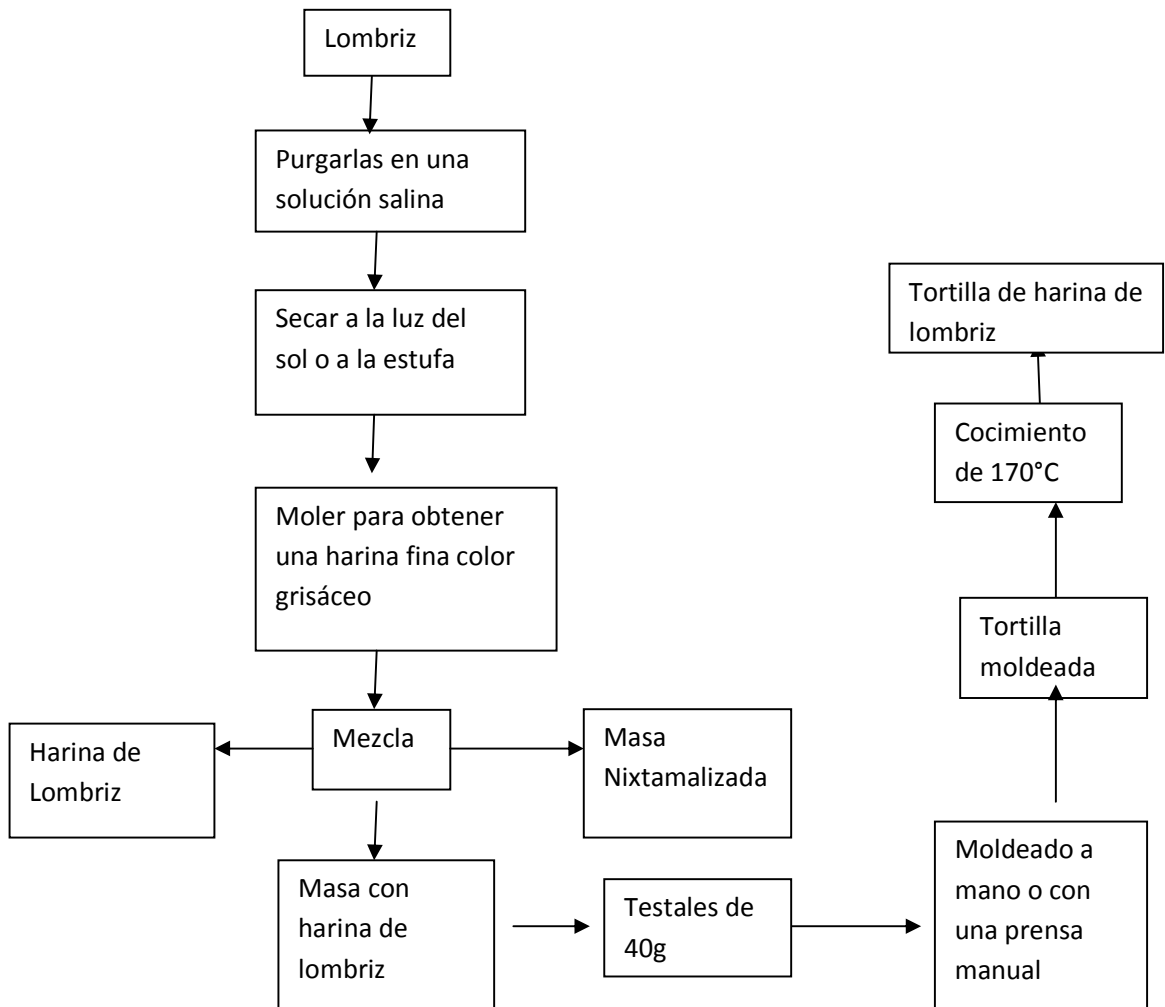
### **2.3.10 Determinación de fibra cruda**

Se determinó mediante los Métodos Oficiales de Análisis de la AOAC, 1980. Utilizando el aparato de Reflujo Marca Labconco, para la determinación de fibra cruda, y posteriormente se mete a la mufla de marca Thermolyne modelo 1500 y opera a temperaturas superiores desde 100°C a 900°C .

### **3.3 Formulación de tortillas adicionadas con harina de lombriz de *Eisenia foetida***

Se realizó de forma tradicional, las formulaciones fueron de 1kg de masa de maíz en las que se les adicionó 0.5% (Figura 8), 1.0% (Figura 9), y 1.5%(Figura 10) de harina de lombriz y la otra fue de masa de maíz (Figura 7) . Para la preparación de la masa, cada una de las formulaciones fue amasada hasta formar una mezcla uniforme y no pegajosa que nos permitiera hacer las tortillas; posteriormente se formaron los testales que pesaron 40g cada una en una balanza granataria de marca OHAUS (figura 6).





