



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS TABASCO**

**POSTGRADO EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO**

**EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE HARINA DE MALANGA Y MAÍZ  
PARA ELABORAR TORTILLAS**

**LETICIA DEL CARMEN VÁZQUEZ LÓPEZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**H. CÁRDENAS, TABASCO**

**2013**

La presente tesis, titulada: **Evaluación de mezclas de harina de malanga y maíz para elaborar tortillas** realizada por la alumna: **Leticia Del Carmen Vázquez López**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRIA EN CIENCIAS

POSGRADO EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



---

DR. ADOLFO BUCIO GALINDO

DIRECTOR DE TESIS:



---

DR. GERONIMO ARAMBULA VILLA

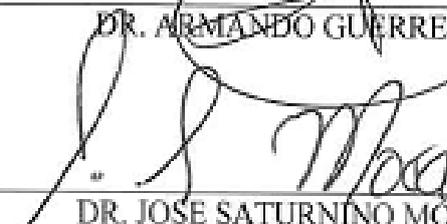
ASESOR:



---

DR. ARMANDO GUERRERO PEÑA

ASESOR:



---

DR. JOSÉ SATURNINO MORA FLORES

H, Cárdenas Tab, 20 de Marzo 2013

## RESUMEN

Las tortillas son el principal producto alimenticio en México y forma parte de la dieta de todos los estratos sociales. Actualmente se puede elaborar tortillas a base de mezclas con otros alimentos; como por ejemplo: tortillas con frijol, amaranto, nopal o tritical. En algunos casos se usan otros ingredientes para agregarle valor, ya sea como alimento funcional o introducción de sabores. El objetivo de esta investigación fue estudiar las características físicas, químicas y sensoriales de tortillas elaboradas con mezclas de malanga y maíz para determinar en qué proporción la malanga puede ser sustituida sin afectar la calidad de la tortilla. Se elaboró harina de maíz y malanga. Las harinas de maíz y malanga fueron mezcladas para obtener los siguientes 5 tratamientos T1= 100/0, T2= 70/30, T3= 50/50, T4= 30/70 y T5= 0/100, % de malanga y maíz respectivamente; siendo T5 el control 100 % maíz. Las variables de respuesta determinadas fueron en el maíz: tamaño del grano, peso de mil granos, peso hectolítrico y dureza del grano. En harina: se determinó el índice absorción de agua, índice de solubilidad de agua, actividad de agua, humedad, perfil de viscosidad amilográfica (viscosidad máxima y de retrogradación), entalpía de gelatinización, capacidad calorífica, temperatura inicial, pico y final de gelatinización. En masa: adhesión, cohesión, rendimiento de masa y humedad. En tortillas: grado de inflado, pérdida de peso durante la cocción, rolabilidad, humedad y rendimiento. Se determinó color y textura de tortillas a tres tiempos de almacenamientos. Se le realizó un estudio de consumo en base a descriptores sensoriales a los tratamientos de tortillas, que más se acercaron al control. Después de analizar todas las variables de las harinas, masa y tortillas, se observó que el tratamiento que más se acerca al control en las características físicas, fisicoquímicas, térmicas, en harinas, en masas, en tortillas y tiempo de almacenamiento fue el tratamiento T4 30/70. Con base en los resultados se puede concluir que la mezcla de harinas 30/70 (tratamiento T4) puede ser usada para producir tortillas sin afectar preferencias. Con el análisis sensorial, se logró identificar que los atributos de mayor importancia para la aceptabilidad sensorial de los consumidores fueron rolabilidad, facilidad para masticar y el sabor. Las tortillas de los tratamientos T3 50/50 y T4 30/70 también fueron aceptadas por los consumidores, ya que los atributos fueron muy similares a los de las tortillas comerciales.

## ABSTRACT

Roots and tubers may be in some extent and alternative to cereal imports. Since ancient times, corn, the edible part of maize (*Zea mays* L.) has been one the main crops consumed by man in Mexico. A product made with corn is tortilla, commonly eaten by all the social classes in central America and Mexico.

Other ingredients may be mixed with corn flour to make tortillas. For instance bean, amaranth, nopal, o triticale. In most of cases, these mixtures have the purpose to add value to tortillas through enhancing the nutritional quality of tortilla or just by adding new flavors for the consumers.

The aim of this Thesis was to study the physical, chemical and sensory preferences of tortillas made by mixtures of taro flour and maize flour to determine the maximum percentage level of substitution of maize flour by taro without compromise tortillas quality.

Taro flour and maize flour were mixed to obtain the following five treatments: T1= 100/0, T2= 70/30, T3= 50/50, T4= 30/70, T5= 0/100 of taro and maize flour respectively.

Variables studied in maize were the following: size of grain, weight of a thousand grains, weight in a hundred liter and hardness of the grain.

Flours were studied by the following variables: water absorption index, water solubility index, water activity, amilograph profile, viscosity index (maximum viscosity and retrogradation), enthalpy of gelatinization, heat capacity, minimum temperature for gelatinization, peak temperature and maximum temperature of gelatinization. Variables measured in dough were: adhesion, cohesion, dough yield and moisture. In tortillas, variables measured were: blowing level, lose of weigh after cooking, roll ability, moisture and yield. Color and texture of tortillas were measured at three times of storage. A sensory study was carried out with the three best treatments. After analyzing all the variables of flour, dough and tortillas of the five treatments, it was found that the treatment T4 30/70 studied as flour, dough and tortillas showed the closest value to T5 (100% maize) and the best physical, chemical characteristics and storage time. This mixture can be used to make tortillas without compromising quality and sensory preferencias. With sensory studies it was observed that roll ability, chewing easiness, and flavor were the attributes considered by the consumer as of the utmost importance for sensory preferencias. Tortillas made in the treatment T3 50/50 and T4 30/70 had also good scores of acceptability for the consumers having as reference commercial tortillas.

## AGRADECIMIENTOS

**Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y la Universidad Autónoma de Tabasco (UJAT)**, por el financiamiento otorgados para la realización de este estudio de maestría.

**Al Colegio de Posgraduados Campus Tabasco** por permitirme realizar mis estudios de posgrado dentro del programa de Producción Agroalimentaria en el Trópico.

**Al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav-I.P.N)Unidad Querétaro,Qro.**, por las facilidades que me brindaron para la realización de mi estancia en el laboratorio de materiales orgánicos para la realización de la tesis.

**A mi director de tesis: Dr. Gerónimo Arámbula Villa** por la disponibilidad de tiempo y por trasmitirme sus enseñanzas, y dirigir el desarrollo de la tesis.

**A mi consejero: Dr. Adolfo Bucio Galindo**por sus enseñanzas, su apoyo incondicional, buenos consejos, confianza e incontable tiempo dedicado.

**Dr. Armando Guerrero Peña y Dr. José Saturnino Mora Flores; integrantes de mi consejo particular** por sus valiosas aportaciones paramejorar la presente investigación.

**Dra. Marcela Gaytan Martínez, M.C. José Juan Vélez Medina.** Encargados del laboratorio 7 del CINVESTAV-I.P.N, Unidad Querétaro por su apoyo y orientación brindada en el manejo de equipos.

**Dr. José Andrés Herrera Corredor**por su orientación y dirigir la parte de análisis sensorial. De forma general agradezco a los compañeros investigadores, del Colegio y del Cinvestav, que me orientaron con sus valiosas enseñanzas y aportaciones, para mejorar esta investigación.

**Agradezco a Dios, por permitirme concluir esta investigación, a mi esposo, por su apoyo incondicional, a mi mamá y hermanos por el cariño y ayuda incondicional, gracias por cuidar a Paulo.**

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS**

Por permitirme realizar esta investigación, por la fortaleza que me da cada día, yAcompañarme siempre.

**A mi hijo:** Por ser mi motor que me impulsa a seguir cada día, porque me acompaño parte de la investigación, en mi vientre, pero sobre todo, porque eres el regalo más valioso, que me dio Dios.

**A mi esposo:** Compañero y cómplice que me dio ánimo y fuerzas para seguir con este proyecto.

**A mi mamá:** Por el ejemplo de lucha que me ha dado para lograr mis metas, por el apoyo incondicional en los momentos difíciles de mi vida.

### **A mis hermanos:**

Evelin y Armando, Por su cariño, ayuda, confianza y comprensión

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>v</b>
<b>I INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. MARCO TEORÍCO</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Generalidades de las harinas</b>	<b>3</b>
2.1.1 Características Organolépticas	3
2.1.2 Fibra dietética y almidones en las harinas	4
<b>2.2 Tortillas</b>	<b>7</b>
2.2.1 Evaluación de la calidad de las tortillas de maíz	8
<b>2.3 Malanga</b>	<b>9</b>
2.3.1 Caracterización botánica	9
2.3.2 Origen de la malanga	11
2.3.3 Clima y suelo	11
2.3.4 Ciclo reproductivo y cultivares	12
2.3.5 Composición de la malanga	13
2.3.6 Información nutricional	13
2.3.7 Producción	14
2.3.8 Alternativas de consumo y procesamiento	15
2.3.9 Contraindicaciones	16
<b>2.4 El maíz</b>	<b>16</b>
2.4.1 Clasificación botánica	16
2.4.2 Origen del maíz	17
2.4.3 Clasificación y composición del grano de maíz	17
2.4.4 Producción y consumo	18
<b>3. JUSTIFICACION</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Justificación</b>	<b>20</b>
<b>4. OBJETIVOS</b>	<b>21</b>
<b>4.1 Objetivo general</b>	<b>21</b>

<b>4.2 Objetivos específicos</b>	<b>21</b>
<b>5. MATERIALES Y METODOS</b>	<b>22</b>
<b>5.1 Materia prima</b>	<b>22</b>
<b>5.2 Características físicas del grano de maíz.</b>	<b>22</b>
5.2.1 Tamaño del grano	22
5.2.2 Peso de 1000 granos.	22
5.2.3 Peso hectolítrico.	22
5.2.4 Dureza del grano.	23
<b>5.3 Obtención y mezclado de las harinas de malanga y maíz</b>	<b>23</b>
5.3.1 Obtención de la harina de malanga	23
5.3.2 Obtención de la harina de maíz nixtamalizado	24
5.3.3 Mezclado de las harinas de malanga y maíz nixtamalizado	25
<b>5.4 Características fisicoquímicas de las harinas</b>	<b>26</b>
5.4.1 Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad en agua (ISA)	26
5.4.2 Humedad	26
5.4.3 Color	26
5.4.4 Actividad de agua (aw).	27
5.4.5 Propiedades reológicas de las harinas y viscosidades	27
5.4.6 Caracterización térmica	28
<b>5.5 Caracterización de la masa</b>	<b>29</b>
5.5.1 Capacidad de absorción de agua (CAA)	29
5.5.2 Adhesión y cohesión	29
5.5.3 Rendimiento de la masa	30
<b>5.6 Elaboración y caracterización de tortillas de malanga y maíz</b>	<b>30</b>
5.6.1 Elaboración de tortillas	30
5.6.2. Grado de inflado	31
5.6.3. Pérdida de peso después de la cocción de la tortilla	31
5.6.4. Rendimiento de tortillas	32
5.6.5 Rolabilidad	32
5.6.6 Resistencia a la tensión de las tortillas	32
5.6.7 Resistencia al corte en tortillas	33
5.6.8 Color de las tortillas	33
<b>5.7 Evaluación de la vida útil en tortillas</b>	<b>34</b>
<b>5.8 Evaluación sensorial</b>	<b>34</b>
5.8.1 Metodología para la evaluación sensorial de las tortillas	35

<b>5.9</b>	<b>Análisis estadístico</b>	<b>39</b>
5.9.1	Diseño experimental	39
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>40</b>
6.1	Características físicas del grano del maíz	40
6.2	Características fisicoquímicas de las harinas de malanga y maíz	40
6.3	Características térmicas de las harinas de malanga y maíz	43
6.4	Caracterización reológica de las harinas y tortillas de malanga y maíz nixtamalizado	44
6.5	Características de masas de malanga y maíz	47
6.6	Características físicas y fisicoquímicas de tortillas de malanga y maíz	49
6.7	Características de color y textura de tortillas de malanga y maíz, nixtamalizado evaluadas a tres tiempos de almacenamiento	51
6.8	Evaluación sensorial de las tortillas de malanga y maíz nixtamalizado	55
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>61</b>
<b>8.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>62</b>
<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>63</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición proximal de diferentes fuentes vegetales con las que se producen harinas para consumo humano.....	13
Cuadro 2. Composición química de 100g de porción comestible de malanga .....	13
Cuadro 3. Composición química del grano de maíz.....	18
Cuadro 4. Mezclas de harinas de malanga y maíz nixtamalizado evaluadas.....	25
Cuadro 5. Escala hedónica de 9 puntos utilizados para evaluar tortillas. ....	35
Cuadro 6. Características físicas del grano de maíz. ....	40
Cuadro 7. Características físicas y fisicoquímicas de las mezclas de harinas de malanga y maíz .....	43
Cuadro 8. Características térmicas de mezclas de harina de malanga y maíz nixtamalizado. ....	44
Cuadro 9. Características de masas elaboradas con mezclas de harinas de malanga y maíz en diferentes proporciones.....	49
Cuadro 10. Características físicas y fisicoquímicas de tortillas elaboradas con mezclas de harinas de malanga y maíz nixtamalizado en diferentes proporciones.....	51
Cuadro 11. Parámetros de color de tortillas elaboradas con mezclas de harinas de malanga y maíz nixtamalizado a tres tiempos de almacenamiento.....	52
Cuadro 12. Tensión y corte de tortillas elaboradas con mezclas de harinas de malanga y maíz nixtamalizado a tres tiempos de almacenamiento.....	54
Cuadro 13. Resultados de la prueba de preferencias general de tortillas elaboradas con harinas de malanga y maíz nixtamalizado.....	56
Cuadro 14. Grado de aceptación de atributos sensoriales de tortillas elaboradas con harina de malanga/maíz nixtamalizado. ....	59
Cuadro 15. Estructura canónica de grupos discriminantes de tortillas elaboradas con harina de malanga/maíz nixtamalizado.....	60

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales partes estructurales del grano de maíz ( <i>Zea mays L.</i> ) (Cruz, 2005). ....	18
Figura 2. (Texture analyzer XT2). .....	23
Figura 3. Etapas de elaboración de la harina de malanga. ....	24
Figura 4. Etapas de elaboración de la harina de maíz. ....	25
Figura 5. Escala cromática L, a, b y Colorímetro Hunter Lab. ....	27
Figura 6. Equipo Rapid Visco Analyzer (RVA). ....	28
Figura 7. Calorímetro diferencial de barrido. ....	29
Figura 8. Determinación de la adhesión y cohesión de masa con el TextureAnalyzer TA-XT2. .....	30
Figura 9. Etapas para la elaboración de la tortilla. ....	31
Figura 10. Tensión de las tortillas utilizando el TextureAnalyzer TA-XT2. ....	33
Figura 11. Corte de las tortillas utilizando el TextureAnalyzer TA-XT2. ....	33
Figura 12. Tortillas utilizadas para determinación de color .....	34
Figura 13. Perfil de amilográfico de harinas de malanga y maíz y mezclas en diferentes proporciones. ....	46
Figura 14. Perfil de amilográfico de tortillas elaboradas con mezclas de harinas de malanga y maíz en diferentes proporciones. ....	47
Figura 15. Color de tortillas de malanga y maíz de todos los tratamientos a tres tiempos de almacenamiento. ....	53
Figura 16. Fuerza a la tensión, de tortillas elaboradas con harinas de malanga/maíz en diferentes proporciones, evaluadas a diferentes tiempos de almacenamiento. ....	54
Figura 17. Fuerza al corte de tortillas elaboradas con harinas de malanga/maíz en diferentes proporciones, evaluadas a diferentes tiempos de almacenamiento. ....	55
Figura 18. Desarrollo del análisis sensorial de las tortillas malanga/maíz nixtamalizado. ....	56

## I INTRODUCCIÓN

Desde hace siglos, el maíz (*Zea mays* L.) es la base de la alimentación en México debido a que es la materia prima, básica con que se elabora la tortilla; la cual, es una excelente fuente de calorías por su alto contenido de almidón. Desafortunadamente, la tortilla de maíz carece de una buena calidad proteica y de niveles adecuados de micronutrientes (Vázquez *et al.*, 2011).

Los cultivos de raíces y tubérculos tienen una importante contribución a la seguridad alimentaria en los países en desarrollo. En su mayor parte estos cultivos son sembrados en los huertos familiares o por pequeños agricultores. Hay muchas formas de mejorar el uso tradicional de estos cultivos introduciéndolo a una amplia gama de mercados de alimentos para humanos y para animales. La clave para aprovechar el potencial de estos cultivos es establecer vínculos entre los pequeños productores y mercados emergentes. En la actualidad existen numerosas barreras que lo separan. Las raíces son perecederas y voluminosas para superar estos obstáculos se requiere de estrategias apropiadas y de tecnología para el procesamiento y utilización de dichas raíces (Centro internacional de agricultura tropical)(CIAT, 2002).