**Figura 6. Diagrama de flujo para la elaboración de la tortilla con harina de lombriz**

### 3.4 Metodología

- Las lombrices son introducidas en tinas con tierra limpia -sin vidrios o basura inorgánica- para ser alimentadas durante 15 días con fruta y verduras
- Después son introducidas en una solución salina que las deodoriza y las mata para al final ser secadas a la luz del sol (o en estufa) y finalmente, molidas para conseguir una fina harina de color grisáceo.
- La harina obtenida se mezcla con un poco de masa nixtamalizada. Se amasa hasta obtener una consistencia uniforme no pegajosa.
- Posteriormente se forman testales de aproximadamente 40 gramos.
- Se coloca la testal en una prensa manual para obtener la tortilla.
- La tortilla se cose en una placa metálica a una temperatura de 170°C, durante 22, 39, y 21 segundos sobre la primera, segunda y primera cara, respectivamente. Se voltea la tortilla al término de cada tiempo hasta que quede completamente cocida.
- Se colocan las tortillas en tortilleros para ser evaluadas sensorialmente y otras serán sometidas a los análisis fisicoquímicos comunes (contenido de proteína, grasa, cenizas, valor calórico, color, pH, para determinar la calidad de las tortillas enriquecidas con harina de lombriz comparadas con las elaboradas únicamente con la masa nixtamalizada. Cabe mencionar que para la evaluación sensorial se preparan las tortillas en el momento.

### 3.5 Cocimiento de las tortillas

Las tortillas fueron moldeadas en una tortilladora manual, posteriormente se cocieron en una placa metálica a una temperatura de 170°C durante 20, 39 y 21 segundos sobre la primera, segunda y primera (voltear) cara de la tortilla respectivamente.



**Figura 7**

**Testales de masa de maíz  
0.5%**



**Figura 8**

**Testales de harina de lombriz al**



**Figura 9**

**Testales con harina de lombriz al 1.0%  
1.5%**



**Figura 10**

**Testales con harina de lombriz al**

### 3.6 Análisis sensorial

La evaluación sensorial estuvo formada por un panel exploratorio de aceptación, Constituido por 62 jueces no entrenados, estudiantes de 18 a 22 años de edad aproximadamente, de la Universidad Autónoma agraria Antonio Narro. A cada juez se le proporciono un cubículo (figura 11) con el material necesario para realizar la evaluación correspondiente que nos permitiera evaluar las muestras de las tortillas con harina de lombriz y la tortilla de maíz sola (Figura 12). Evaluando los atributos de la tortilla (sabor, olor, apariencia y textura).



**Figura 11**

**Cubículos de evaluación sensorial**



**Figura 12**

**Evaluación de la tortilla de maíz sola y con harina de lombriz**

### **3.6.1 Prueba de preferencia**

A cada juez se le proporcionaron cuatro muestras de tortillas, donde tres de ellas fueron elaboradas con la adición de harina de lombriz a .5%, 1.5 y 1.5% y la cuarta muestra fue de tortilla de maíz (testigo).

Posteriormente se les pidió a los jueces que ordenaran las muestras de menor a mayor preferencia, en la que se les asignó el número 1 como menor preferencia y el 4 como mayor preferencia, de acuerdo a los siguientes atributos: color, olor, sabor y textura (anexo 1).

### **3.6.2 Análisis Estadístico**

El análisis estadístico consistió en dos pruebas en donde se manejaron las cuatro variables bajo los cuatro tratamientos. La primera prueba fue el diseño completamente al azar (con 62 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 6 se indican los resultados de la prueba sensorial realizada, para determinar la preferencia de los consumidores en cuanto a las propiedades de apariencia, textura, olor y sabor de las tortillas: natural y con harina de lombriz.

**Cuadro 6. Resultados de la prueba de preferencia de los consumidores por el método de Duncan. (Medias de varianza de la variable apariencia)**

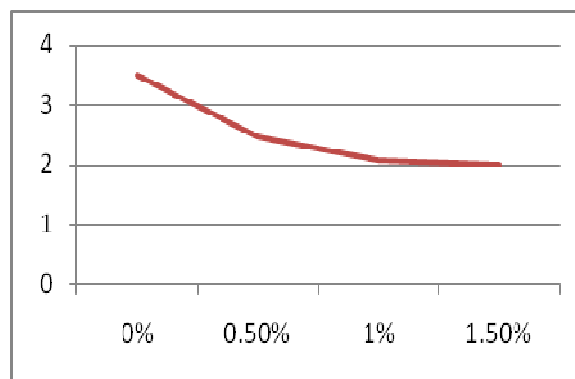
Propiedades	Evaluaciones			
	1	2	3	4
<b>Apariencia</b>	3.48 <sup>a</sup>	2.46B	2.09 C	2.01C
<b>Textura</b>	2.95	2.79	2.56	2.51
<b>Olor</b>	3.14 A	2.70B	2.33 CB	2.16C
<b>Sabor</b>	3.24 A	2.54 B	2.03 C	1.70C

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. Apariencia=  $Pr>F= P<.0001$   
 Textura=  $Pr>F= 0.0771$ ; Olor=  $Pr>F= P<.0001$ ; Sabor=  $Pr>F= P<.0001$

En la variable de apariencia, el resultado es que existe una diferencia significativa entre los tratamientos ( $P<0.01$ ), (anexo 2) teniéndose como mejor tratamiento el testigo, con una media de 3.48 (cuadro 6), la cual es superior estadísticamente de las otros tratamientos (cuadro 6). El segundo tratamiento fue el nivel de 0.5%, con una media de 2.46, con una diferencia estadística respecto al tratamiento testigo y los dos restantes. Los dos últimos tratamientos son estadísticamente iguales,

habiendo una ligera superioridad del tratamiento de 1%, con una media de 2.09, mientras que la media del tratamiento al 1.5% fue de 2.01.