Sin embargo, las raíces y tubérculos representan una alternativa para solventar el problema de la alimentación a nivel mundial y en especial en los países tropicales donde tradicionalmente se cultivan y consumen; con objeto del incremento en la dependencia de cereales importados que cada vez resulta más insostenible en los países subdesarrollados (FAO, 1998; Montaldo, 2004). Sin embargo, con la excepción de la papa (*Solanum tuberosum* L.) y yuca (*Manihot esculenta* Crantz), las raíces y los tubérculos han sido poco considerados desde el punto de vista de la alimentación y la nutrición (Pino, 2003), desconociéndose en algunos casos hasta sus características físicas. En general, su estudio es exiguo y el cultivo de éstos se realiza en forma artesanal, por lo que su comercialización es prácticamente nula (FAO, 1993). La transformación de estos materiales en harinas deshidratadas constituyen una alternativa para preservar estos tubérculos con objeto de disminuir las pérdidas postcosecha, y mantener una reserva y sistema de comercialización estables; que garanticen el suministro de estos productos todo el año. La utilización de estos productos, puede ser sola o en combinación con otros alimentos que complementen sus deficiencias nutricionales, o en su defecto que estos sean el complemento de otros ya en uso. Para su uso como ingrediente en el desarrollo de nuevos productos y la promoción de canales de comercialización, sus propiedades deben estudiarse y caracterizar sus harinas, existe muy poca información al

respecto. Por otro lado, se puede aseverar que su utilización como materias primas en la elaboración de productos tradicionales, o en el desarrollo de nuevos productos es una forma también de incentivar la producción y demanda de estos tubérculos y no sólo para consumo por la población, sino también como materia prima para la industria de alimentos, ofertando nuevos productos al consumidor (Pérez, 2001). Al respecto la *Colocasia esculenta*(L.) Schott, o malanga presenta muchas ventajas, entre ellas: facilidad de producción, producción a bajo costo, poca afectación por parte de competidores bióticos, amplia difusión en diferentes ecosistemas del país, elevados rendimientos, productos estables en condiciones ambientales y un apreciable valor nutricional de sus tubérculos. Estas características convierten a estos productos agrícolas a los cuales se les debe dedicar mayor esfuerzo en la investigación, para incrementar su aprovechamiento agroindustrial, y así alcanzar una mayor jerarquía en la agricultura mundial (Pino, 2003).

## **2. MARCO TEORÍCO**

### **2.1 Generalidades de las harinas**

La diversificación de usos de harinas, distintas a la del trigo, para panificación se ha desarrollando recientemente con el fin de reducir costos. Además, la elaboración de harinas permite conservar muchas materias primas y productos resultantes, que haciendo uso de esta presentación pueden ser conservados por varios meses.

Harinas de diferentes orígenes como la de yuca, arroz, cebada, soya, triticale, etc., han sido utilizadas como aditivos alimentarios; así, en el área de panificación son utilizadas como suplementos de la harina de trigo, obteniendo productos más diversificados, con características sensoriales y texturales diferentes (Jiménez, 2012)

De acuerdo con el CODEX STAN 152-1985 la harina se refiere al polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón. La elaboración de harinas permite conservar materias primas sin deterioro en condiciones ambientales, debido a su baja cantidad de agua.

Las harinas son alimentos ricos en carbohidratos cuya función principal es proporcionar la energía que necesita el organismo para su funcionamiento, y para que pueda llevar a cabo todas las actividades diarias. Las harinas forman parte del grupo de alimentos energéticos y tienen un papel importante en el contexto de una alimentación balanceada, siendo su aporte alrededor del 55 % del total de las calorías que una persona debe consumir. En el grupo de las harinas se encuentran los tubérculos como la papa, la yuca, el camote; los cereales como el trigo, la avena, la cebada, el centeno, maíz y el arroz y las leguminosas como frijol, garbanzo y lentejas, que poseen una importante cantidad de carbohidratos, además de proteínas (Jiménez, 2012).

#### **2.1.1 Características Organolépticas**

Las harinas deben ser suaves al tacto y al cogerla con la mano debe tener “cuerpo” pero sin formar conglomerado, ya que indica que es una harina con bastante humedad. No debe tener mohos, ni estar rancia, lo cual, corresponda características de que son harinas viejas o que están mal conservadas. (NMX-F-007-1982). Si una harina tiene un sabor amargo, suele ser de semillas adventicias. Por lo tanto, una buena harina debe ser; con color marfil o crema, no debe tener moho, no debe tener olores anormales, que sea suave al tacto, que no tenga acidez, amargor o dulzor.

Las condiciones generales para mantener una harina con buena calidad son:

- 1) Estar en perfectas condiciones de color, sabor y olor.
- 2) Proceder de materias primas que no estén alteradas, adulteradas ni contaminadas.
- 3) Estar exenta de gérmenes patógenos, toxinas y microorganismos perjudiciales (bacterias, mohos).
- 4) No sobre pasar límites de plagas.
- 5) Disminuir el contenido de agua y con ella la actividad de agua.

Las harinas presentan una serie de ventajas y desventajas. Las principales desventajas son atribuidas a un mayor costo, y una menor calidad de los productos tradicionales. En general, una harina instantánea ofrece propiedades uniformes para su procesamiento lo que la hace deseable y segura para su utilización; además de incrementar los usos. Con esta base se vislumbra que la producción de harinas instantáneas, aumentará en los próximos años. (Bedolla y Rooney, 1984).

### **2.1.2 Fibra dietética y almidones en las harinas**

Las harinas tienen un alto contenido de almidón, pero también contienen sustancias conocidas como fibra las cuales tienen la característica de que no son digeridas por el humano. Existe una gran diversidad de compuestos que no son digeribles, por lo que son muchos los esfuerzos realizados para lograr una definición de fibra dietaria. Por otra parte, se dispone de diferentes criterios analíticos y fisiológicos, y aun de denominación que han sido adoptados por distintos investigadores. La AACC (*American Association of Cereal Chemists*) estableció en 2001 una definición según la cual “FD es la parte comestible de las plantas o CHO análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado humano, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso”. La FD incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas. La FD promueve efectos fisiológicos benéficos, que incluyen laxación, o disminución de la colesterinemia o de la glicemia” (AACC 2001). Como se puede observar, esta definición amplía el contenido de la FD a los CHO análogos, es decir, aquellos que se originan por procesos químicos, físicos o enzimáticos. Además, se explicitan los beneficios fisiológicos que deben aportar para ser considerados como fibra. “La FD consiste en materias comestibles no digeribles que se encuentran naturalmente en los alimentos, que se componen de polímeros de CHO con un grado de polimerización (DP) inferior a 3, o de polímeros de CHO con un grado de polimerización (DP)  $\geq 3$ , obtenidos de

materia prima alimentaria por medios físicos, enzimáticos o químicos u obtenidos por síntesis. La FD no es digerida ni absorbida en el intestino delgado y acusa, al menos, alguno de los siguientes efectos fisiológicos beneficiosos:

- Incrementa la defecación.
- Estimula la fermentación en el colon.
- Reduce el nivel de colesterol o de LDL.
- Reduce los niveles de glucosa o insulina.

El Instituto de Medicina que depende de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos (National Academies Press, 2005) propuso nuevas definiciones como: “fibra funcional”, que son los CHO no digeribles aislados que presentan un efecto benéfico fisiológico conocido, y “fibra total”, que es la suma de la FD más la fibra funcional.

El avance de los estudios sobre las propiedades y nuevas fuentes de FD se ha visto favorecido por el avance en el desarrollo de metodologías analíticas que permiten determinar compuestos indigeribles. Las dextrinas resistentes son productos relacionados con el almidón resistente que se obtienen tratando el almidón con calor y ácido, seguidos de un proceso enzimático. La povidona es otro compuesto que al no ser hidrolizado en el intestino delgado, puede formar parte de la FD. Es obtenida por polimerización térmica de la glucosa con ácido cítrico como catalizador y sorbitol como plastificante. Se usa como agente de volumen y humectante en formulaciones en las que se eliminan o reemplazan las grasas y el azúcar. Los oligosacáridos no digeribles son compuestos de bajo PM, entre 3 y 9 unidades, que poseen uniones resistentes a la hidrólisis de enzimas del tracto digestivo humano, por lo que son consideradas parte de la FD desde el punto de vista fisiológico, pero al no ser cuantificadas por los métodos tradicionales de análisis, no se las incluía en la definición. Actualmente, la evidencia indica que se ubican dentro de esta fracción (AACC 2001).

Entre los oligosacáridos de interés destacan:

- Galacto-oligosacáridos o transgalacto-oligosacáridos sintéticos: se obtienen a partir de lactosa por transglucosilación mediante la  $\beta$ -galactosidasa.
- Galacto-oligosacáridos de la soja y otras leguminosas: comprenden a la rafinosa (DP3), la estaquiosa (DP4) y la verbascosa (DP5). Se obtienen del suero en el proceso de aislamiento

de la proteína de soya. Son a-galacto-oligosacáridos los cuales, debido a que el intestino humano carece de a-galactosidasas, resisten la hidrólisis y llegan al colon.

- Fructanos: se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza en plantas, algas, bacterias y hongos. Su conocimiento ha sido escaso, debido a la dificultad de su determinación analítica. En los vegetales se almacenan como CHO de reserva en distintos órganos como hojas, raíces, tubérculos, rizomas y frutos. A los fructanos se les adjudican otras funciones, además de las de reserva, frente al predominio del almidón, que cumple ese objetivo en un mayor número de especies. Se ha sugerido que contribuyen a la estabilidad de proteínas y membranas durante el proceso de desecación, reemplazando la capa de hidratación. Esta función puede estar relacionada con la flexibilidad estructural que poseen los fructanos, que los hace únicos entre todos los polisacáridos (Pontis, 1985).

Los almidones se encuentran en los alimentos, que antes de consumirse deben ser procesados, con excepción de la mayor parte de las frutas. Cuando se cuecen en agua, se altera la estructura semi cristalina, de los gránulos, dando lugar a la gelatinización, que es un proceso con una pérdida irreversible de la región cristalina que lo hace más sensible a la reacción enzimática. Los gránulos no se disuelven durante el procesamiento, quedando como una dispersión. Por otra parte en el proceso de extracción se forman enlaces covalentes entre almidón y lípidos o proteínas, produciendo una disminución de la velocidad de digestión, aunque predomina la gelatinización.

Las formas de consumo de los alimentos que mantienen la integridad del almidón, por ejemplo granos enteros como maíz, y leguminosas como el frijol, hacen más lenta la velocidad de digestión; en cambio el consumo de alimentos refinados, como arroz pulido, harina de trigo refinada y leguminosa en formas de harinas, facilitan una rápida digestión (Elliasson y Gudmundson, 1996). En los alimentos que se consumen en forma de harinas es importante el tamaño de partícula, ya que el material más fino, es el mejor digerido por las enzimas digestivas (Holt, 1994).

Con base en las diferencias en la velocidad de digestión se han propuesto varias clasificaciones, así Englyst *et al.* (1992) propusieron una clasificación basada en la repuesta glicémica que se obtiene luego de la hidrólisis. Estos autores propusieron clasificar a los almidones en:

- Rápidamente digeribles (20 min), abundantes en alimentos recién cocidos.
- Lentamente digeribles (120 min), abundantes en cereales crudos o molidos.

También los almidones se clasificaron en varios tipos con base en su resistencia a ser degradados. Tipo AR1, es el almidón atrapado físicamente dentro de estructuras, como las paredes celulares, vegetales que lo hacen inaccesibles a las enzimas intestinales. Se presenta en los granos de cereales parcialmente molidos y en las leguminosas.

Tipo AR2, cristalizado, no puede ser atacado enzimáticamente si no gelatiniza previamente. Se presenta en las papas crudas, plátano verde y la harina de maíz.

Tipo AR3, retrogradado, cambia su conformación frente a fenómenos, físicos como el calor y el frío, lo que produce su resistencia a la degradación enzimática intestinal, se suele presentar en alimentos, tras la cocción y posterior enfriamiento, como el pan, los copos de cereales, las papas cocidas. Su contenido aumenta cuando el alimento se somete a ciclos de calentamiento y enfriamiento.

## **2.2 Tortillas**

La tortilla es uno de los principales productos alimenticios de México y centro América. En la República Mexicana forma parte de la dieta de todos los estratos sociales, con un consumo anual aproximado de 12 millones de toneladas (INEGI, 2000). La tortilla es un disco aplanado de masa de maíz nixtamalizado, cuyas dimensiones varían de 1.2 a 2 mm de espesor, y de 12 a 18 cm de diámetro. Esta se prepara a partir de masa nixtamalizada sometida a cocción sobre una superficie metálica a temperaturas aproximadas de 260 a 280 °C. Generalmente se prefiere el maíz blanco para la elaboración de tortillas (Vázquez, 1990). Aunque el consumo de este producto es alto, no existe homogeneidad en las características de calidad final de las tortillas producidas comercialmente. Esta variabilidad se debe, en parte, a la falta de control de calidad, a la baja calidad del grano, la utilización de equipo de proceso obsoleto y la deficiencia en equipos, métodos y técnicas probadas para determinar objetivamente las características de textura de las tortillas. La tortilla fue sin duda uno de los primeros productos procesados con maíz, un producto alimentario que tenía la versatilidad de acompañar a los demás alimentos y aún seca era comestible, no se descomponía y era también fácil de hidratar. Fue tan hábil, exitosa y apropiada la creación de la tortilla, que ha perdurado hasta nuestros días, y su producción se ha ido modernizando para adaptarse a los niveles de progreso de las sociedades modernas (Véles, 2004). El maíz es el alimento principal de la población mexicana; principalmente en su forma de tortilla; llegando a ser el producto con mayor consumo per cápita del país; además de que representa una fuente

importante de calorías (hasta el 70% de la energía total) y proteínas (50% del consumo total proteico en poblaciones indígenas), pero con una proteína de calidad deficiente y niveles inadecuados de micronutrientes como hierro y Zinc; vitamina A, vitamina D, vitamina E y B12 (Serna-Saldivar, 2008; Amaya-Guerra, 2003). Actualmente se pueden encontrar tortillas, elaboradas a base de mezclas de algún otro alimento, como por ejemplo, tortillas con frijol, amaranto, nopal, triticale, en la mayoría de los casos el objetivo de las mezclas es para hacer que la tortilla sea un alimento con propiedades benéficas para la nutrición de quienes las consumen. Por lo tanto, la tortilla de maíz nixtamalizado combinada con harinas ricas en proteína y micronutrientes podría ser una forma de evitar diversos problemas causados por la deficiencia de nutrientes.

### **2.2.1 Evaluación de la calidad de las tortillas de maíz**

La calidad de un producto alimenticio es la combinación de atributos, sean medibles o no, que los consumidores identifiquen sensorialmente en dicho producto y que determina el grado de aceptación y condiciona su valor comercial (Reyes *et al.*, 1992). Los atributos físicos de la calidad de la tortilla de maíz son: (Ordáz y Vázquez, 1997).

1. Rolabilidad o flexibilidad, es la característica que evalúa la facilidad para la formación del taco o forma de cuchara.
2. Firmeza, tal que permite que esta se pueda consumir sola o sosteniendo otros alimentos de variadas texturas sin que sufra ruptura alguna.
3. Masticabilidad, esto es que no se adhiera a los dientes o al paladar.
4. Color, blanco- amarillento es el de preferencia general, aun cuando existen consumidores que las prefieren de colores (azules, rojas entre otras).
5. Estabilidad y aspecto higiénico propios de un producto libre de contaminación microbiana
6. Capacidad para restituir parcialmente sus cualidades de textura originales, cuando se calienta para su consumo.
7. Otras características generales como son sabor y aroma característicos, así como ausencia de defectos físicos.

La textura es un factor de aceptabilidad sensorial importante para la aprobación de los alimentos por parte del consumidor. Las propiedades texturales de un alimento, son el grupo de características físicas, que depende de los elementos estructurales del material y se

relaciona con la deformación, desintegración y flujo por la aplicación de una fuerza (Bourne, 1982).

Las variables de calidad son los atributos del producto y están fuertemente influenciados por el proceso utilizado, y que determina la calidad final de la tortilla (Almeida y Rooney, 1996).

## **2.3 Malanga**

### **2.3.1 Caracterización botánica**

Nombre científico: *Colocasia esculenta* Schott

Nombre común: Malanga

Sinónimo: Dashen, taro, quiquisque, ñampi

División: Magnoliophyta

Clase: Lilipsida

Subclase: Aracidae

Orden: Arales

Familia: Araceae

Género: *Colocasia*

Epíteto específico *esculenta*

La malanga es una planta herbácea que puede medir hasta 2 m de altura, con un tallo central subterráneo de forma cilíndrica o esférica llamado cormo, el cual produce cormelos, raíces y las hojas. Existen dos variedades: la malanga, conocida mundialmente como "dashen" cuyo cormo puede medir 30 cm de largo y 15 de diámetro. Es muy poco cultivada en el país y produce estructuras pequeñas, que son lo que conocemos como el cormelo principal. En la zona Atlántica (Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán) este cultivo produce aproximadamente siete toneladas por hectárea. El tallo central es elipsoidal, subterráneo y rico en carbohidratos (18-30% en base húmeda). Del cormo central se desarrollan cormelos laterales recubiertos con escamas fibrosas. El color de la pulpa por lo general es blanco, pero también se presentan clones coloreados hasta llegar al violáceo según el clon, la forma varía de cilíndrica hasta casi esférica y el tipo de ramificación desde simple a muy ramificada. Presenta marcas transversales que son las cicatrices de la hoja con frecuencia con fibras y está cubierta por una capa corchosa delgada y suelta (Taracena, 2004).

Internamente el cormo se divide en la zona cortical y el cilindro central. La primera es angosta, de apariencia compacta, está formada por parénquima de células isodiamétricas con alto contenido de almidón. En el cilindro central el tejido básico es parénquima, pero de células más irregulares y con paredes delgadas, constituidas principalmente por almidón. Las características del almidón y el alto contenido de minerales y vitaminas, hacen de los cormos de malanga una fuente de alimento nutritivo y de alta digestibilidad. En el cilindro central se localizan también los haces vasculares, canales de mucílago y rafidios de oxalato de calcio.

Las hojas, son por general de forma peltada. Se producen en el meristemo apical del cormo y brotan arrolladas por la base formando un pseudotallo corto. Las hojas nuevas brotan enrolladas de entre los pecíolos de las hojas maduras; mientras que las hojas laterales más viejas se marchitan y secan. En los primeros seis meses el área foliar se incrementa rápidamente, para luego mantenerse estable mientras aumenta el peso de los órganos subterráneos. El pecíolo es cilíndrico en la base y acanalado en la parte superior, mostrando una coloración que varía según el clon. Es característica distintiva la presencia de líneas longitudinales amarillas o rosadas y de manchas o puntos rojizos a violáceos hacia la base. El pecíolo se inserta en la parte media del limbo de la hoja del cual se conecta directamente a los tres nervios principales; el ángulo que forma el pecíolo con la lámina es característica varietal. En algunos clones la inserción del pecíolo determina que la lámina tome una posición vertical y en otros inclinada. La proporción largo: ancho varía con el clon, de la inserción del pecíolo parte el nervio central, que termina en el ápice de la hoja y dos nervios basales. El color varía de verde-claro y verde-púrpura (Taracena, 2004).

Inflorescencias. Dos o más inflorescencias emergen del meristemo apical del cormo, entre los pecíolos de las hojas. Se forman de una hoja envolvente denominada espata que rodea el espádice. Son estructuras características de las aráceas. Del eje de éste último se insertan las flores sésiles. En la parte inferior lleva flores pistiladas las cuales no se desarrollan, se secan y desprenden. La malanga tiene una producción errática de semillas, pero se conocen casos de formación de semillas normales en numerosos sitios de su distribución geográfica (Montaldo, 1991).

### 2.3.2 Origen de la malanga

Varios autores coinciden que el origen de la malanga *Colocasia esculenta* (L.) Schoottestá en los trópicos americanos y específicamente en las zonas de las Antillas, y que luego se traslado al oeste del continente africano. Cuando los europeos llegaron al continente americano, encontraron este tubérculo desde el sur de México hasta Bolivia (Viteri, 2009)

Esta variedad *esculentap* produce un cuerpo bulboso central grande, y recibe el nombre de taro, se trata de un cultivo popular en el caribe, donde recibe el nombre de colocasia, malanga, baddoe y dasheen. Existen entre 30 a 40 especies que crecen dispersas en el trópico, de las cuales 5 a 6 son fuentes importantes de alimento. Es una planta con grandes raíces que son comestibles después de su cocimiento. La planta no tiene tallo, sus hojas son grandes, acorazonadas de 12 a 25 cm de ancho(FAO, 1990).

La malanga es fuente de energía, vitaminas e ingresos familiares paramillones de personas que viven en las regiones tropicales y subtropicales, y es considerada una de las especies de raíces y tubérculos más importante en la zona tropical de América Latina; Por ejemplo, en países como Cuba, República Dominicana y otros del caribe representa el primer alimento que las madres campesinas (de origen africano, mestizas oblanca) dan a sus pequeños como papilla después de la leche, sin embargo, donde existe una fuerte demanda para este producto es en los países afrocaribeños y asiáticos. En México, probablemente la malanga no constituyó un cultivo porque la cultura local indígena, incluyendo sus hábitos de alimentación, era amplia y muy variada, por lo que se presume permaneció por cientos de años como una planta silvestre (malanga criolla), desarrollándose y reproduciéndose por sí misma en las riveras de ríos y arroyos, teniendo consumos esporádicos por parte de los habitantes locales. Fue en los últimos años de la década de los setenta que algunos genotipos mejorados de malanga de procedencia cubana se introdujeron a México a partir de investigadores del entonces Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) en Veracruz, para observar su desarrollo en campos experimentales (Olguín-Álvarez, 2011).

### 2.3.3 Clima y suelo

**Clima:** El cultivo de malanga requiere de climas cálidos y húmedos, con una temperatura nocturna de entre 14 y 27 °C. Cuando la temperatura se eleva a 29 °C durante la noche,

entonces la tuberización se afecta considerablemente. Una temperatura que varíe entre 25 y 30°C, alta luminosidad y sin peligro de heladas, son las condiciones óptimas para este cultivo. La planta responde bien donde hay abundante humedad (1800-2500 mm/año); sin embargo puede soportar también períodos de sequía. No tolera bajas temperaturas.

**Suelo:** La malanga es una planta esencialmente tropical, se cultiva bien en altitudes bajas a medianas, no mayores de mil metros sobre el nivel del mar (msnm) y con una humedad relativa del ambiente del 70 al 80%; sin embargo, puede soportar períodos de sequía no muy largos. La malanga se desarrolla bien donde hay suficiente humedad durante el año, sin embargo no acepta el encharcamiento. El requerimiento de precipitación de lluvias está alrededor de 1500 a 2500 mm. Se da bien en suelos sueltos, arenosos, profundos, de textura media y bien drenada, y con alguna cantidad de materia orgánica. Los suelos arcillosos no son convenientes para este cultivo. El pH adecuado está entre 5.5 a 6.5. Es tolerante a cierto grado de salinidad de los suelos, no se recomiendan los suelos arcillosos o pesados, ya que éstos dificultan la salida de las plantas y el desarrollo de los cormos, además, deben tener buen drenaje tomando en cuenta una buena existencia de materia orgánica y una profundidad de aproximadamente 60 cm (Notas de desarrollo animal, 2012).

### **2.3.4 Ciclo reproductivo y cultivares**

Está en función de la variedad sembrada, pero en general va desde los 8 hasta los 15 meses; dependiendo también de la fertilidad y la presencia de la humedad en el suelo. La cosecha de cormos de la malanga puede ser diferida hasta por tres meses, esto facilita al productor para adecuarse a la demanda del mercado.

Los cultivares del género *Colocasia* se derivan numerosas variedades botánicas y cultivares, sin embargo, se han dividido en dos grupos o tipos:

1. Tipo Eddoe, en la que el corno central es pequeño y los cormos son grandes.
2. Tipo Dasheen, en que el corno central es grande y los cormos son pequeños.

Las dos especies de malanga que más se comercializan en Estados Unidos son la blanca y la lila. Las cuales son conocidas con diferentes como: malanga blanca (*Xanthosomasagittifolia*), malanga amarilla (*Xanthosomaatrovirens*), malanga cabeza (*Colocasia esculenta*), malanga isleña (*Colocasia esculenta*), malanga lila (*Xanthosomavinlaceum*) (Lierre, 2002).

### 2.3.5 Composición de la malanga

La malanga es un alimento rico en carbohidratos, por esta razón, es un buen alimento para niños en crecimiento y adultos, principalmente en países tropicales. El contenido de proteínas es relativamente bajo; sin embargo, es mayor en comparación con otras harinas. Cuadro 1 muestra la composición química de la malanga en comparación con otras harinas y es únicamente superada por la yuca en lo que respecta al contenido de minerales. Los minerales que contienen la yuca y malanga son potasio, calcio, sodio, fósforo y hierro. Cuadro 2 presenta la composición química de 100 g de porción comestible del tubérculo de malanga.

Cuadro 1. Composición proximal de diferentes fuentes vegetales con las que se producen harinas para consumo humano.

Cultivo	Agua	Carbón	Grasas	Fibras	Proteínas	Cenizas
Malanga	62.7	29.8	0.2	0.7	3.0	1.3
Papa	77.8	19.1	1.0	4.0	2.0	1.0
Yuca	62.5	34.7	0.3	1.1	1.2	1.6
Ñame	72.6	24.3	0.2	0.6	2.0	0.9

Fuente: Documento de la "corpei". Elaborado por Vázquez.

Cuadro 2. Composición química de 100g de porción comestible de malanga

Composición	Unidad	Tubérculo crudo	Tubérculo cocido
Humedad	g	71.9	72
Proteína	g	1.7	1.0
Grasa	g	0.8	0.2
Carbohidratos	g	23.8	25.7
Fibra	g	0.6	0.4
Cenizas	g	1.2	0.7
Calcio	Mg	22.0	26.0
Fosforo	Mg	72	32.0
Hierro	Mg	0.9	0.6

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición de Venezuela 1983. Elaborado por Vázquez

### 2.3.6 Información nutricional

La malanga (*Colocasia esculenta*) tiene un alto potencial productivo y elevado contenido nutricional. Si bien es originaria de Asia, desde hace más de una década ha sido objeto de numerosas investigaciones y se ha adaptado exitosamente a las condiciones del trópico mexicano. Además de contar con mercados internacionales interesantes, representa una opción para incorporarse en la dieta humana o utilizarse en alimentación animal. La malanga

tiene contenidos nutrimentales en el cormo (tallo modificado subterráneo) y en las hojas, superiores a otras hortalizas (Montaldo, 1991).

En alimentación animal ha probado ser eficiente en raciones para cerdos, ovinos, bovinos, peces o crustáceos. Su elevada demanda en algunos mercados internacionales (los Estados Unidos, por ejemplo) han propiciado las exportaciones desde diferentes países de centro América. Constituye una fuente de sustancias nutritivas que además se pueden producir con grandes rendimientos en zonas de alta humedad, en donde otros cultivos no alcanzan los mismos resultados. Tiene un alto contenido de tiamina, riboflavina, vitamina C y hierro. Es un excelente alimento por el contenido de proteína del producto en húmedo (1.7 a 2.5%).

En alimentación humana la corteza del tubérculo debe ser retirada con cuidado ya que el tubérculo puede causar irritación en la piel debida principalmente a su contenido de oxalatos, ya es tóxica cuando está cruda, sin embargo se ha reportado que el tratamiento térmico elimina dicha toxicidad, la cual ha sido atribuida a su contenido de oxalatos (Sefa-Dedeh, 2004). Se puede consumir cocidos, fritos, o preparar un sinnúmero de platillos: bebidas, sopas, pastas, guisos, ensaladas, dulces, panes, pasteles, galletas y nieves o se trasforma en harina. Es fácilmente digerible y no alergénico, la malanga es considerada de uso popular en niños covalencientes o sometidos a dietas suaves en caso de desnutrición o alergias, para personas adultas desdentadas y personas con úlceras gástricas (Montaldo, 1991). En Nicaragua el Ministerio Agropecuario y Forestal (2000), reporta que las hojas de algunas variedades con bajo contenido de oxalatos se consumen hervidas como hortalizas (Loarca, 2005).

### **2.3.7 Producción**

En el mundo la producción de malanga se encuentra alrededor de 11.9 millones t. (FAO, 2007). Los tres principales países productores de malanga en año 2004 son Nigeria con 31,766.00, Ghana 3,892.26 y Benin 4,970.95 t. (FAO, 2005).

A principios de 1990 se iniciaron investigaciones sobre comercialización de malanga a nivel nacional codirigidas por institutos de investigación y estudios superiores regionales dedicados a esos temas, y a nivel internacional mediante una compañía privada especializada en el ramo. Se explora el mercado estadounidense, lo cual representó una opción importante para algunas regiones del sureste de México, pues los precios de la malanga en sus diferentes

sectores llegan a variar de USD\$20.00 a USD\$40.00 por caja de 50 libras. El volumen total que importan los Estados Unidos fluctúa alrededor de 180,000 toneladas por año y otra cantidad considerable por parte de Canadá, debido a la gran cantidad de inmigrantes de origen asiático. De igual forma se realizaron estudios en mercados europeos y en particular en Francia con trabajos llevados a cabo por estudiantes franceses de agronomía y comercio internacional, orientados por los miembros del equipo de investigación-transferencia del Colegio de Postgraduados. Se concluyó que las perspectivas de introducción del producto en la industria alimenticia europea son altas; sin embargo, se requiere aún trabajar en la capacitación de productores y definición de vías de comercialización (Ekue *et al.*, 1997)

La demanda permanente en los mercados internacionales de E.U. (principalmente en la costa atlántica del país, debido a la presencia de población emigrante originaria de los países centro americanos y de la zona del caribe, como grupos étnicos antillanos, dominicanos, cubanos, venezolanos, jamaquinos entre otros, quienes consideran a la malanga como un producto básico dentro de su dieta diaria alimenticia (Viteri, 2009).

Los únicos países que exportan malanga actualmente son Costa Rica, Nicaragua y Ecuador, pero en conjunto no superan las 15 mil t., por lo que existe un déficit de 50%. Al considerar estos datos, México puede colocarse como el principal proveedor de malanga a Estados Unidos, por las ventajas que posee, como cercanía con el mercado y su buen desarrollo tecnológico (Fundación produce Sinaloa, 2011).

### **2.3.8 Alternativas de consumo y procesamiento**

Las posibilidades de utilización del producto en diferentes campos de la industria alimenticia, por la calidad y cantidad de sus almidones y por las características del mucílago que contiene, parecen ser vastas, pero se requiere desarrollarlos programas de investigación pertinentes. Los trabajos realizados para explorar el mercado europeo en ese sentido dan soporte a lo anterior; sin embargo, es importante resaltar que la malanga como cultivo extensivo corre los riesgos históricos de las especies exitosas (Olguín y Álvarez, 2011).

La malanga tiene utilización muy variada; los cormelos se consumen cocidos, fritos o como harinas para algunos usos. Es utilizado como sustituto de papas en sopas. Tiene un contenido de almidón similar al de yuca. Las hojas verdes de algunos ecotipos, con bajos contenidos de oxalatos, pueden consumirse cocinados como hortalizas.

**Chips de malanga:** Es un producto de alto interés en el mercado principal en lugares como: Venezuela, Puerto Rico, México, República Dominicana y algunas ciudades estadounidenses como Houston y Miami y casi todos los países centro americanos.

**Harina de malanga:** Este cultivo presenta una alta proporción de almidón, lo cual es recomendable, para la obtención de harina de alta calidad. Esta harina es consumida por los mismos mercados de la malanga fresca. La infraestructura utilizada para elaboración de la harina, no difiere mucho en la utilizada en plátano, yuca, etc. El proceso incluye lavado, pelado, deshidratado, molido, tamizado entre otros pasos. En lugares como Hawái, existen empresas que están produciendo mezclas especiales a base de malanga para elaborar caseramente pan, galletas, muffins, donas, pastas (muy similar a las hechas de trigo) además de ofrecer un producto característicos de la zona, es usado para alimentación en niños con problemas alérgicos a ciertas comidas, este producto ya ha sido comercializado internacionalmente por Hawái con buena aceptación(Viteri, 2009).

### **2.3.9 Contraindicaciones**

A pesar de las muchas propiedades de este alimento, deben de abstenerse de comer las personas afectadas de enfermedades reumáticas o de riñón, la razón es porque tiene un muy alto contenido de ácido oxálico, que se combina con otros minerales, especialmente, magnesio, potasio y hierro, para formar oxalatos, estos son depositados en las articulaciones en forma de cristales y dañan los tejidos, empeorando los síntomas de enfermedades, como la gota, reuma, la artritis (Viteri, 2009)

## **2.4 El maíz**

### **2.4.1 Clasificación botánica**

Nombre científico: *Zea mays*L.

Clase: Liliopsida,

Subclase: Commelinidae,

Orden: Cyperales

Familia: Poaceae (gramíneas).

Género: *Zea*

Especie: *mays*

### 2.4.2 Origen del maíz

La palabra maíz es de origen indio-caribeño. Este cereal está ligado fuertemente a nuestra cultura es uno de los más antiguos que se conoce. Su nombre científico es *Zea mays* L, pertenece a la familia de las gramíneas; es una planta anual, dotada de un amplio sistema radicular fibroso, por lo general, el color del grano es blanco o amarillo, aunque también hay variedades de color negro, rojo y jaspeado (FAO, 2006). Se estima que el grano fue domesticado hace 4600 años en paralelo con otros alimentos como el frijol el chile y la calabaza. Actualmente, el maíz, el arroz y el trigo son los cereales que más se consumen y producen en el mundo (FAO, 2001). El origen de la planta apunta hacia México, donde se han encontrado hallazgos arqueológico y paleobotánicas en el valle de Tehuacán que evidencia que se cultivaba maíz hace aproximadamente cuatro mil años (UBA, 1998).

### 2.4.3 Clasificación y composición del grano de maíz

De acuerdo con la estructura de sus granos puede dividirse en las siguientes subespecies: **Maíz cristalino** (*Zea maysindurata*). Presenta un endospermo duro y los gránulos de almidón embebidos en una matriz proteica. **Maíz amiláceo** (*Zea mays amilácea*). Presenta un endospermo suave y sus gránulos de almidón se encuentran sueltos o poco compactados. **Maíz reventador o palomero** (*Zea mayseverta*). Su endospermo es muy duro y al tostarse revienta, formando las conocidas “palomitas” de maíz. **Maíz dulce** (*Zea mayssaccharata*) su endospermo tiene altas concentraciones de azúcares (alrededor de 11%). **Maíz tunicado** (*Zea maystunicata*) el grano puede tener diferentes proporciones de tipos de endospermo (corneo/harinoso). **Maíz ceroso** (*Zea mayscerea*). Se le distingue por su endospermo ceroso, se utiliza en la elaboración de gomas y adhesivos (Arámbula, 1998).

El grano de maíz está compuesto de cuatro partes principales: pericarpio, germen endospermo y pedicelo (Figura 1).