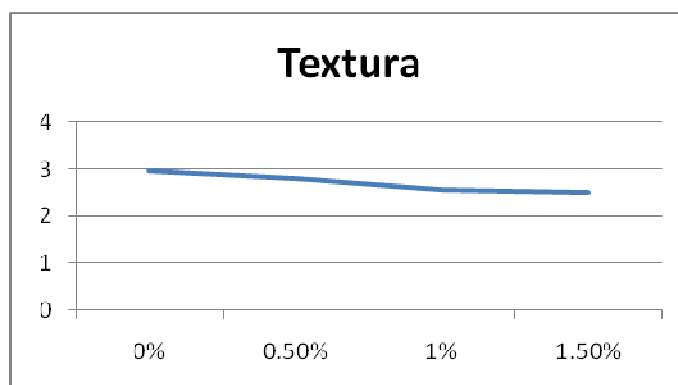
Como se puede ver en la Figura 13, el aumento de la harina de lombriz tiende a disminuir la calidad de la apariencia, esto se puede deber a que los consumidores que evaluaron la muestra al visualizarla no les fue de su total agrado el color, y el brillo que la tortilla presentaba en ese momento.



**Figura 13. Comportamiento de la apariencia respecto a la concentración de la harina de lombriz**

En lo que se refiere a la variable textura, no existe diferencia significativa entre tratamientos (anexo 3), es decir, los cuatro tratamientos son iguales con un nivel de seguridad del 95% (0.05 nivel de significancia).

Es importante mencionar que, aunque los tratamientos son iguales estadísticamente, en la gráfica tienden a formar una línea con pendiente negativa (Figura 14), esto se puede deber a que la textura de la harina de lombriz en la tortilla, presento dificultades a la hora de la rollabilidad.

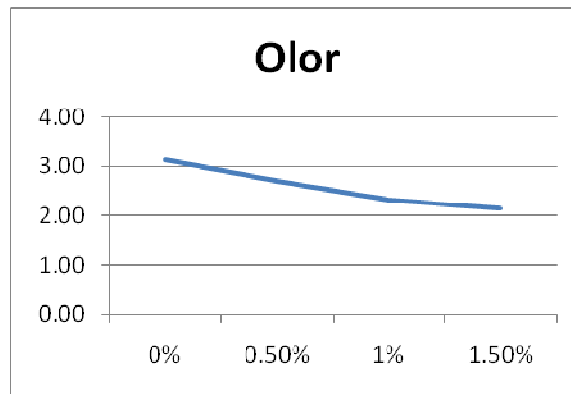


**Figura 14. Comportamiento de la textura respecto a la concentración de la harina de lombriz**

En la variable olor existe diferencia muy significativa entre tratamientos ( $p < 0.01$ ) (anexo 4). Con la singularidad de que existe una diferencia importante entre el tratamiento testigo y los que contienen la harina de lombriz, que presentan cierta similitud entre ellos. El tratamiento testigo, con media de 3.14 (cuadro 6) es el mejor posicionado, enseguida se encuentra el tratamiento al 0.5%, con una media de 2.70 (cuadro 6); este tratamiento tiene similitud estadística con el siguiente tratamiento, que es el de 1%, con una media de 2.33, y éste a su vez, tiene similitud con el último tratamiento, que es el de 1.5%, con una media de 2.16.

Como puede verse en la Figura 15, el olor va disminuyendo de calificación al aumentar la concentración de la harina de lombriz, esto se puede deber a que los evaluadores al olor cada uno en primera la de testigo, observaron que el olor era diferente y un poco más penetrante que las que contenían mayor cantidad de harina de lombriz que las otras que estaban cantidades menores.