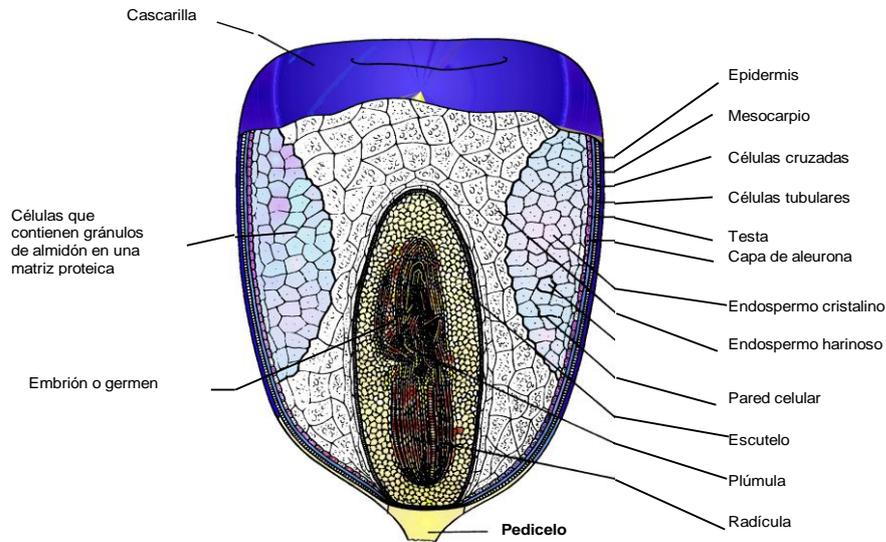


Figura 1. Principales partes estructurales del grano de maíz (*Zea mays L.*)(Cruz, 2005).

Los principales componentes del grano entero son proteínas, carbohidratos (almidón), lípidos; y, en menor proporción, fibra, azúcares, minerales y vitaminas. En la Tabla No. 2 se presenta la composición química promedio del grano de maíz.

Cuadro 3. Composición química del granode maíz.

Porción de grano	Entero %	Proteína %	Almidón %	Lípidos %	Azúcares %	Cenizas %
Grano entero	10.3	71.5	4.8	2.0	1.4	-
Endospermo	82.3	9.4	86.4	0.8	0.6	0.3
Germen	11.4	18.8	8.7	34.5	10.5	10.0
Pericarpio	5.3	3.7	7.3	1.0	0.3	0.9

Fuente: FAO, 2006. Expresada en % en base seca.

#### 2.4.4 Producción y consumo

El maíz es el segundo cultivo del mundo por su producción después del trigo mientras que el arroz ocupa el tercer lugar. Se considera de gran importancia económica como alimento humano y como alimento para ganado, siendo además materia prima de un gran número de productos industriales. Otra ventaja del maíz es la diversidad de ambientes bajo las cuales es cultivado (FAO, 2001). Actualmente se siembra en todos los países de América Latina y es

junto con el frijol un alimento fundamental. En México los principales estados productores de maíz amarillo son: Chihuahua, Puebla y Jalisco, mientras que Sinaloa, Jalisco y Michoacán producen el maíz blanco (Sagarpa, 2003). La producción anual en México se sitúa en 21.8 millones de t.(FAO, 2011).

En México, el maíz se utiliza principalmente como alimento directo para consumo o bien como ingrediente en la fabricación de alimentos para consumo humano (aceites comestibles, frituras y botanas. También se utiliza como alimento para animales (aves de corral, cerdos y vacas). La cadena de maíz está constituida por el proceso que sigue el grano desde la fase de la producción, hasta la etapa de la comercialización, en la que el último eslabón es el consumidor final, siendo un punto intermedio la fase de procesamiento industrial del grano para la generación de productos derivados (FAO, 2003).

En México las diversas formas de consumir el maíz son: molido (pinole y atole), y nixtamalizado en diversas formas para elaborar masa, tamales y tortillas. Esta última se utiliza para la preparación de tacos, sopes enchiladas, huaraches, tostadas, botanas y otros productos, lo cual hace que el principal destino del grano del maíz sea para la producción de tortillas, en forma domestica e industrial (Reyes, 1990).

### **3. JUSTIFICACION**

#### **3.1 Justificación**

La agroindustria es una alternativa para superar los problemas que afectan a México, siendo uno de ellos quizás el más importante; la pobreza y el desempleo, para amplios sectores de la población rural.

Durante los últimos años, en Latinoamérica se ha logrado aumentar el valor agregado de las raíces y tubérculos a través del mejoramiento tecnológico de los cultivos, las cosechas, y los nuevos procesos agroindustriales para satisfacer las necesidades de los consumidores.

La malanga es un cultivo alternativo para las zonas inundables, pero se conoce poco en el estado de Tabasco. Su consumo es poco frecuente debido a la falta de información y alternativas de valor que se le da.

De forma general, las personas que conocen este tubérculo, lo utilizan en algunos platillos tradicionales pero no se usa industrialmente. Este problema se podría disminuir, dándole un valor tecnológico e introduciéndolo en la dieta de la población. Así pues, se estaría fortaleciendo el sistema agrícola de cultivos tradicionales, alternativas para la producción agrícola y bienestar de la población que puede sustituir otros cultivos por la malanga, para fortalecer la alimentación y los ingresos en el área rural. Con base en lo anterior y tratando de aprovechar, el recurso por el aspecto nutrimental, y de fácil adaptación en las tierras de Tabasco, la presente investigación se enfocó a sustituir parcial o totalmente la harina de maíz nixtamalizado, para elaborar tortillas, con la harina de malanga, buscando que las características de calidad de las tortillas no sea afectada, y que el producto final tenga la aceptación y consumo de la población.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Elaborar tortillas con mezclas de harina de malanga y maíz nixtamalizado en diferentes proporciones, evaluar sus características y seleccionar el mejor tratamiento para recomendar su uso en la industria.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Elaborar harina de malanga y maíz nixtamalizado por separado, y mezclarlas de acuerdo al diseño experimental propuesto.
- Determinar las características físicas, químicas y reológicas de las mezclas de harinas a evaluar.
- Elaborar tortillas con las mezclas de las harinas y caracterizarlas física, química y reológicamente.
- Determinar la concentración máxima de malanga que puede sustituir a la harina de maíz nixtamalizado, sin ocasionar cambios notorios en las características físicas, fisicoquímicas y reológicas de la harina, masa y tortillas de maíz.
- Seleccionar el mejor tratamiento con base en todas sus características determinadas.
- Realizar un análisis sensorial de preferencia (prueba hedónica).

## **5. MATERIALES Y METODOS**

### **5.1 Materia prima**

Se utilizó el tubérculo de malanga de la variedad morada y el maíz de la variedad criollo Mejen. La malanga fue proporcionada por los campesinos de la localidad de Rio Seco, municipio de Cárdenas Tabasco y el maíz utilizado provino de la siembra realizada en el ciclo primavera-verano de 2011, del poblado C21 del municipio de Cárdenas Tabasco, México. El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Materiales Bio-Orgánicos del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. (CINVESTAV) Unidad Querétaro, y otra parte de la investigación en el Laboratorio de Nutrición del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco.

### **5.2 Características físicas del grano de maíz.**

#### **5.2.1 Tamaño del grano**

Para determinar el tamaño del grano se midió el largo, ancho y espesor con un calibrador (vernier Digimatic, marca Mitutoyo Corp.), con rango de medida de 0.01-150 mm. La muestra consistió en 10 granos de maíz tomados al azar. Los datos se reportan en su media con su desviación estándar.

#### **5.2.2 Peso de 1000 granos.**

Se tomaron 1000 granos de maíz al azar, se pesaron en una microbalanza Sartorius (Basic), con una capacidad de 0-210 g y precisión de  $\pm 0.0001$  g.

#### **5.2.3 Peso hectolítrico.**

El peso hectolítrico se obtuvo por medio de la técnica 55-10 de la AACC (2001). Utilizando un equipo para medir densidad aparente marca Seedburo con la medida 104, con 550 mL de capacidad. La taza se llenó de granos, se golpeó suavemente cinco veces, se rasó con una espátula de acero inoxidable y se pesó, en partes, en una microbalanza Sartorius (Basic), de 0-210 g de capacidad y precisión de  $\pm 0.0001$  g. El peso hectolítrico se obtuvo al dividir el peso de los granos entre el volumen del recipiente y relacionándolo con un volumen de 100 L.

#### **5.2.4 Dureza del grano.**

La determinación de la dureza del grano se realizó utilizando un texturómetro (TextureAnalyzer, marca Stable Micro Systems, modelo TA-XT2, Australia). Este equipo está diseñado para determinar la fuerza de compresión y tensión (Figura 2). Tiene una celda de carga (sensor de fuerza) de 25 Kg fuerza de capacidad, con una sensibilidad de 0.0001 kg fuerza. Se aplicó la técnica sugerida por la compañía Texture Technologies Corp (TA-TX2) para grano de maíz. Como resultado se obtuvo un gráfico de fuerza-distancia-tiempo. El análisis se realizó con el programa XTRAD utilizado por el equipo.



Figura 2. (Textureanalyzer XT2).

### **5.3 Obtención y mezclado de las harinas de malanga y maíz**

#### **5.3.1 Obtención de la harina de malanga**

La malanga se lavó con agua clorada al 4 %, para retirarle todas las impurezas, posteriormente se retiró la cascara y se seleccionaron las que estaban sanas libres de daños físicos. Se cortaron en rodajas de aproximadamente 3 y 5 mm de grosor, para facilitar la deshidratación. Estas fueron colocadas en charolas metálicas y fueron deshidratadas en una estufa (Felisa, mod 210) a 60 °C durante 24h. Las rodajas deshidratadas se molieron en una licuadora industrial de 5 L. Para obtener un tamaño de partícula adecuado, el material se pasó a través de un tamiz USmarca Mont-Inox No. 80. Después de elaborada, la harina se guardó dentro de bolsas de polietileno, selladas y refrigeradas (5°C) hasta el momento de utilizarse.

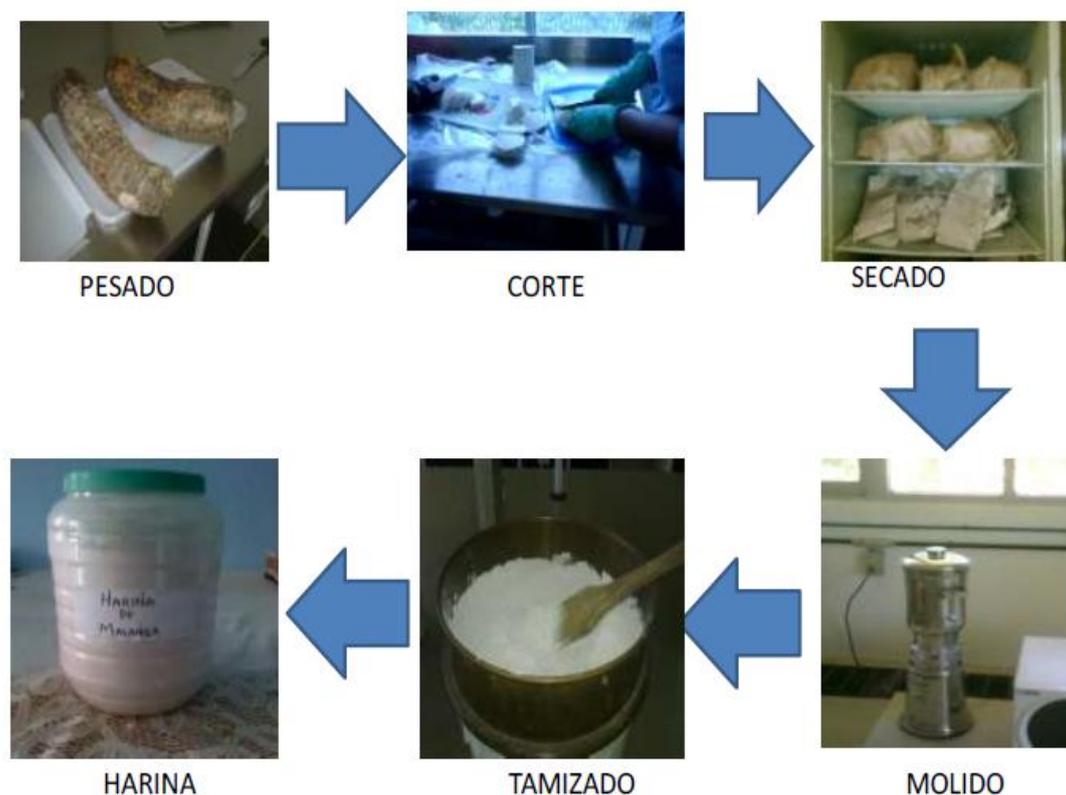


Figura 3. Etapas de elaboración de la harina de malanga.

### 5.3.2 Obtención de la harina de maíz nixtamalizado

Se realizó la limpieza del maíz con la finalidad de eliminar el grano dañado o podrido, o de cualquier tipo de contaminación física. El procedimiento se efectuó con ayuda de una criba metálica con una abertura de 5 mm.

La nixtamalización se llevó a cabo cocinando a fuego directo, en un recipiente de aluminio, utilizando una relación de 2 L de agua/1 kg de maíz, y 1% de cal, durante 27 min. Se dejó reposar durante 24 h y luego se obtuvo el nixtamal. Este se lavó suavemente con agua potable hasta eliminar el exceso de álcali y se molió en un molino de piedras. La masa obtenida se dejó en reposo a temperatura ambiente durante 1 hora, con el fin de que se deshidratara para poder procesarla en el secador.

La masa semideshidratada se procesó en un secador con corriente de aire forzado con una temperatura de entrada de 270 a 275 °C y una temperatura de salida de 40°C. Este proceso se utilizó con el fin de obtener una harina con una humedad de 8 a 10 %. Posteriormente se pulverizó en el equipo Pulvex con cabezal de martillos, y utilizando malla de 0.5 mm de

diámetro. Después de elaborada, la harina se guardó dentro de bolsas de polietileno de baja densidad, selladas y refrigeradas (5°C) hasta el momento de utilizarse.

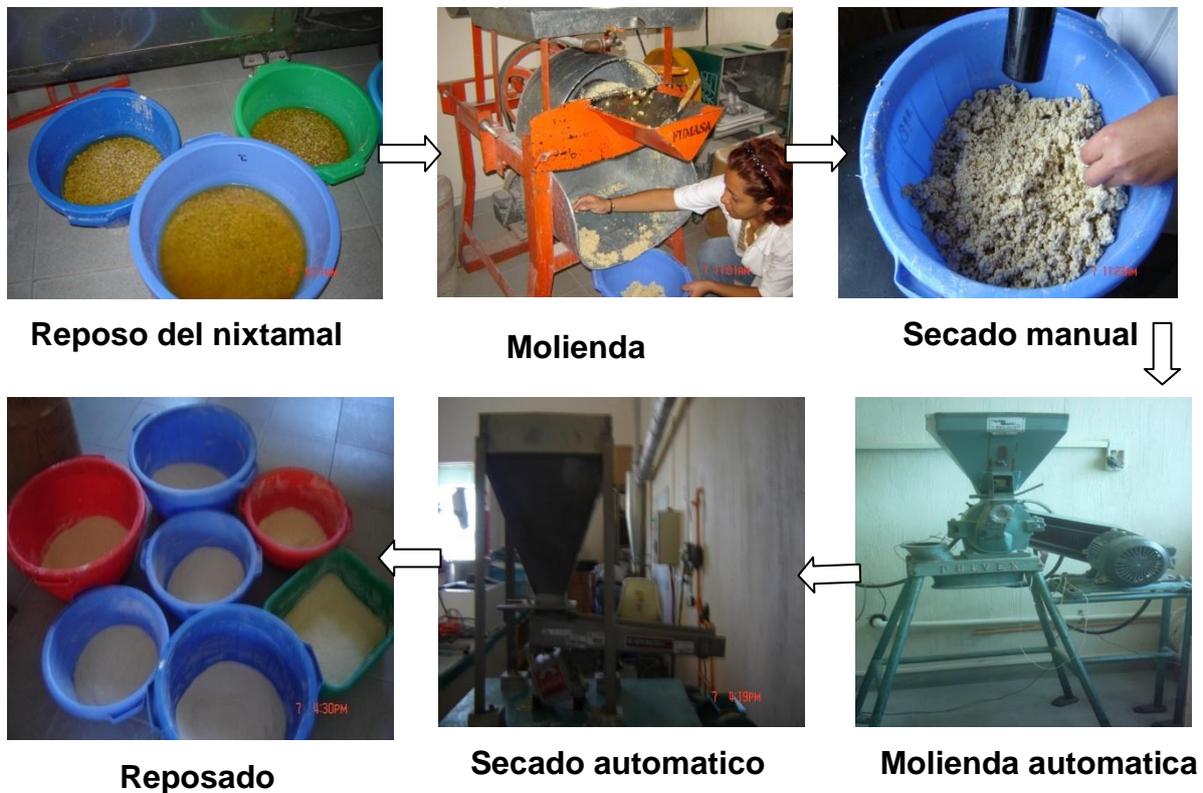


Figura 4. Etapas de elaboración de la harina de maíz.

### 5.3.3 Mezclado de las harinas de malanga y maíz nixtamalizado

Se mezclaron las harinas de malanga y maíz nixtamalizado en diferentes proporciones para preparar los cinco tratamientos. Todos los tratamientos se hicieron con base en 1 kg de harina.

Cuadro 4. Mezclas de harinas de malanga y maíz nixtamalizado evaluadas.

Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5
Proporción(Malanga/ Maíz(%))	100/0	70/30	50/50	30/70	0/100

## 5.4 Características físicoquímicas de las harinas

### 5.4.1 Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad en agua (ISA)

Se determinaron los IAA e ISA de las harinas de acuerdo con la metodología descrita por Anderson *et al.* (1969). Este análisis permitió cuantificar la cantidad de agua incorporada en la harina y el porcentaje de sólidos solubles disueltos en agua a una temperatura de 30°C. De cada tratamiento se tomaron 2.5 g de harina y se adiciono con 30 mL de agua destilada en un tubo de 50 mL para centrifugar, previamente tarado, se agitó intermitentemente a una velocidad moderada por 30 min. La suspensión se centrifugó a 3000 xg durante 10 min a 30°C, utilizando una centrifugamarca Hermle, modelo Z513K. Después de centrifugar la solución, el líquido sobrenadante se decantó en un recipiente tarado para la determinación de sólidos. El gel formado se pesó y el índice de absorción de agua se calculó con este peso, como g de gel por g de muestra seca. Para calcular los índices se utilizaron las siguientes formulas:

$$IAA = \frac{\text{peso del gel sobrante}}{\text{peso de la muestra seca} - \text{peso de evaporación}}$$

$$\% ISA = \frac{\text{peso del residuo de evaporacion}}{\text{peso de la muestra seca}} * 100$$

### 5.4.2 Humedad

La humedad de las harinas, masa y tortillas se determinó de acuerdo con el método 934.01 de la AACC (2001) 2 g de muestra se pesaron en un recipiente de aluminio previamente tarado y se colocaron en una estufa con circulación de aire (Felisa, modelo 2434) a 100°C durante 2 horas. La humedad se obtuvo por la diferencia de peso antes y después de deshidratar el material.

### 5.4.3 Color

La determinación de color de las harinas y las tortillas se realizó con un colorímetro de reflexión, marca Hunter Lab, Modelo Miniscan (USA) (Figura5). El colorímetro se calibró con una placa blanca de porcelana proporcionada por el proveedor y sus valores fueron (L= 93.52, a= -0.96 y b= 0.18). Con este se midió el color de las harinas colocadas en un recipiente de plástico. Se colocó el equipo sobre la superficie y se realizó el escaneo de color en los tratamientos. Los valores que caracterizan los colores son a, b y L. El eje L o

luminosidad va de del 0 que corresponde al negro, al 100 correspondiente al blanco (Figura5) Los otros dos ejes de coordenadas a y b representan variación del rojo (valores positivos) al verde (valores negativos), amarillo (valores positivos) y el azul (valores negativos). Respectivamente (Hunter Lab, 2001).

Una vez obtenidos los valores de L, a y b, se obtuvo el valor de  $\Delta E$  utilizando la siguiente fórmula:  $\Delta E = [ (\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 ]^{1/2}$

Dónde:  $\Delta E$ = Diferencia total del color, entre el color de la muestra y el de referencia.

$\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  = Diferencias absolutas de los valores correspondientes de L, a y b de los valores determinados en la muestra, menos los valores de la placa de referencia. Se reportaron los valores de L, a, b y  $\Delta E$ .

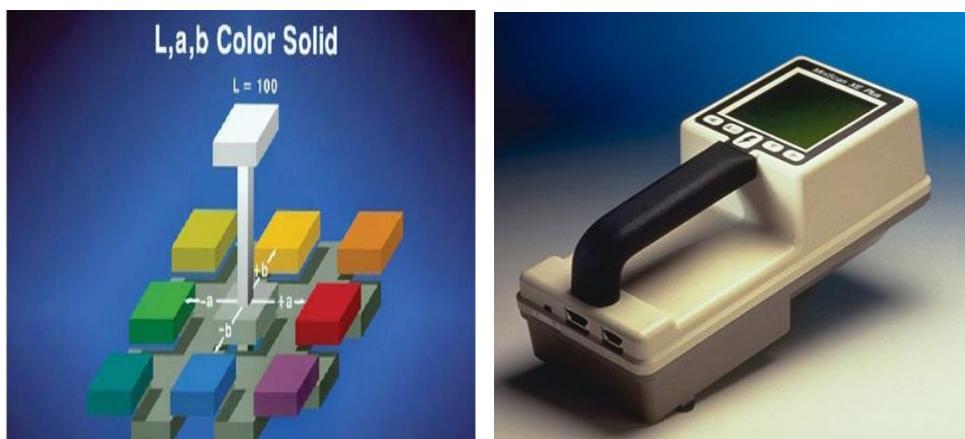


Figura 5. Escalacromática L, a, b y Colorímetro Hunter Lab.

#### 5.4.4 Actividad de agua (aw).

Se caracterizó empleando un equipo para medición de actividad de agua marca AquaLab, modelo CX-2. Se utilizaron 2 g de muestra de cada tratamiento tomando las lecturas de forma directa del equipo.

#### 5.4.5 Propiedades reológicas de las harinas y viscosidades

La determinación de viscosidad se realizó con el Rapid Visco Analyzer modelo RVA 4 (Sydney, Australia). La prueba se realizó con 3 g de muestra; con tamaño de partícula menor a los 0.25 mm (muestra pasada por un tamiz US, No. 60). Las muestras se ajustaron a un contenido de humedad del 14 %, por medio de la adición de agua destilada hasta alcanzar un peso de 28 g (RVA, 1992). Esta determinación permite obtener una curva de viscosidad (gelatinización-retrogradación), donde es posible determinar la temperatura y viscosidad inicial de gelatinización, temperatura de viscosidad máxima, pico de viscosidad (viscosidad máxima de gelatinización) y viscosidad de retrogradación (viscosidad de la pasta al final). El

perfil se realizó para cada tratamiento en harinas y tortillas. La muestra se colocó en el equipo, que produjo una agitación rápida durante 10 segundos, para luego estabilizarse a velocidad constante de 160 rpm. Este equipo está en interface con una computadora, que mediante un software, controla un perfil de tiempo-temperaturas. Se utilizó un programa de tiempos y temperaturas de 1min a 50°C, aumentando la temperatura hasta 92°C a una velocidad de 5.6°C/min, durante 5 min y posteriormente se disminuyó la temperatura hasta 50°C a la misma velocidad, y permaneciendo a esa temperatura durante 1min, para sumar un tiempo total de prueba de 22 min. Durante el desarrollo de la prueba la computadora registra, la viscosidad en centipoises (cP) y la temperatura (°C), contra el tiempo (min.) transcurrido en la prueba.



Figura 6. Equipo Rapid Visco Analyzer (RVA).

#### 5.4.6 Caracterización térmica

##### **Determinación de parámetros térmicos por calorimetría diferencial de barrido (DSC)**

Para determinar la temperatura de gelatinización y la entalpía se utilizó un calorímetro diferencial de barrido (Differential Scanning Calorimeter, DSC), marca Mettler-Toledo 822<sup>e</sup> (Figura7). El equipo se encuentra en interface con una computadora, que controla el flujo de calor y la temperatura. Esta determinación se realizó en las harinas y tortillas de cada tratamiento utilizando 3 mg de muestra, colocándola en una cápsula para DSC de aluminio, se adicionó con una microjeringa (marca Hamilton) agua destilada hasta alcanzar 12 mg. Por otro lado, se preparó otra cápsula para DSC sin material, para utilizarse como referencia. Los recipientes fueron sellados herméticamente y colocados, en el platillo trasmisor de calor del equipo DSC. Se utilizó una rampa de temperatura de 3 °C/min, desde 30 hasta 100 °C.



Figura 7. Calorímetro diferencial de barrido.

## 5.5 Caracterización de la masa

### 5.5.1 Capacidad de absorción de agua (CAA)

Para determinar este parámetro se siguió la metodología propuesta por Flores Farías (2002) modificado, por lo cual se pesaron 100 g de harina de cada tratamiento y se colocaron en una charola, se le agregó agua purificada a temperatura ambiente con una bureta de 50 mL de capacidad; posteriormente se mezcló de forma manual hasta obtener una consistencia de masa adecuada para elaborar tortillas. Para determinar si la masa era adecuada se tomó una porción de masa oprimiéndola con las palmas de las manos, y observando si presentaba aberturas; si no las había era indicativo de que la masa tenía consistencia adecuada para troquelar y elaborar tortillas, en caso contrario se seguía agregando agua hasta que la masa no mostrara tales aberturas. La CAA se reportó como litros de agua por kilogramos de harinas. La masa obtenida se utilizó para elaborar las tortillas.

### 5.5.2 Adhesión y cohesión

Se realizaron de acuerdo con Arámbula *et al.* (2002). De la masa se tomó una porción, se moldeó con un anillo de plástico de 7.5 cm de diámetro y 1.9 cm de altura (Figura 8); posteriormente, se colocó en la plataforma de aluminio del TextureAnalyzer (TA-XT2) y se hizo penetrar una esfera metálica de 1.27 cm de diámetro (accesorio TA-18), con una velocidad de penetración de 2 mm/s y distancia de 4 mm.



Figura 8. Determinación de la adhesión y cohesión de masa con el TextureAnalyzer TA-XT2.

### **5.5.3 Rendimiento de la masa**

El rendimiento de la masa se calculó con el valor obtenido de la CAA, y se expresó como kg de masa / kg de harina (Arámbula *et al.*, 1999).

## **5.6 Elaboración y caracterización de tortillas de malanga y maíz**

### **5.6.1 Elaboración de tortillas**

Con la masa de cada tratamiento, se elaboraron tortillas de 12.5 cm de diámetro en una tortilladora manual de rodillos, marca González, previamente calibrada para obtener un espesor de 1.2 mm (Figura 9). Las tortillas fueron cocidas en un comal de acero a temperatura de 260- 280°C la cual fue registrada por una pistola de infrarrojo. Los tiempos de cocimiento fueron de 15 segundos de un lado (para formar la capa delgada) y 45 seg. Por el otro lado (capa gruesa) y, posteriormente, se voltearon una vez más y se dejaron por 12 y 15 seg. Hasta lograr el inflado, Se dejaron enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente (27°C), para que no se pegaran, y se guardaron en bolsas de polietileno de baja densidad hasta el momento de la evaluación (Arámbula *et al.*, 2001).

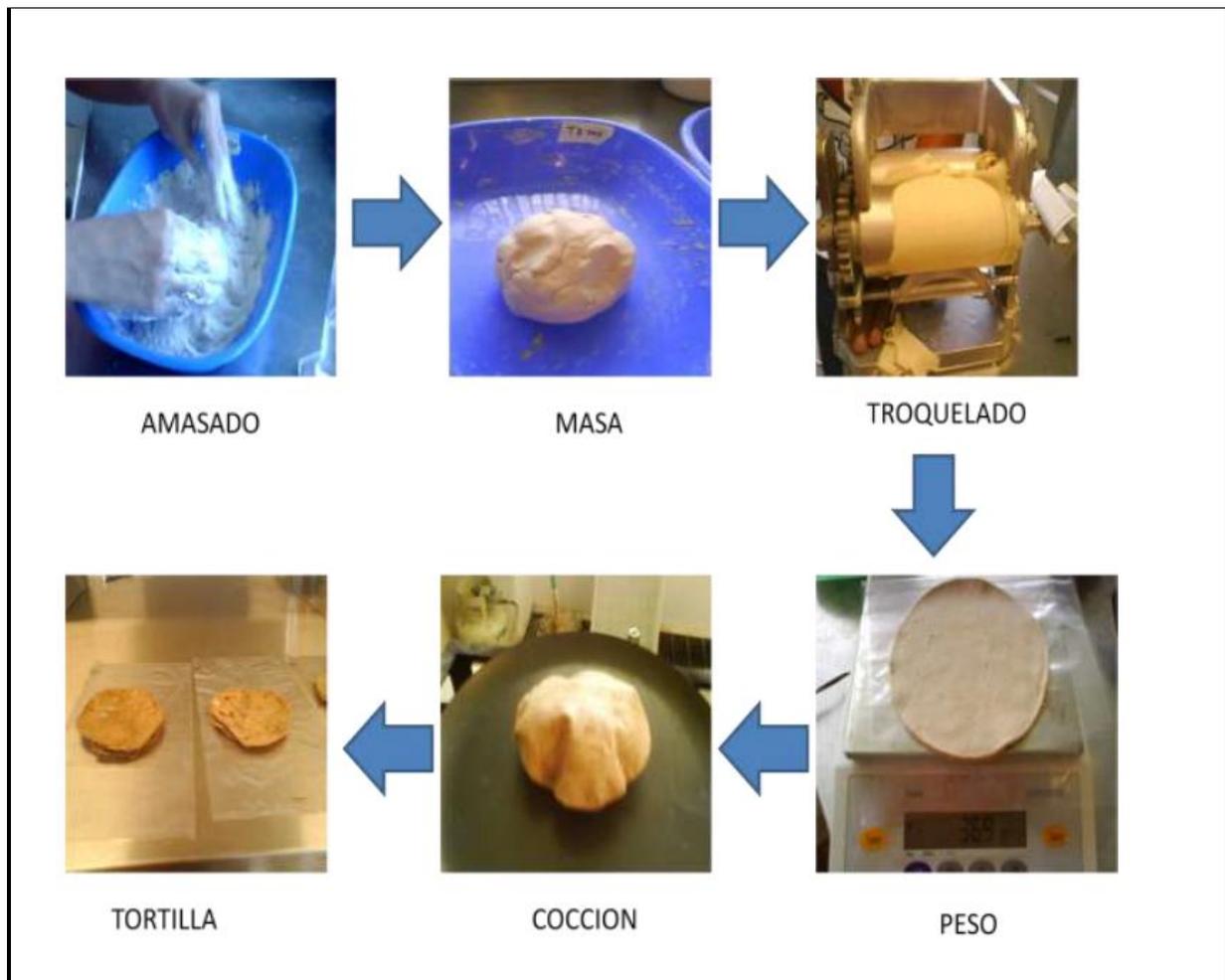


Figura 9. Etapas para la elaboración de la tortilla

### 5.6.2. Grado de inflado

Para evaluar el grado de inflado se hicieron diez tortillas en las condiciones descritas anteriormente, y se observó el tamaño de la ampolla que presentó cada tortilla al momento de su elaboración, asignándole una calificación de 1 a la tortilla con inflado completo, 2 inflado intermedio y 3 sin inflado.

### 5.6.3. Pérdida de peso después de la cocción de la tortilla

Para evaluar la pérdida de peso en la cocción (*PPDC*) se hicieron cinco tortillas de cada tratamiento en las condiciones descritas anteriormente, y se determinó la pérdida de peso de la tortilla, calculando el porcentaje en peso de material perdido durante el cocimiento, pesando la tortilla antes de someterla a la cocción y después de cocida (40° C aprox.). Para la determinación de la pérdida de peso de la cocción se utilizó la siguiente fórmula.

$$PPDC = \frac{(p.t.cruda - p.t.cocida)}{(p.t.cruda)} \times 100$$

Dónde: PPDC= pérdida de peso durante la cocción

p.t. cruda = peso de la tortilla cruda

p.t. cocida = peso de la tortilla cocida

#### **5.6.4. Rendimiento de tortillas**

Se calculó de la siguiente manera  $RT = RM (1 - PPDC)$ , donde: RM rendimiento de masa, PPDC fracción de pérdida de peso durante la cocción, el rendimiento de la tortilla se expresó en kg de tortilla/kg de harina instantánea (Mauricio-Sánchez *et al.*, 2004).

#### **5.6.5 Rolabilidad**

Para determinar la rolabilidad de la tortilla se utilizó el método propuesto por Bedolla y Rooney (1983). Después de 30 min de elaborada la tortilla, se enrolló alrededor de una varilla de vidrio de 2 cm de diámetro y se observó el grado de rompimiento. El grado de rompimiento de las tortillas se evaluó en forma subjetiva utilizando una escala del 1 al 5, donde 1 correspondió a un rompimiento de 0 %; 2 a un rompimiento de 1 a 25 %; 3 de 26 a 50 % de rompimiento; 4 corresponde de 51 a 75 % de rompimiento y 5 de 76 a 100 % de rompimiento de la longitud de la tortilla.

#### **5.6.6 Resistencia a la tensión de las tortillas**

Siguiendo la metodología descrita por Arámbula Villa *et al.* (2001 y 2004), se tomaron al azar 5 tortillas de cada tratamiento, de la parte central se cortó una porción con un molde probeta en forma de I, con dimensiones de 8.9 cm de largo y 2 cm de ancho, la cual presenta en la parte central una parte más estrecha, con dimensiones de 3.8 y 1.5 cm respectivamente, la probeta se sujetó con una pinza de tensión TA-96 del equipo TA (Figura 10). La prueba se corrió a una velocidad de 2 mm/s y una distancia de 15 mm. Las mediciones se efectuaron a los 30 min, a las 24 y 48 h de elaboradas las tortillas se determinó la fuerza máxima a la tensión. Para hacer las mediciones a las 24 y 48 h las tortillas de los tratamientos fueron calentadas durante 1 min en el horno de microondas y esperar a que estuvieran frías para su determinación.



Figura 10. Tensión de las tortillas utilizando el Texture Analyzer TA-XT2.

### 5.6.7 Resistencia al corte en tortillas

Se utilizó la punta de prueba TA-90 del equipo TA (Figura 11). Este accesorio es una cuchilla plana de 3 mm de espesor y 6.93 cm de ancho, que se conecta al brazo sensor del texturómetro, que al desplazarse hacia abajo pasa a través de la ranura de una placa de aluminio ocasionando que el material expuesto se corte. Esta prueba se realizó tomando las mitades de las tortillas utilizadas en la prueba de tensión, y sometiéndolas transversalmente a corte, a una velocidad de 2 mm/s y profundidad de 15 mm. Las mediciones se realizaron en el mismo tiempo que se utilizó para tensión. Se reportó la fuerza máxima registrada al corte.