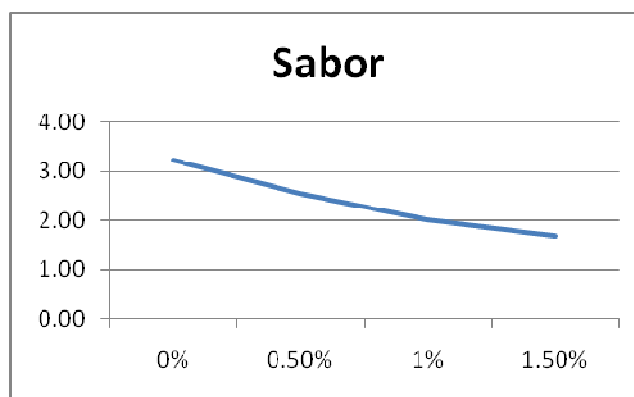




**Figura 15. Comportamiento del olor respecto a la concentración de la harina de lombriz**

Para la variable sabor se tiene una diferencia muy significativa entre tratamientos ( $P < 0.01$ ), (Anexo 5). El mejor tratamiento es el testigo, con una media de 3.24 (cuadro 10), con una diferencia respecto al siguiente tratamiento, el de concentración al 0.5%, el cual tiene una media de 2.54 (cuadro 6). Los dos últimos tratamientos, los de concentración de 1% y 1.5%, son similares estadísticamente y se diferencian de los dos primeros, tienen medias 2.03 y 1.7 respectivamente.

Al igual que las variables anteriores, la mayor concentración de harina de lombriz reduce la calificación de sabor, como se muestra en la Figura 16. Esto se puede deber a que a la hora de ponerse la muestra en la boca, no fue de su agrado, y eso hizo que fuera disminuyendo su aceptación por el evaluador.



**Figura 16. Comportamiento del sabor respecto a la concentración de la harina de lombriz**

Los resultados obtenidos en este trabajo comparados con el trabajo de Méndez Barajas (2005) es muy similar debido a que sus muestras fueron realizadas también con harina de lombriz, realizando el mismo procedimiento solo que en productos como galletas y panque (Méndez Barajas, 2007) adicionadas con la harina y se realizaron evaluaciones sensoriales en la que se evaluaron los mismos atributos tales como, sabor, apariencia, olor y textura del alimento, solo que en esta trabajo la muestra fueron tortillas. Méndez barajas dice que el olor y sabor de las galletas y panque son agradables para el consumidor, en cambio en la de tortilla el sabor y el olor fue un poco desagradable ya que al incrementar la cantidad de harina de lombriz, su olor y sabor era más evidente.

**4.1.1 Resultados del análisis bromatológico de la técnica de Análisis Oficiales de la AOAC 1980.**

**Cuadro 7. Caracterización bromatológica de tortilla natural y tortilla con harina de lombriz**

	Tortilla de maíz (Testigo)	Tortilla de harina de lombriz		
		0.5%	1%	1.5%
Humedad	30 %	11%	10%	9%
Cenizas	0.8 %	2.01%	2.04%	2.17%
Proteínas	6.0 %	11.55%	13%	15%
Grasa	1.2 %	3.77%	4.44%	5.97%
Fibra cruda	0.64 %	1%	1.5%	2%

En el cuadro 7 se puede observar que hay gran diferencia en humedad de la tortilla natural, con la tortilla de harina de lombriz que corresponde al 0.5% porque en las otras dos muestras es menos la cantidad de humedad 1% y al 1.5%.

Al comparar con el testigo, nos arrojo diferencias de 1.21% en la 0.5% , en 1% fue de 1.24% y al 1.5% fue la diferencia de 1.37% que correspondieron a cenizas.

En la tortilla de maíz el contenido de proteínas fue menor, en comparación con las tres muestras enriquecidas con harina de lombriz que presentaron un contenido de proteína mayor según la cantidad que se le agrego a cada una de ellas.

En Grasa al hacer la comparación del testigo con la de 0.5% la diferencia fue de 2.57 % en cambio en la de 1 y 1.5% fue mayor la diferencia, en 1% fue de 3.24% y en la de 1.5% fue de 4.77%.

En fibra cruda la testigo en comparación con la 0.5% la diferencia fue de 0.36% mientras que en comparación con la de 1% fue de 0.86% y en la 1.5% con un porcentaje de 1.36%.

Los resultados obtenidos en el análisis bromatológico son similares al cuadro 7 de la composición química de la tortilla de maíz; en cuanto cenizas, fibra cruda, grasas, comparados con los resultados que menciona Bressani, (1958), solo varia en la humedad y en el contenido de proteína debido a que en los resultados obtenidos en este trabajo fue de 20% mientras que según Bressani, (1958) es de 47.8% y para Reyes Vega (1998) el contenido de humedad fue de 42.4% y en cuanto al contenido de proteína en el de Bressani fue de 5.6 % de proteína, en la de Reyes Vega es de 5.9 % y en este trabajo es de 6.0% de proteína. Mientras que al hacer la comparación con la harina de lombriz hubo diferencias significativas pero el más alto fue en el contenido de proteínas ya que fue mayor que la tortilla de maíz natural.

## V. CONCLUSIONES

Se desarrollo la tortilla de maíz con harina de lombriz siguiendo un proceso tradicional para formar el producto.

De los resultados obtenidos en la prueba sensorial se concluye que los consumidores que se alimentan de tortilla de maíz las prefieren sin adición de harina de lombriz ya que los evaluadores lograron diferenciarlas en cuanto al olor y sabor. En cuanto a la textura no hubo diferencia significativa ya que las cuatro muestras se encontraron en el mismo rango, en cuanto a la rollabilidad de la muestra.