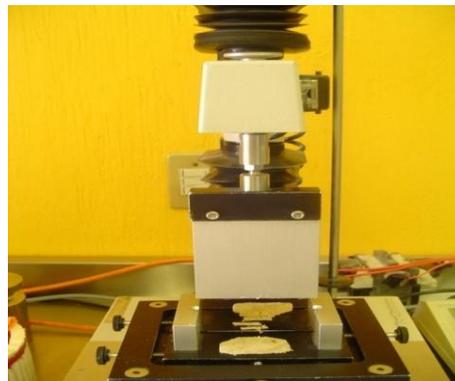


Figura 11. Corte de las tortillas utilizando el Texture Analyzer TA-XT2.

### 5.6.8 Color de las tortillas

El color de las tortillas (Figura12) se midió extrayendo al azar 5 tortillas de cada tratamiento y tomando la lectura con el colorímetro Hun terlab Miniscan, midiendo directamente la cara más gruesa de la tortilla, debido que es la cara con color más uniforme.



Figura 12. Tortillas utilizadas para determinación de color

### **5.7 Evaluación de la vida útil en tortillas**

Con la finalidad de evaluar el comportamiento de las tortillas durante su almacenamiento a temperatura ambiente se analizó color y textura a las 0, 24 y 48 h después de elaboradas las tortillas. A cada tiempo se tomaron 5 tortillas para realizar las mediciones, así mismo se observó que las tortillas se mantuvieran en buenas condiciones; sin desarrollo microbiano ni aparición de hongos.

### **5.8 Evaluación sensorial**

Para evaluar el grado de aceptación de las tortillas, se llevó a cabo un panel de degustación. La evaluación sensorial se realizó una hora después de elaboradas las tortillas. Se aplicó una prueba de grado de aceptación, con 80 jueces no entrenados. Los jueces fueron consumidores, el grupo estuvo formado por: estudiantes, profesores-investigadores, personal administrativo y de mantenimiento del Colegio de Posgraduados Campus Tabasco. Se evaluó el producto, utilizándose como parámetro de respuesta una escala hedónica estructurada de 9 puntos que se muestra en el Cuadro 4(Watts *et al.*, 1992).

Cuadro 5. Escala hedónica de 9 puntos utilizados para evaluar tortillas.

9	Gusta muchísimo
8	Gusta mucho
7	Gusta moderadamente
6	Gusta un poco
5	Me es indiferente
4	Disgusta un poco
3	Disgusta moderadamente
2	Disgusta mucho
1	Disgusta muchísimo

La prueba se hizo utilizando un diseño de bloques  $T=5$ ,  $K=3$ ,  $r=6$ ,  $b=10$ ,  $I=3$   $E= 83$

Donde:

$T= 5$  tratamientos.

$K= 3$  tres muestras por consumidor.

$r = 6$  repeticiones de cada muestras.

$b= 10$  grupos de tres muestras.

$I=3$  se repite tres veces en el diseño.

$E= 83$  El diseño tiene una eficiencia de 83 %.

Se midieron atributos organolépticos como color, sabor y textura mediante una encuesta estructurada de preferencia y de la muestra.

### **5.8.1 Metodología para la evaluación sensorial de las tortillas**

Para realizar la evaluación sensorial se procedió de la siguiente forma: a cada panelista se le proporcionaron tres muestras de tortillas con una hora de elaboración. Las tortillas se colocaron en un plato desechable codificado de cartón blanco, también se les proporcionó un vaso desechable blanco con agua, lápiz, servilletas y 4 encuestas codificadas coincidiendo con el número de muestras, tres para evaluar las tortillas y otra para el aspecto general. En la evaluación sensorial las unidades experimentales fueron muestras de 1 tortilla por muestra.

## ENCUESTA DE PREFERENCIAS

A. Nombre \_\_\_\_\_

B. ¿En qué rango esta su edad? (Seleccione una opción)

18- 24 años \_\_\_\_ 25-34 años \_\_\_\_ 35-44 años \_\_\_\_ 45-54 años \_\_\_\_ Más de 55 años \_\_\_\_

C. Sexo? Masculino \_\_\_\_ Femenino \_\_\_\_

D. ¿Con que frecuencia consume tortilla de maíz?

Solo ocasionalmente

1 – 3 al día

4 – 6 al día

7 – 9 al día

10 o más al día

E. ¿Qué tipo de tortilla de maíz consume con MAYOR frecuencia? (seleccione solo una)

Elaborada en casa a partir de maíz entero (preparando desde el nixtamal)

Elaborada en casa a partir de harina de maíz nixtamalizada de alguna marca

Comprada en tortillería

Empaquetada, con marca y comprada en supermercado

Otra (Explicar) \_\_\_\_\_

F. ¿Cuál es la principal característica (de la tortilla que usted normalmente compra) que afecta su aceptación?(seleccione una)

Apariencia en general

Facilidad para masticar

Color

Sabor en general

Grosor

Olor

Rolabilidad

El sabor que queda en la boca

Resistencia al rompimiento

G. Conoce la malanga?

Si  No

## H. ¿probaría las tortillas de malanga?

Si  No

### MUESTRA

#### 1. ¿Qué le parece la APARIENCIA GENERAL de esta tortilla?

Me disgusto muchísimo	Me disgusto mucho	Me disgusto moderadamente	Me disgusto ligeramente	Ni me gusto ni me disgusto	Me gusto ligeramente	Me gusto moderadamente	Me gusto mucho	Me gusto muchísimo
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9

#### 2. ¿Qué le parece el COLOR de esta tortilla?

Me disgusto muchísimo	Me disgusto mucho	Me disgusto moderadamente	Me disgusto ligeramente	Ni me gusto ni me disgusto	Me gusto ligeramente	Me gusto moderadamente	Me gusto mucho	Me gusto muchísimo
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9

#### 3. ¿Qué le parece el GROSOR de esta tortilla?

Me disgusto muchísimo	Me disgusto mucho	Me disgusto moderadamente	Me disgusto ligeramente	Ni me gusto ni me disgusto	Me gusto ligeramente	Me gusto moderadamente	Me gusto mucho	Me gusto muchísimo
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9

#### 4. ¿Qué le parece la facilidad de hacer ROLLO esta tortilla?

Me disgusto muchísimo	Me disgusto mucho	Me disgusto moderadamente	Me disgusto ligeramente	Ni me gusto ni me disgusto	Me gusto ligeramente	Me gusto moderadamente	Me gusto mucho	Me gusto muchísimo
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9

#### 5. ¿Qué le parece la RESISTENCIA AL ROMPIMIENTO de esta tortilla?

Me disgusto muchísimo	Me disgusto mucho	Me disgusto moderadamente	Me disgusto ligeramente	Ni me gusto ni me disgusto	Me gusto ligeramente	Me gusto moderadamente	Me gusto mucho	Me gusto muchísimo
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9

#### 6. ¿Qué le parece el OLOR de esta tortilla?

Me disgusto muchísimo	Me disgusto mucho	Me disgusto moderadamente	Me disgusto ligeramente	Ni me gusto ni me disgusto	Me gusto ligeramente	Me gusto moderadamente	Me gusto mucho	Me gusto muchísimo
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9

**7. ¿Qué le parece la FACILIDAD PARA MASTICAR esta tortilla?**

Me disgusto muchísimo	Me disgusto mucho	Me disgusto moderadamente	Me disgusto ligeramente	Ni me gusto ni me disgusto	Me gusto ligeramente	Me gusto moderadamente	Me gusto mucho	Me gusto muchísimo
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9

**8. ¿Qué le parece el SABOR de esta tortilla?**

Me disgusto muchísimo	Me disgusto mucho	Me disgusto moderadamente	Me disgusto ligeramente	Ni me gusto ni me disgusto	Me gusto ligeramente	Me gusto moderadamente	Me gusto mucho	Me gusto muchísimo
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9

**9. ¿Detecto algún sabor a malanga? Si  No**

**10. ¿En caso de haber detectado el sabor a malanga?**

**Le gusto  no le gusto  le fue indiferente**

**11. ¿En GENERAL, que tanto le gusto esta tortilla?**

Me disgusto muchísimo	Me disgusto mucho	Me disgusto moderadamente	Me disgusto ligeramente	Ni me gusto ni me disgusto	Me gusto ligeramente	Me gusto moderadamente	Me gusto mucho	Me gusto muchísimo
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9

**12. ¿Esta tortilla es ACEPTABLE? Si  No**

**13. ¿Compraría esta tortilla si estuviera disponible en el mercado? Si  No**

## **5.9 Análisis estadístico**

### **5.9.1 Diseño experimental**

El diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar; y a los resultados se les realizó una comparación de medias de Duncan para identificar los tratamientos con diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ). Con esta prueba se determinó la concentración máxima de harina de malanga que puede ser utilizada para sustituir la harina de maíz nixtamalizado, sin que cambien significativamente las características fisicoquímicas de la harina, masa, tortilla tradicional. Para el análisis de vida de anaquel en tortilla almacenada a temperatura ambiente se planeó evaluarlas a tres tiempos: 0, 24 y 48 h de elaboración de las mismas. Para todos los análisis estadísticos de los resultados se utilizó el software Statistical Analysis System (SAS, 2008).

## 6. RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.1. Características físicas del grano del maíz

En el Cuadro 6 presentan las características físicas del grano de maíz. El tamaño promedio de grano fue de 11.1 x 9.5 mm. Los valores de peso hectolitrico y peso de 1000 granos se encontraron dentro del rango recomendado por la Norma Oficial Mexicana (NMX-FF-034/1-SCFI-2002) para maíz destinado a nixtamalización.

La dureza en los granos de maíz es una característica importante para predecir su calidad industrial, ya que determina en gran medida el tiempo de nixtamalización y por ende el costo del combustible requerido por un maíz para obtener el nixtamal y la masa con características de calidad adecuadas para preparar tortillas. La industria de la tortilla requiere de un grano suave para obtener un menor tiempo de cocimiento, y por lo tanto ahorrar en los requerimientos de energía en el proceso, de manera que los maíces duros son poco aceptados debido a que requieren tiempos de cocimiento más largos (Salinas *et al.*, 2003).

El maíz de la variedad criollo Mejen, utilizado en esta investigación requirió en promedio, 27 minutos de nixtamalización. Por el tiempo de cocimiento puede ser considerado dentro de los maíces suaves, cuya característica es que requieren poca energía para su cocimiento (Vázquez, 2007).

Cuadro 6. Características físicas del grano de maíz.

<i>Genotipo</i>	<i>Largo</i> (mm)	<i>Ancho</i> (mm)	<i>Espesor</i> (mm)	<i>P.Hect</i> (Kg/L)	<i>P 1000</i> (g)	<i>Dureza</i> (Kg)
Criollo mejen	11.1 ± 0.14	9.5 ± 0.21	3.5 ± 0.34	79.0 ± 0.21	289 ± 0.50	7.4 ± 0.45

Media ± Desviación estándar P Hect.= peso hectolitrito, P1000=peso de mil granos.

### 6.2 Características fisicoquímicas de las harinas de malanga y maíz

En el Cuadro 7 se presentan los valores promedios de las cinco mezclas de harinas evaluadas y los parámetros determinados. El índice de absorción de agua (IAA) de todos los tratamientos no presentó diferencias significativas. Los valores encontrados fueron acordes a los reportados por otros investigadores; y se encuentran dentro del rango reportados para harinas comerciales elaboradas en México, con valores que van desde 2.1 hasta 3.7 g gel/gramo de muestra (Flores *et al.*, 2002). Los índices de solubilidad y absorción de agua se

pueden utilizar como indicativo del grado de modificación de los almidones por tratamientos termomecánicos (Rodríguez *et al.*, 2006). El IAA es un parámetro de calidad, indicador de rendimiento de masa fresca que depende de la disponibilidad de los grupos hidrofílicos y se interpreta como la capacidad de las harinas para formar geles entre las macromoléculas, fenómeno necesario en la elaboración de masas para obtener alta cohesividad y con ello facilitar el troquelado (Flores, 1997; Martínez Bustos *et al.*, 1996).

El ISA indica la cantidad de sólidos disueltos por el agua cuando una muestra de harina se somete a un exceso de este líquido; e indica también, en forma indirecta, el grado de cocción que ha tenido el grano con que se preparó la harina (González *et al.*, 1991). También refleja la severidad del proceso, aumentando por modificaciones en el almidón ocasionadas por molienda o condiciones de tratamientos (Veles Medina, 2004). El ISA (Cuadro 7) mostró diferencias significativas entre los tratamientos, fluctuando entre 4.64 a 11.58 g/100 g; donde el valor más bajo fue para el T4-30/70 y el más alto para el T1-100/0. De acuerdo con lo anterior, los ISA de los primeros tres tratamientos que contienen mayor porcentaje de harina de malanga fueron más altos a los reportados para las harinas de nixtamal tradicional, pero se encuentran dentro del rango reportado para harinas comerciales (rango 5.7 a 7.4%). Los dos últimos tratamientos (T4 y T5), que contienen menor porcentaje de harina de malanga, mostraron ISA bajos, indicativos de la presencia de una muy baja proporción de sólidos solubles.

La humedad de las harinas mostró diferencias significativas entre casi todos los tratamientos, excepto entre los T3-50/50 y T4-30/70, fluctuando entre 7.72 y 10.15 %, donde el valor más bajo fue para el T1-100/0, y el más alto para el T5- 0/100. Estos valores reportados se encuentran debajo del límite máximo permitido por la Normas Oficiales Mexicanas (NMX-F-046S-1980 y NOM-147-SSA1996), el cual es de 11%. Los valores aquí reportados se encuentran más seguros, ya que este parámetro se estableció para asegurar que microorganismos patógenos como hongos y bacterias principalmente, no tengan condiciones de humedad propicia para su desarrollo. En esta variable Flores-Farías (2002) reportó que para harinas comerciales se presentaron valores desde 9.2 hasta 10.1%. El parámetro de humedad es importante porque está relacionado con la vida de anaquel de las harinas. Cuando estas tienen un contenido de humedad de hasta 10 a 12 %, son estables frente a la contaminación microbiana; si esta humedad supera el 12 %, el producto es atacado fácilmente por mohos y levaduras (Contreras Jiménez, 2009). Por otro lado, la baja humedad de la harina contribuye a la conservación fisicoquímica de la misma, ya que retarda la rancidez de los

lípidos y reduce la actividad enzimática; con lo cual conserva más sus características (Flores-Farías, 2004).

Para la actividad de agua ( $A_w$ ) (Cuadro 7), se encontraron diferencias significativas solo en el tratamiento T5-0/100 (solo harina de maíz). Para los demás tratamientos no se encontró diferencias significativas. Los valores aquí reportados están dentro de un rango seguro para almacenar el material sin que presente daño microbiológico (0.303 -0-486) (Cruz, 2005). La  $A_w$  es un parámetro importante en los alimentos ya que indica el grado de susceptibilidad que tiene un producto a la proliferación de microorganismos patógenos y deteriorativos. En general, alimentos con  $A_w$  menores de 0.7 tendrán un daño microbiológico mínimo si se almacena en condiciones apropiadas (Ponce, 2004). Por el contrario, alimentos con actividad de agua arriba de este valor, dicha susceptibilidad aumenta considerablemente. La tortilla es un alimento con  $A_w$  alta (arriba de 0.9), y por consecuencia es muy susceptible a la proliferación de microorganismos, principalmente hongos, aunque pueden aparecer también bacterias. Por esta razón, las harinas que se almacenan para ser utilizadas para elaborar tortillas, se mantienen con  $A_w$  por debajo de 0.4.

Para el color de la harinas se encontraron diferencias significativas en dos de los tres ejes que conforman este parámetro (a y b) ya que para el L no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Los valores de L aquí reportados, se encontraron fuera del rango reportado por Reyes-Moreno *et al.* (2003) para las principales harinas consumidas en México (Maseca y Minsa). Estos autores reportaron valores de L que van de 92.2 a 91.8. Es importante señalar que las harinas comerciales contienen aditivos que permiten obtener harinas y tortillas más blancas, de acuerdo con lo permitido en la NOM-187-SSA1-2002. En esta investigación el menor valor de  $\Delta E$  (11.60) lo presentó el tratamiento T3-50/50, valor más cercano del color blanco (placa de porcelana blanca), a diferencia del resto de los tratamientos cuyos  $\Delta E$  fueron más elevados y por lo tanto más alejados del color blanco, presentando por lo tanto un color más oscuro que los demás tratamientos.

Cuadro 7. Características físicas y fisicoquímicas de las mezclas de harinas de malanga y maíz

Tratamientos (%) Malanga/maíz	IAA (ggel/g)	ISA (%sólidos)	HH (% p/p)	Aw	L	a	b	$\Delta E$
T1- 100/0	2.71a	11.58a	7.72d	0.365b	84.38a	2.47a	7.29d	12.26b
T2 -70/30	2.52a	8.52b	8.76c	0.389b	85.06a	2.01ab	8.70c	12.60b
T3 -50/50	2.50a	8.12b	9.28b	0.390b	86.82a	1.86b	7.89cd	11.60b
T4 -30/70	2.49a	4.64c	9.27b	0.387b	85.35a	1.29c	11.24b	15.31a
T5 -0/100	2.56a	5.38c	10.15a	0.516a	83.38a	1.30c	12.71b	16.29a

Medias con la misma letra, en la misma columna, no tienen diferencias significativas (Duncan,  $p= 0.05$ )

IAA=Índice de absorción de agua (g de gel/g de harina, bs), ISA = Índice de solubilidad de agua. (% sólidos), HH=Humedad de harinas (% p/p), Aw = Actividad de agua, L, a, b y  $\Delta E$  = Parámetros de color Hunter Lab.