El tratamiento de harina de lombriz al 0.5% tuvo mayor aceptación en los atributos de textura, apariencia, olor y sabor.

La concentración de la harina de lombriz en, 1 y 1.5% cambio significativamente la apariencia de la tortilla, haciéndola menos clara con un color café oscuro.

Se puede concluir que la adición de harina de lombriz en la tortilla de maíz solo mejora la textura, ya que no hubo diferencia significativa en las cuatros muestras tratadas, mas sin embargo solo a una concentración de 0.5% de harina de lombriz en la tortilla de maíz tiene un olor y sabor agradable al consumidor mientras que las otras dos concentraciones no.

## **VI. RECOMENDACIONES**

En base al trabajo realizado se hacen las siguientes recomendaciones:

Se debe de tener en cuenta que el buen manejo(estrés) y cuidado de la alimentación es de vital importancia para que al momento de obtener la harina adquiera características favorables en cuanto a color, sabor y olor, ya que si no se lleva a cabo lo antes mencionado afectaría sus características principales.

Se debe de utilizar la harina de lombriz en bajas cantidades (de preferencia de 0.5 %) debido a que al aumentar la dosis altera las características del producto (tortilla) lo cual ocasiona que al consumirse tenga un sabor poco agradable.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, H.D., y L. W. Rooney. 1996. Avances en la manufactura y la calidad de los productos de maíz nixtamalizado. In: Excelencia en calidad de tortillas y botanas de maíz y trigo. Asociación americana de soya. United Soybean Board. México. p.p: 14-19.

Amador Pérez Ana Patricia Beatriz 2009. Desarrollo y evaluación de una tortilla de maíz con dos concentraciones de harina de soya (*Glycine max*) y harina de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). Tesis de nivel licenciatura, Zamorano, Honduras.

Antuna Grijalva, Oralia, Sergio A. Rodríguez Herrera, Gerónimo Arámbula Villa, Arturo Palomo Gil, Edmundo Gutiérrez Arias, Armando Espinosa Banda, Edson F. Navarro Orona y Enrique Andrio Enríquez 2008. Calidad Nixtamalera y Tortillera en maíces criollos de México. Revista Fitotecnia Mexicana, Septiembre, año/ vol.31, número especial 3 Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México.

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. Pag.1-7

A.O.A.C (1980) METODOS OFICIALES DE ANALISIS. Association of Oficial Analytical Chemistis. Washington, D.C.U.S.A.

Arámbula Villa G, Méndez Albores A.J, González Hernández J, Gutiérrez Arias E, Moreno Martínez E. 2004. Evaluación de una metodología para determinar características de textura de tortilla de maíz (*Zea mays L.*) Arch. Latinoamericanos Nutrición 54:216-221.

Badui Dergal Salvador 1993. Química de los alimentos. Pearson Educación México. 197-200.

Baez-Ramirez, O.A.; Martínez- Borrego, a. 1990. Estudio de la influencia de las condiciones de proceso sobre la calidad de harina de maíz nixtamalizada para tortillas. Tesis profesional. Universidad autónoma de Chapingo, Chapingo México.

Barbado, José Luis, Cría de lombrices. 1ª edición.- Buenos Aires: Albatros, 2004. pág. 11 al 68-69.

Bazúa, C.D. 1988. Monografía tecnológica No. 2. Una nueva tecnología para la extrusión alcalina de maíz y sorgo. Editores, S.A. de C.V México.

Bedolla S. and IW Rooney 1984. Characteristics of US and Mexican instant maize flours for tortilla and snack preparation. Cereal Foods World. 29:732-735.

Bedolla S. and IW Rooney 1982. Cooking Maize for Masa Production. Cereal Foods World. 27:219-221.

Bello Gutiérrez José 2000. Ciencia Bromatológica. Principios Generales de los Alimentos. Editorial: Días de Santos S.A. Madrid, España. Pp.178, 179, 183,190, 200.

Bressani R.; Turcios J.C.; Reyes L. y Mérida R. 2001. Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central. Instituto de Investigaciones-Universidad del valle de Guatemala. ALAN Vol. 51(3) Caracas Sept. 2001.



Bressani, R.; Scrimshaw, N.S. 1958 a. Effect of lime treatment on in vitro availability of essential amino acids and solubility of protein fractions in corn. *Agri. Food chem.*6:774-778.

Bourne M.C., 1982. Food texture and viscosity concept and measurement. Academic press. New York.

Bourne M.C., 2002. Food Texture and Viscosity Concept and Measurement. 2<sup>nd</sup> Edition. Academic Press. USA Pp.1, 22.

Díaz Velázquez Ada Ivone, 2007. Estudio del tiempo optimo de nixtamalización para la preservación de antocianinas presentes en maíz azul (*Zea mays L.*) para la elaboración de tortillas. Tesis de nivel licenciatura, Buenavista Saltillo Coahuila, México.