### 6.3 Características térmicas de las harinas de malanga y maíz

En el Cuadro 8 se presentan las características térmicas de las mezclas de las harinas experimentales. En el Cuadro 8 se muestran que la harina de malanga presenta diferentes temperaturas de gelatinización diferentes que la harina de maíz nixtamalizado. La harina de malanga (T1-100/0) gelatinizó a mayores temperaturas (76-84-89°C) que la harina de maíz (T5-0/100) (68.74-81°C). El resto de las harinas como fueron mezclas de las dos primeras, mostraron temperaturas de gelatinización dentro de las señaladas para cada una de las harinas utilizadas.

En el caso de las entalpías ( $\Delta H$ ) (Cuadro 8) se encontraron diferencias significativas entre todos los tratamientos evaluados, fluctuando entre 18.05 y 35.82 J/g donde el valor más bajo fue para el T5 0/100 y el más alto para el T1 100/0. Bello-Pérez *et al.* (2002) reportaron que valores bajos de entalpías de gelatinización en maíz, sugieren condiciones de procesamientos más severos, porque un tratamiento térmico drástico produce gelatinización del almidón con mayor grado de desorganización. Los valores de  $\Delta H$  altos significan que existe mayor cantidad de gránulos de almidón que puede desarrollar mayor viscosidad durante el amasado de la tortilla. El tratamiento T1-100/0 presentó la  $\Delta H$  más alta, y mostró, al momento de amasar para elaborar la tortilla, demasiada pegajosidad, por lo que la masa fue casi imposible de amasar y troquelar. Este comportamiento de la masa coincidió con lo reportado por Néder-Suarez *et al.* (2011) quienes concluyeron que entre menor fue la entalpía, las propiedades reológicas de la masa para elaborar tortillas fueron mejores.

La temperatura inicial de gelatinización (TIG) mostró diferencias significativas fluctuando entre 68.9 y 76.09 °C. El valor más bajo fue para el T5 0/100 y el más alto para el T1 100/0.

Coincidiendo con la temperatura de gelatinización (TG) donde el valor más bajo fue el T5 0/100 y el más alto T1 100/0.

Para temperatura final de gelatinización (TFG) se encontraron diferencias significativas, fluctuando los valores entre 79.04 y 89.63 °C, donde el valor más bajo fue para el T1-100/0 y el más alto para el T2-70/30. Este parámetro no presentó la misma tendencia que los parámetros antes analizados. En este caso la tendencia fue T1 >T5. Este comportamiento pudo ser debido a que, para esta prueba, la muestra que se utilizó fue una cantidad muy pequeña, en microgramos, y existe la probabilidad de que la porción que se tomó no haya sido la mezcla de harinas correcta, sino que la cantidad de harina de maíz haya sido mayor que la estipulada.

La gelatinización es la ruptura del orden de las moléculas en los gránulos de almidón, que genera el hinchamiento irreversible, la pérdida de la birrefringencia y la pérdida de la cristalinidad en el gránulo del almidón (Fennema, 2000).

Cuadro 8. Características térmicas de mezclas de harina de malanga y maíz nixtamalizado.

<i>Tratamientos</i> (%)	$\Delta H$ (J/g)	<i>TIG</i> (°C)	<i>TG</i> (°C)	<i>TFG</i> (°C)
<i>Malanga/maíz</i>				
T1- 100/0	35.82a	76.09a	84.03a	89.23b
T2 -70/30	34.10b	73.01b	83.29b	89.63a
T3 -50/50	33.43c	71.96c	83.12b	89.21b
T4 -30/70	21.92d	70.90d	78.94c	79.04d
T5 -0/100	18.05e	68.98e	74.80d	81.73c

Medias con la misma letra, en la misma columna no tienen diferencias Significativas (Duncan,  $p= 0.05$ )  $\Delta H$ . = Entalpía de gelatinización, TIG = Temperatura inicial de gelatinización, TG =Temperatura de gelatinización TFG = Temperatura final de gelatinización.

#### 6.4 Caracterización reológica de las harinas y tortillas de malanga y maíz nixtamalizado

En la figura 13 se presentan la viscosidad máxima desarrollada y la retrogradación de las mezclas de las harinas y tortillas elaboradas con éstas. La viscosidad máxima de las harinas mostró diferencias significativas entre casi todos los tratamientos, fluctuando entre 815 a 606cp, donde el valor más bajo fue para el T270/30 y el más alto para el T1-100/0. Flores-Farías *et al.* (2000), reportaron valores de 2592 cp para harinas comerciales. Esto indica varias cosas, primero, que las cantidades de muestra utilizadas fueron mayores a las aquí

utilizadas para la determinación. Esto es posible ya que tomando como base la metodología y el equipo, se tiene que el aumento de la viscosidad registrada por el equipo es directamente proporcional a la cantidad de materia seca que se utiliza, y segundo estas diferencias pueden deberse a que como estos mismos autores reportan en su estudio, las harinas comerciales probadas por ellos, encontraron aditivos, entre ellos goma CMC que produce una viscosidad muy alta. En el caso de las harinas aquí reportadas no contenían aditivo alguno. La viscosidad, determinada con el RVA, está relacionada inversamente con el grado de gelatinización de los almidones; un almidón después de gelatinizado y deshidratado al rehidratarse no desarrolla viscosidad, y por el contrario uno nativo, tiende a desarrollar la viscosidad a su máxima capacidad (Arámbula *et al.*, 2001).

La viscosidad es una de las principales variables que tienen cambios durante la gelatinización en los gránulos de almidón, y se ha relacionado con la severidad del proceso térmico, es decir del grado de cocción de la harinas y por ende su funcionalidad (Sahai *et al.*, 2001; Castillo *et al.*, 2009; Palacio Fonseca *et al.*, 2009). Durante la elaboración de la tortilla, debido a la alta temperatura y alta concentración de agua, ocurre la fusión de los gránulos de almidón, lo cual ayuda a formar la red estructural básica (Gómez *et al.*, 1990). Por lo que esta técnica permite entender el efecto de estos parámetros.

Para el caso de la viscosidad de retrogradación de las mezclas de las harinas, éstas mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, fluctuando entre 224 a 808 cp, donde el valor más bajo correspondió al tratamiento T1-100/0 y el más alto al T5-0/100. Una elevada retrogradación se atribuye a un elevado grado de asociación entre los residuos de las moléculas de almidón, causado por la fuerte tendencia de éstos a la formación de puentes de hidrógeno, principalmente, entre los grupos OH- presentes en las moléculas de almidón adyacentes, una vez que ha concluido el proceso de gelatinización y “pasting” (Palomino *et al.*, 2010). Una retrogradación alta no es deseable en productos como tortilla o pan debido a que indica pérdida de humedad, que se refleja en características de textura no adecuadas para el consumidor. Un valor alto de retrogradación da lugar a un producto que se endurece fácilmente a través del tiempo (Contreras-Jiménez, 2009). En esta investigación, el tratamiento T1-100/0, con 224cp reportó la más baja retrogradación, pero esto no significó que haya sido el mejor tratamiento para este parámetro, ya que al hacer masa con este material, ésta fue de consistencia chiclosa, siendo difícil su amasado. A diferencia de otras masas de cereales, en el caso de la masa de maíz nixtamalizado, se requiere que tanto la adhesividad como la fuerza a la compresión se encuentren en rangos considerados como

adecuados para que el material se pueda troquelar. Una masa se puede troquelar cuando es presionada entre dos láminas de plástico, hasta un espesor de al menos 2mm, y es capaz de despegarse sin romperse (Arámbula *et al.*, 2001).

En el caso de las tortillas de las mezclas de las harinas evaluadas figura 14, la viscosidad máxima desarrollada mostró diferencias significativas entre los tratamientos experimentales, fluctuando entre 66 a 525cp donde el valor más bajo correspondió al tratamiento T5-0/100 y el más alto al T1-100/0. Es importante mencionar que una baja viscosidad se atribuye a una alta gelatinización del almidón ocasionada, en este caso, por la molienda y el tratamiento térmico (Velas Medina, 2004). El menor daño de este tipo lo presentó el tratamiento T1-100/0. En cuanto a la retrogradación de las tortillas se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos fluctuando entre 120 a 288 cp donde el valor más alto correspondió al tratamiento T2-70/30 y el más bajo el T1-100/0 y T5-0/100.

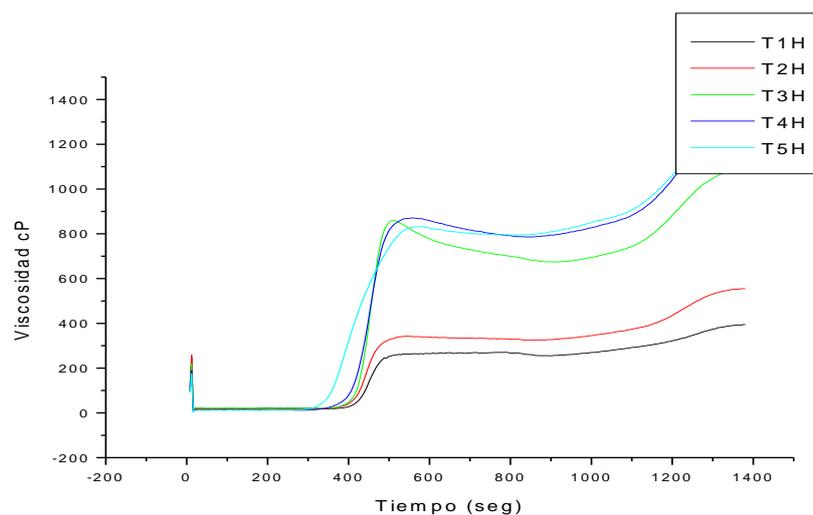


Figura 13. Perfil de amilográfico de harinas de malanga y maíz y mezclas en diferentes proporciones.

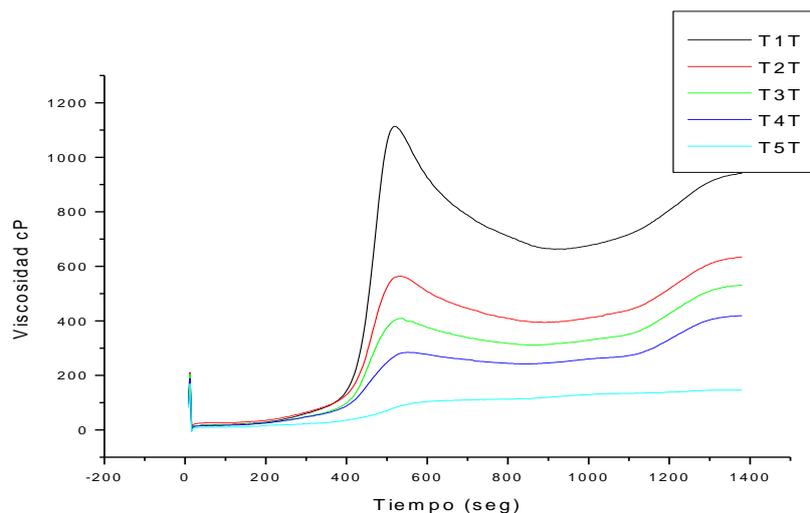


Figura 14. Perfil de amilográfico de tortillas elaboradas con mezclas de harinas de malanga y maíz en diferentes proporciones.

### 6.5 Características de masas de malanga y maíz

En el Cuadro 9 se presentan los parámetros fisicoquímicos de las masas obtenidas a partir de las mezclas. La CAA es una característica importante en las harinas comerciales de maíz nixtamalizado desde el punto de vista funcional y económico. La CAA está relacionada con el tamaño de partícula, el grado de gelatinización y el porcentaje de almidón dañado. Los valores reportados para la capacidad de absorción de agua (CAA) no mostraron diferencias significativas, solo el tratamiento T5-0/100 presentó diferencias significativas al compararlo con el resto de las harinas obteniendo 1.02 mL de agua/g de harina, el valor más alto. De acuerdo con CAA reportadas para las harinas comerciales de México, estas se encuentran entre 1.2 y 1.35 mL agua/g de harina (Flores Farías *et al.*, 2002). Las harinas de los tratamientos aquí evaluados se encuentran ligeramente por debajo del rango que se reportan para las harinas comerciales. Esto se puede deber a que las harinas comerciales contienen gomas y otros aditivos, que aumentan la CAA; además, otra probable causa de este comportamiento fue que el material de este experimento fueron mezclas de harina de malanga y maíz, y de acuerdo con los resultados, la harina de malanga sola acepta mucho menos cantidad de agua si se compara con la harina de maíz pura. En general, en los alimentos que contienen almidón en alta proporción, es este componente quien principalmente proporciona las características de textura a la masa de las harinas, (Gómez *et al.*, 1987).

La humedad de la masa de las mezclas (HM)(Cuadro10) presentan diferencias significativas, con valores en el rango 46 a 54%; donde el valor más bajo correspondió al tratamiento T1-100/0 y el más alto, al tratamiento T5-0/100. Antuna *et al.* (2008) reportaron que, en una masa de maíz de buena calidad para la elaboración de tortillas, la humedad debe oscilar entre los 50 y 58 %. En esta investigación los tratamientos que se situaron dentro de este rango fueron el tratamiento T4- 30/70 y el T5-0/100. La HM está directamente relacionada con el RM, a mayor humedad, mayor rendimiento; lo que se traduce en un beneficio económico para el industrial.

Campus-Baypoli *et al.*, (1999) reportaron que al aplicar un excesivo calentamiento, los gránulos de almidón pierden su estructura e integridad formando una pasta gelatinizada con mayor índice de absorción de agua. Con esto, de acuerdo con este experimento, se puede obtener masa con mayor CAA, pero su adhesividad aumenta demasiado, y resulta imposible su manejo para la elaboración de las tortillas. Este fenómeno se presentó en los tratamientos T1-100/0, T2-70/30 y en menor grado el T3-50/50.

Para el rendimiento de masa (RM) se encontraron diferencias significativas solo para el tratamiento T5-0/100, este parámetro fluctuó entre 1.95 y 2.02 kg masa/ kg harina. El RM es una de las propiedades más importante en la harina de buena calidad, y es directamente proporcional a la CAA, el cual está relacionado con el grado de gelatinización. Es importante señalar que existe una estrecha relación entre la temperatura de cocimiento y la capacidad de absorción de agua, y que los efectos de estas variables repercutirán en la humedad y reología de la masa (adhesividad y cohesividad). Las temperaturas altas producen mayor gelatinización del almidón aumentando la capacidad de absorción de agua (Bello-Pérez *et al.*, 2002), pero se debe de valorar el resto de las características como la adhesión.

La fuerza de adhesión es la interacción que tienen los componentes de la masa para formar una buena red. Una masa sin adhesión no presenta la consistencia adecuada para troquelar tortillas; y por el contrario una masa demasiada adhesiva (chiclosa) no permite formar tortillas, ya que se pega al momento de troquelar, lo que no permitirá ser formada y transportada al comal para su cocimiento (Arámbula *et al.*, 2001). Para obtener una buena adhesión, el almidón debe gelatinizarse parcialmente (<5%), y debe de tener un alto contenido de agua (Gómez *et al.*, 1992).

La adhesión (Cuadro 9) presentó diferencias significativas entre algunos de los tratamientos evaluados, fluctuando entre 0.019 y 0.021 kg, donde el valor más bajo correspondió al

tratamiento T3-50/50 y el más alto al T5-100/0. Martínez-Flores *et al.*(1998) reportaron una adhesividad para masa de 0.014 a 0.051 kg. Este parámetro es importante porque se relaciona con la funcionalidad de la masa; valores muy altos se atribuyen una alta gelatinización del almidón y se considera indeseable ya que la masa es pegajosa y difícil de troquelear (Bello Pérez *et al.*, 2002; Flores-Farías 2004).

En el caso de la fuerza de cohesión, que es la capacidad que tienen las moléculas, para mantenerse unidas y está directamente relacionada con la adhesión. Los resultados presentaron diferencias significativas entre casi todos los tratamientos evaluados. Solamente los tratamientos T1- 100/0 y T3-50/50 resultaron sin diferencias. Todos los valores estuvieron el rango de 0.059 a 0.125; y el valor más bajo correspondió al tratamiento T2-70/30 y el más alto al T5-100/0. Martínez-Flores *et al.*(1998) y Flores-Farías (2004), reportaron una cohesividad para masa de 0.074 a 0.2 kg. Con base a lo reportado la cohesión obtenida se encontró dentro de los valores reportados por otros investigadores.

Cuadro 9. Características de masas elaboradas con mezclas de harinas de malanga y maíz en diferentes proporciones.

<i>Tratamientos (%)</i> <i>Malanga/maíz</i>	<i>CAA (ml/g)</i>	<i>HM (%)</i>	<i>RM (Kg/Kg)</i>	<i>ADHE (Kg)</i>	<i>COHE (Kg)</i>
T1- 100/0	0.96b	46.00d	1.96b	0.019b	0.072c
T2 -70/30	0.95b	48.10c	1.95b	0.021a	0.059d
T3 -50/50	0.94b	46.03d	1.94b	0.019b	0.077c
T4 -30/70	0.96b	50.23b	1.96b	0.020ab	0.090b
T5 -0/100	1.02a	54.20a	2.02a	0.020ab	0.125a

Medias con la misma letra, en la misma columna, no tienen diferencias significativas (Duncan p=0.05). CAA=Capacidad de absorción de agua (ml de agua/g de Harina), HM= humedad de la masa, RM= Rendimiento de la masa (Kg de harina/ Kg de masa), ADHE= adhesión, COHE=Cohesión.