Díaz Vázquez carolina 2008. Mejoramiento de los atributos de calidad de la tortilla de maíz empleado como aditivo natural el pulque (poliuqui). Tesis de nivel licenciatura, Buenavista Saltillo Coahuila, México.

Figuroa, J.D.C 1994. Modernización tecnológica del proceso de nixtamalización. *Avance y perspectiva* 13:323-329.

Figuroa Santos Lesly Karen, Pérez Moctezuma Zyanya Fernanda y Medellín López Ximena, 2006. "Elaboración de galletas y tortilla a partir de la Harina de Lombriz (*Eisenia foetida*)" CENTRO ESCOLAR ZAMÁ. Agropecuaria y alimentos pág. 1-4

García cañedo J.L., Reyes- moreno C. Milán- Carrillo J. Cuen- Ojeda H.M., Gutiérrez-Dorado R. Ramírez-Wong B. Mora- Escobedo R. 2002. Tortillas elaboradas con harinas instantáneas de maíz de calidad proteica (MCP). Opción para mejorar la alimentación del mexicano. IV Congreso del Noroeste en Ciencia Alimenticias y biotecnológicas. Libro de información y Resumen.

García Méndez Biol. Susana 2004. Estudio nutricional comparativo y evaluación biológica de tortillas de maíz elaboradas por diferentes métodos de procesamiento. Tesis de Maestro en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional, Querétaro.

Gaytán M., M., Martínez B., F. y Morales S., E. (2000). Aplicación de un proceso de cocimiento dieléctrico en la elaboración de harinas instantáneas de maíz amarillo para preparación de frituras de masa y tortillas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50, 366- 373

Gómez-Aldapa, C.A.; Martinez, B.F.; Figueroa, J.D.C; Ordorica, F.C.A; Gonzalez-Hernandez, J. 1996. Cambios en algunos componentes químicos y nutricionales durante la preparación de tortillas de maíz elaboradas con harinas instantáneas obtenidas por extrusión. *Archivos latinoamericanos de nutrición* 46:315-319

Gómez-Mendez, G., Anzaldúa Morales, A., Nevárez, V. and Talamás, R. 1996. Instrumental and Sensory Techniques for the Measurement of Wheat Tortilla Texture. Paper presented at the IFT Annual Meeting Institute of Food Technologists. New Orleans, LA.

Hernández Montes Arturo, 2007. Evaluación sensorial de productos agroalimentarios. Chapingo, Texcoco, Estado de México.

Hernández Hernández Elvia, 2003. Evaluación del efecto de la Adición de Harina de Nopal (*Opuntia ssp.*) natural y libre de clorofila en la elaboración de tortilla de maíz. Tesis de nivel licenciatura, Buenavista Saltillo, Coahuila, México.

Ibáñez Moya Francisco C. y Barcina Angulo Yolanda 2001. Análisis Sensorial de Alimentos. Métodos y Aplicaciones. Área de Nutrición y Bromatología. Universidad Pública de Navarra, Pamplona. Editorial Springer-Verlag Iberica Barcelona.

Rangel Meza Elva, Abel Muñoz Orozco, Griselda Vázquez carrillo, Jesús Cuevas Sánchez, *et, al.* 2004. Nixtamalización y Calidad de Tortilla de Maíces de Ecatlán, Puebla México, Agrociencia. Vol 38: 001 Colegio de Posgraduados, Texcoco, Mexico p.p 53-6.

Méndez Barajas Iliana. Fabrican en IPN con lombrices de tierra galletas tan nutritivas como un filete de res. Periódico la Crónica de Hoy. 18 de Enero 2005.

Méndez Barajas Iliana. Elaboran en IPN panqué enriquecido con harina de lombriz. Periódico la crónica de hoy. 25 de Julio 2007.

Mendoza Gómez Lenin 2008. Manual de Lombricultura, Dirección de vinculación, Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez Chiapas.

Mendoza Zazueta José Antonio, 1997. Pequeños productores. Grandes negocios. Los potenciales económicos de los productores agropecuarios comercialmente no tradicionales. De México al mundo. Pp. 125.

Paredes López, O. and Sahararopulos- paredes, M.E. 1983. Maize: A Review of tortillas production technology. Bakers digest 13:16-25.

Plasencia González Gil 1998. Comportamiento de maíz pigmentado en la elaboración de frituras, empleando el método de nixtamalización tradicional y harina instantánea preparada por un proceso hidrotérmico. Tesis de nivel de licenciatura, Universidad Autónoma de Chapingo, 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. Pp. 15.

Pflugfelder, L.r.; Rooney, L.W.; Waniska, D.R. 1988. Dry Matter Losses in Commercial Corn Masa Production. Cereal Chem.. 65:127-132.

Reyes Vega María de la Luz 1998. Efecto del empaquetado con películas plásticas sobre microbiológica, bioquímica y sensorial de la tortilla de maíz. Nivel de doctorado. Centro de investigación y de estudios avanzados del instituto politécnico nacional. México, D, F.

Rooney L, W y Almeida Domínguez, H.D. 1995. Productos de maíz nixtamalizado y calidad del maíz. Presentado en el seminario de la Asociación Americana de Soya.

Sancho Valls J., Bota E., de Castro J.J. 1999. Introducción al Análisis de los Alimentos. Edición de la Universidad de Barcelona España. Pp. 96-96 y136.

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

Serna- Saldivar, S.O. Gomez, M.H. and Rooney, L.W.1990. Advances in Cereal Science and Technology. Ed. Pomeranz, Y. Chapter 4: Technology, Chemistry and Nutritional Value of Alkaline-Cooked Corn Products. 1 American Association of Cereal Chemists. Minn, U.S.A.

Schuldt Miguel 2006. Lombricultura teoría y Práctica Mundi- Prensa Madrid pagina 13.

Rodríguez gil Soto Adriana 2004.Desarrollo y evaluación de harina para tortillas a base de maíz y harina de soya parcialmente desgrasada. Tesis de licenciatura ingeniería agroindustrial. Zamorano, honduras.

Vielma, R., Medina A. 2006. Determinación de la composición química y estudios de solubilidad en la harina de lombriz Eisenia foetida. Revista de la facultad de Farmacia. 48 (1).

## **CONSULTAS WEB**

AGROMEAT, “LOMBRICULTURA: Lombrices como carne rica en proteína” En línea [<http://www.agomeat.com/>]Consultado el 5 de Febrero, 2010 a las 27:48 hrs.

Almonte, Rubén I. “Lombrices como carne rica en proteína”. En línea [<http://www.agomeat.com/index.php?idNews=85170>] Consultado el 5 de febrero, 2010 a las 27:48 hrs.

Bello Pérez Dr. Luis Arturo, IBQ Alejandra Flores Castro y IBQ José Ángel Román Brito2006. “Efecto de la humedad y a temperatura de almacenamiento en la retrogradación de la tortilla, un punto de vista molecular” Instituto Politécnico Nacional.[http://www.pncta.com.mx/pages/pncta\\_investigaciones\\_06i.asp?page=06e6](http://www.pncta.com.mx/pages/pncta_investigaciones_06i.asp?page=06e6)[En línea] consultado el 19 de junio, 2010 a las 2:00 pm.

BIOAGRO, “LOMBRICES ROJAS” En línea [<http://www.bioagro.com.uy/lrojas.htm>] Consultado el 5 de febrero, 2010 a las 9:00 pm.

Cebreros Alfonso 2008. "Disminuye consumo de tortilla en México", Periódico el Mañana. (<http://www.elmanana.com.mx/notas.asp?id=44897>). [En línea] Consultado el 16 de febrero, 2010 a las 3:12 pm

Coneval o el economista 2009" En la pobreza, 47.4% de población en México <http://eleconomista.com.mx/notas-online/politica/2009/07/19/pobreza-474-poblacion-mexico>. "Consultado el 16 de febrero, 2010 a las 6:00 pm

G. Barcena Diego harina de lombriz 2010.HARINA DE LOMBRIZ. Promin (Industria y Comercio de Farinha de Minhoca.) Grupo Worms Argentina. <http://www.wormsargentina.com/espanol/harina.html>. [En línea] Consultado el 18 de Febrero del 2010 a las 5:00pm

Witting de Penna Emma, 2001. Evaluación sensorial un a metodología actual para tecnología de alimentos. Edición digital con autorización del autor disponible en: [[http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ib/ciencias\\_quimicas\\_y\\_farmaceuticas/wittinge01/index.html](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ib/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/wittinge01/index.html)].consultado el día 10 de octubre del 2010 a las 4:30 pm.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Formato de evaluación sensorial

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

#### Muestras de tortillas

Instrucciones: Prueba cada una de las muestras e indica cual es de tu mejor agrado: considerando que 1=menos agradable y 4= es más agradable. Recuerda no tragarte la muestra hay que desecharla y después de probar cada muestra hay que enjuagarse la boca y desechar el agua en el recipiente grande de unicef.

CARACTERÍSTICA	MUESTRAS			
	6224	5770	7686	9724
Apariencia				
Textura (rollabilidad)				
Olor				
Sabor				

¡GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN!

---

**Anexo 2. Resultado de la prueba de Análisis de Varianza para la Variable Apariencia**

		ANVA			
	Clase	Nivel	Información		
	Clase	Niveles	Valores		
	Tratamientos	4	1 2 3 4		
		Numero de observaciones	248		
		El ANVA procedimiento			
	Variable Dependiente	Apariencia			
Fuente	DF	Suma de Cuadrados	MS	F Valor	Pr>F
Modelo	3	84.6129032	28.2042011	29.75	<.0001
Error	244	231.3225806	0.9480434		
Total	247	315.9354839			
R-Cuadrada	Coef. de Variación	Raíz MSE	Media Apariencia		
0.267817	38.69735	0.973675	2.516129		
Fuente	DF	ANVA SS	MS	F valor	Pr>F
Tratamiento	3	84.61290323	28.20430108	29.75	<.0001



### Anexo 3. Prueba de Rango Múltiple de Duncan Apariencia.

ANVA			
Prueba de Rango Múltiple Duncan (Apariencia )			
Nota. Esta prueba controla la tasa de error tipo I por comparación, no la tasa de error por experimento			
Alpha	0.05		
Error de grados de libertad	244		
Error cuadrado de medias	0.948043		
numero de medias	2	3	4
rangos críticos	.3445	.3626	.3747
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes			
Duncan agrupación	Medias	N	Tratamiento
A	3.4839	62	1
B	2.4677	62	2
C	2.0968	62	3
C	2.0161	62	4

### Medias de los tratamientos en la Variable Apariencia.

	Apariencia
Testigo	3.48
0.50%	2.46
1%	2.09
1.50%	2.01

**Anexo 4: Resultado de la Prueba de Análisis de Varianza para la Variable Textura.**

		ANVA			
	Clase	Nivel	Información		
	Clase	Niveles	Valores		
	Tratamientos	4	1 2 3 4		
		Numero de observaciones	248		
		El ANVA procedimiento			
	Variable Dependiente	Textura			
Fuente	DF	Suma de Cuadrados	MS	F Valor	Pr>F
Modelo	3	7.6572581	2.5524194	2.31	0.0771
Error	244	269.8548387	1.1059625		
Total	247	277.5120968			
R-Cuadrada	Coef. de Variación	Raíz MSE	Media Textura		
0.267817	38.69735	0.973675	2.516129		
Fuente	DF	ANVA SS	MS	F valor	Pr>F
Tratamiento	3	7.65725806	2.55241935	2.31	0.0771

**Anexo 5: Medias de los tratamientos en la Variable Textura.**

	Textura
Testigo	2.95
0.50%	2.79
1%	2.56
1.50%	2.51

**Anexo 6. Resultado de la Prueba de Análisis de Varianza para la Variable Olor.**

		ANVA			
	Clase	Nivel	Información		
	Clase	Niveles	Valores		
	Tratamientos	4	1 2 3 4		
		Numero de observaciones	248		
		El ANVA procedimiento			
	Variable Dependiente	Olor			
Fuente	DF	Suma de Cuadrados	MS	F Valor	Pr>F
Modelo	3	35.3064516	11.7688172	10.45	<.0001
Error	244	274.741936	1.1259915		
Total	247	310.048387			
R-Cuadrada	Coef. de Variación	Raíz MSE	Media Olor		
0.113874	40.99059	1.061127	2.58871		
Fuente	DF	ANVA SS	MS	F valor	Pr>F
Tratamiento	3	35.3064516	11.7688172	10.45	<.0001

### Anexo 7. Resultado de la Prueba de Duncan para la Variable Olor.

ANVA			
Prueba de Rango Múltiple Duncan ( Olor)			
Nota. Esta prueba controla la tasa de error tipo I por comparación, no la tasa de error por experimento			
	Alpha	0.05	
	Error de grados de libertad	244	
	Error cuadrado de medias	1.125992	
	Numero de medias	2	3
	rangos críticos	.37554	.3952
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes			
	Duncan agrupación	Medias	N
	A	3.1452	62
	B	2.7097	62
C	B	2.3387	62
C		2.1613	62
			Tratamiento
			1
			2
			3
			4

### Medias de los tratamientos en la Variable olor.

	Olor
Testigo	3.14
0.50%	2.70
1%	2.33
1.50%	2.16

**Anexo 8. Resultado de la Prueba de Análisis de Varianza para el Sabor.**

ANVA					
	Clase	Nivel	Información		
	Clase	Niveles	Valores		
	Tratamientos	4	1 2 3 4		
		numero de observaciones	248		
		EI ANVA procedimiento			
	Variable Dependiente	Sabor			
Fuente	DF	SM	M S	F Valor	Pr>F
Modelo	3	83.1733871	27.7244624	30.38	<.0001
Error	244	223.4354839	0.9157192		
Total	247	306.608871			
R-Cuadrada	Coef. de Variación	Raíz MSE	Media Sabor		
0.271269	40.15553	0.956932	2.38306		
Fuente	DF	ANVA SS	MS	F valor	Pr>F
Tratamiento	3	83.1733871	27.72446237	30.28	<.0001

### Anexo 9. Resultado de la Prueba de Duncan para la Variable Sabor.

ANVA			
Prueba de Rango Múltiple Duncan (Sabor)			
Nota. Esta prueba controla la tasa de error tipo I por comparación, no la tasa de error por experimento			
Alpha	0.05		
Error de grados de libertad	244		
Error cuadrado de medias	0.915719		
Numero de medias	2	3	4
Rangos críticos	.3385	.3564	.3683
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes			
Duncan agrupación	Medias	N	Tratamiento
A	3.2419	62	1
B	2.5484	62	2
C	2.0323	62	3
C	1.7097	62	4

### Medias de los tratamientos en la Variable Sabor.

	Sabor
Testigo	3.24
0.50%	2.54
1%	2.03
1.50%	1.70