## 6.6 Características físicas y fisicoquímicas de tortillas de malanga y maíz

En el Cuadro 10 se presentan la pérdida de peso durante la cocción (PPDC), inflado, rolabilidad, humedad de las tortillas (HT) y rendimiento (RT).

El parámetro de PDDC presentó diferencias significativas entre los tratamientos, T2-70/30, T3-50/50 y T5-0/100 comparados con los tratamientos T1-100/0 Y T4-30/70, fluctuando entre 20.11 y 25.17 %, donde el valor más bajo correspondió al tratamiento T1 100/0 y el más alto al T3 50/50. La PDDC es un parámetro relacionado con la humedad de la masa, la temperatura y el tiempo de cocimiento en el comal, así como también el rendimiento de

tortilla está, relacionado con la pérdida de peso y la capacidad de absorción de agua de las harinas (Flores-Farrias, 2004). Arámbula *et al.* (2001) reportaron que las mejores tortillas son aquellas que presenta una PDDC de aproximadamente 16 % para que posea cualidades óptimas de textura, aunque el rango que se acepta como adecuado está entre 16 a 20 %. Los valores reportados en este trabajo se encuentran por arriba de los reportados por otros investigadores. Estas diferencias pueden deberse al tipo de material que se usó para hacer las mezclas, ya que los valores reportados son para tortillas de puro maíz nixtamalizado, y en este caso son mezclas de harinas de maíz y malanga.

El inflado (Cuadro10) no mostró diferencias significativas entre los tratamientos experimentales, de forma general, la ampolla o inflado en la mayoría de las tortillas fue muy bueno, calificación de 1, infla completamente. El inflado de las tortillas es un parámetro deseable, y es el resultado de una buena o mala elaboración de la tortilla y de un bueno o mal manejo del proceso de producción en general (Yáñez-Ortega, 2005).

La rolabilidad no mostró diferencias significativas entre todos los tratamientos, en general, todas las tortillas elaboradas se enrollaron en forma de taco y no sufrieron rupturas. La rolabilidad tiene una fuerte relación con la humedad de las tortillas. En general las tortillas con humedades por encima de 35% será una tortilla suave y no quebradiza. Figueroa *et al.* (2001) mencionan que tortillas de nixtamal recién elaboradas, a temperatura de 30 °C, presentan una buena rolabilidad. La humedad de tortillas (HT) presentó diferencias significativas entre los tratamientos T1-100/0, T3-50/50 y T4-30/70 comparados con los tratamientos T2-70/30 y T5-0/100, fluctuando entre 37.91 y 40.11 %, donde el valor más bajo correspondió al tratamiento T2-70/30 y el más alto al T3-50/50. La HT es un atributo de calidad de las tortillas y tiene mucha influencia en las características de textura de las mismas, ya que a mayor humedad, las tortillas son más suaves. Las tortillas con baja humedad se hacen rígidas y pierden sus propiedades de textura, por lo que se debe tener un buen control de los cambios que afectan estas propiedades organolépticas (Serna-Saldivar *et al.*, 1987). Los valores reportados en este trabajo concuerdan con los valores reportados por Antuna *et al.* (2008) para tortillas elaboradas con diversos tipos de maíz, cuyos resultados estuvieron entre un rango de 32.5 a 47.9 %. Arámbula *et al.* (2001) mencionaron que una HT entre 42 y 44% son las que presentaron la mejor textura. Comparándolas con este estudio, la HT resultó por debajo del rango antes mencionado. Esto se debe a que las mezclas de las harinas presentaron también una CAA baja, y de haberse añadido mayor cantidad de agua a la harina, la masa se hubiera tornado chiclosa y difícil de amasar.

El rendimiento de tortillas (RT) presentó diferencias significativas entre los tratamientos T1-100/0, T4-30/70 y T5-0/100 comparados con los tratamientos T2-70/30 y T3-50/50, fluctuando entre, 1.48 y 1.56 kg masa/ kg harina. El valor más bajo correspondió al tratamiento T2 70/30 y el más alto al T1 100/0. Los valores reportados en este trabajo se encuentran dentro del rango publicado por Martínez-Flores *et al.* (2002) quienes en contraron rendimientos entre 1.2 a 1.5 kg de harina/kg de masa para maíces del tipo criollo de la región central de México.

Cuadro 10. Características físicas y fisicoquímicas de tortillas elaboradas con mezclas de harinas de malanga y maíz nixtamalizado en diferentes proporciones.

<i>Tratamientos (%)</i> <i>Malanga/maíz</i>	<i>PPDC (%)</i>	<i>INFLA</i> <sup>1</sup>	<i>ROL</i> <sup>2</sup>	<i>HT (%)</i>	<i>RT (Kg/Kg)</i>
T1- 100/0	20.11c	1.60a	1.0a	40.09a	1.56a
T2 -70/30	24.21a	1.60a	1.0a	37.91b	1.48b
T3 -50/50	25.17a	1.20a	1.2a	40.11a	1.49b
T4 -30/70	21.64b	1.20a	1.0a	39.63a	1.54a
T5 -0/100	24.41a	1.40a	1.0a	38.53b	1.54a

Medias con la misma letra, en la misma columna no tienen diferencias significativas (Duncan, p= 0.05). PPDC= pérdida de Peso durante el cocimiento, INFLA= inflado, ROL= rolabilidad, HT= humedad de la tortilla, RT= rendimiento en tortillas (kg masa/kg harina). 1= escala donde 1 inflado completo, 2 inflado intermedio y 3 sin inflado. 2= escala 1 al 5, 1= 0 %; 2 de 1 a 25 %; 3 de 26 a 50 % ; 4 de 51 a 75 % y 5 de 76 a 100 % de rompimiento.

### 6.7 Características de color y textura de tortillas de malanga y maíz, nixtamalizado evaluadas a tres tiempos de almacenamiento

El color de las tortillas es importante para la aceptación del producto por el consumidor, ya que existen zonas en el país en la que prefieren tortillas muy blancas o en contrastes lugares donde prefieren tortillas amarillas u oscuras (Almeida and Rooney 1996).

En el Cuadro 11 se muestra el color de las tortillas de los tratamientos a tres tiempos de almacenamientos. Para la luminosidad (L) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos y tiempo de almacenamientos, fluctuando entre 43.98 y 66.30 entre tratamientos. Donde el valor más bajo correspondió al tratamiento T1- 100/0 y el más alto al tratamiento T5-0/100. Para tiempo de almacenamiento se encontraron diferencias significativas entre las 0 h a 24 h y 48 h.

Para (a) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos T1- 100/0 y T2- 30/70 con respecto al T3-50/50 y T4- 30/70, el T5-0/100 se mostró más alejado de los demás tratamientos. Para (a) con respecto a los tiempos de almacenamientos no se encontraron diferencias significativas. Para (b) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos T2-70/30 y T3 50/50 con respecto al T1-100/0 y el T4 30/70, el T5-0/100 se mostró más alejado de los demás tratamientos. Para (b) con respecto a los tiempos de almacenamientos se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 0h y 24 h a 48h. Para  $\Delta E$  se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos T3-50/50 y T4 30/70 respecto al T1-100/0 y T2 70/30, el T5-0/100 se mostró más alejado de los demás tratamientos. Para  $\Delta E$  con respecto a los tiempos de almacenamientos se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 0h a 24 h y 48h.

En general, las tortillas que se tornaron más oscuras fueron las del tratamiento T1-100/0 resultaron con mayor  $\Delta E$ , 50.11, el más alejado del blanco, a diferencia del T5 0/100 que mostro un menor  $\Delta E$  31.0 y fue el más cercano al color blanco (placa de porcelana blanca). En la Figura 15 se muestra que el tratamiento T1-100/0 está más cercano al color rojo como era de esperarse ya que este tratamiento es 100 % harina de malanga, en contraste con el T5-0/100 que está más cercano al color amarillo, ya que este tratamiento es 100% harina de maíz.

Cuadro 11. Parámetros de color de tortillas elaboradas con mezclas de harinas de malanga y maíz nixtamalizado a tres tiempos de almacenamiento.

<i>Tratamientos</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	$\Delta E$
T1- 100/0	43.98e	5.48a	9.21d	50.11a
T2 -70/30	48.38d	5.41a	11.27c	47.03b
T3 -50/50	51.73c	4.19b	11.90c	44.75c
T4 -30/70	54.94b	3.75b	13.11b	41.52c
T5 -0/100	66.30a	1.57c	16.09a	31.00e
0 h	64.20a	4.13a	16.25a	34.50b
24 h	46.50b	3.88a	9.84a	47.11a
48 h	47.52b	4.24a	11.20b	46.84a

Medias con la misma letra, en la misma columna dentro del mismo grupo, no tienen diferencias significativas (Duncan  $p= 0.05$ ). L, a, b y  $\Delta E$  = parámetros de color Hunter Lab.

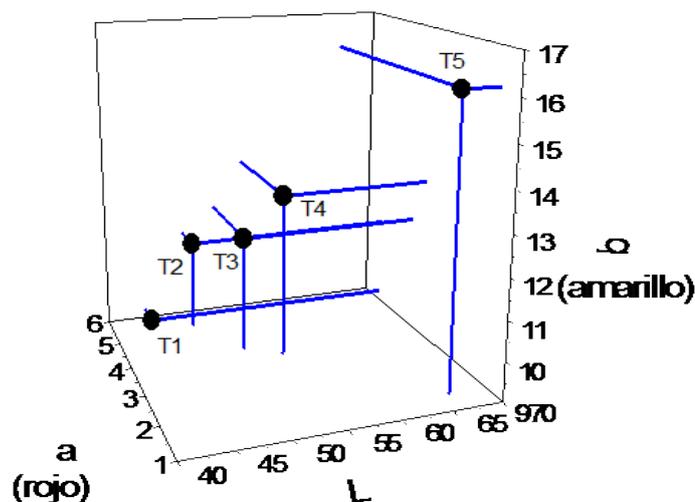


Figura 15. Color de tortillas de malanga y maíz de todos los tratamientos a tres tiempos de almacenamiento.

Las propiedades de textura de un alimento son el grupo de características físicas que depende de los elementos estructurales del material y se relaciona con la deformación, desintegración y flujo por aplicación de una fuerza. En el cuadro 12 se presentan la tensión y la resistencia al corte de las tortillas elaboradas con harinas de malanga/maíz nixtamalizado en diferentes proporciones, encontrando diferencias significativas, para la tensión y la fuerza al corte y siendo afectadas por el tiempo de almacenamiento. Almeida y Rooney (1996) reportaron que la pérdida de suavidad de la tortilla, al enfriarse durante el almacenamiento, se debe en gran medida a la formación de una estructura rígida, causada por la retrogradación del almidón, asociados, a las proteínas, fibras y otros componentes químicos. La fuerza a la tensión y la resistencia al corte son las propiedades de textura de las tortillas con las que se evalúa la plasticidad y el grado de dureza del producto; entre más suave y blanda sea una tortilla, está requiere menos trabajo para su masticación y el producto será de mejor calidad (Antuna *et al.*,2008).

Para tensión no se encontró diferencias significativas en ninguno de los tratamientos. Respecto al tiempo de almacenamiento, se encontraron diferencias significativas entre las 0 y las 24 horas con respecto a las 48 horas en las tortillas almacenadas. A mayor tiempo de almacenamiento, la tensión aumentó para todos los tratamientos. Para el corte a las 0 horas se encontró diferencias significativas solo para el T1-100/0 con 2.77 kg, resultando las más

duras que los demás tratamientos. Para corte a las 24 horas se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos T1-100/0, T3-50/50 y T5-0/100 comparados con los tratamientos T2-30/70 y T4-30/70, fluctuando entre, 1.17 y 2.07 kg. Resultando las más duras el tratamiento T5-0/100. Para corte a las 48 horas se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos T3-50/50 y T5-0/100 comparados con los tratamientos T1-100/0, T2-70/30 y T4-30/70 fluctuando entre, 1.76 y 5.56 kg, resultando las más duras el tratamiento T2-70/30.

Cuadro 12. Tensión y corte de tortillas elaboradas con mezclas de harinas de malanga y maíz nixtamalizado a tres tiempos de almacenamiento

Tratamientos (%) Malanga/maíz	Tension (kg)			Corte (kg)		
	0 h	24 h	48 h	0 h	24h	48 h
	T1- 100/0	0.19a	0.40b	0.42b	2.77b	1.67b
T2 -70/30	0.20a	0.55b	0.40b	1.17a	1.17a	5.56b
T3 -50/50	0.16a	0.42b	0.56b	1.00a	1.76b	3.19a
T4 -30/70	0.13a	0.43b	0.51b	0.84a	1.33c	3.20b
T5 -0/100	0.20a	0.36b	0.43b	0.93a	2.07b	1.76a

Medias con la misma letra, en la misma columna no tienen diferencias significativas (Duncan p= 0.05).

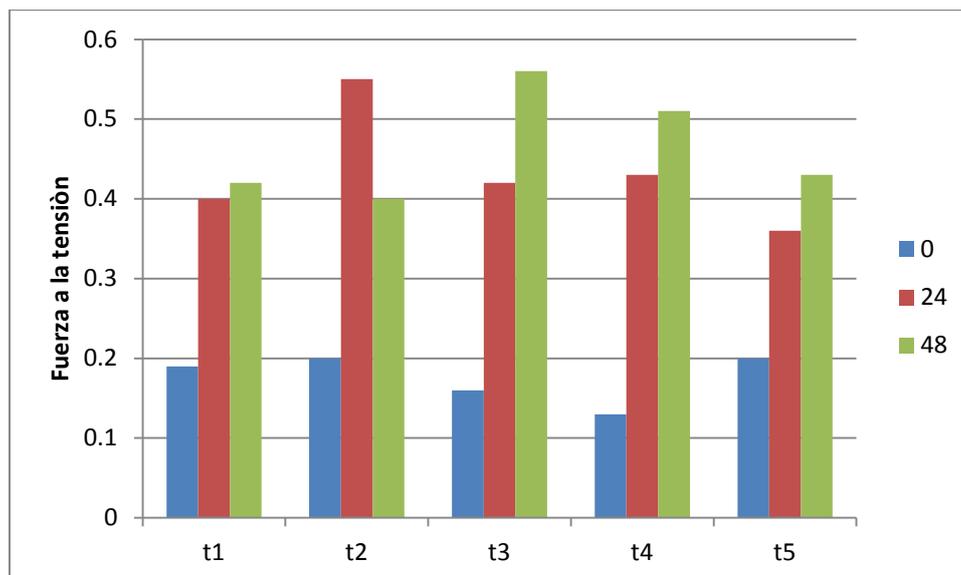


Figura 16. Fuerza a la tensión, de tortillas elaboradas con harinas de malanga/maíz en diferentes proporciones, evaluadas a diferentes tiempos de almacenamiento.

En la Figura 16 se muestra que después de evaluar esta característica, los resultados indican para la resistencia a la tensión, que al aumentar las horas de 0 a 48, las tortillas se tornaron más resistentes, siendo el T3-50/50 el tratamiento de mayor resistencia a la tensión.

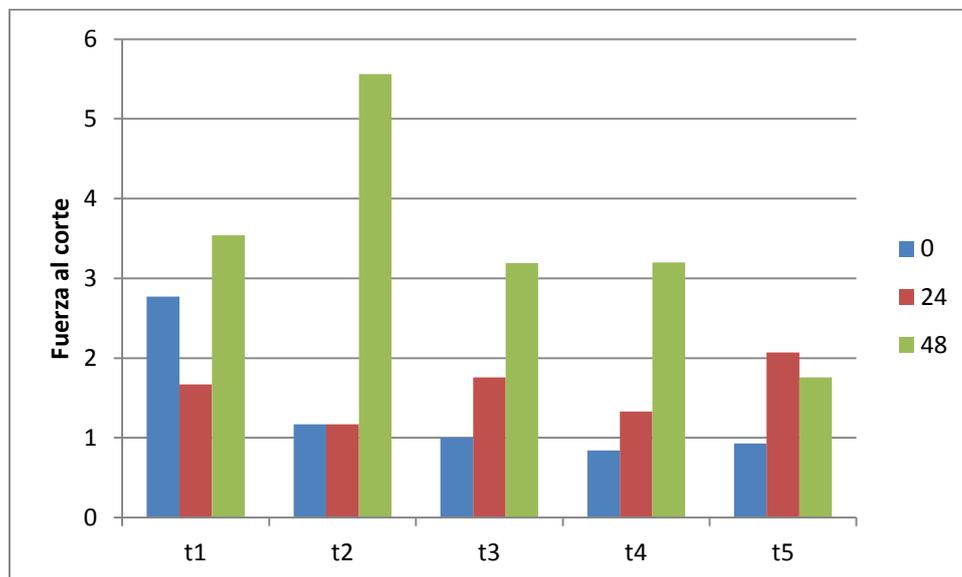


Figura 17. Fuerza al corte de tortillas elaboradas con harinas de malanga/maíz en diferentes proporciones, evaluadas a diferentes tiempos de almacenamiento.

En la Figura 17 se muestra que después de evaluar esta característica, los resultados indican que, las tortillas de todos los tratamientos de forma general se tornaron más resistentes a las 48 horas, con excepción del tratamiento T5-0/100.

### 6.8 Evaluación sensorial de las tortillas de malanga y maíz nixtamalizado

En el Cuadro 13 se muestra los resultados de la encuesta de preferencias de tortillas en general (Figura 18). Las personas que contestaron la encuesta fueron consumidores jóvenes en un rango de 25-34 años. Para la variable “sexo” se encontró que hubo un balance entre hombres y mujeres en cuanto al número de consumidores. Para la variable “consumo de tortillas” se encontró que la mayoría de los encuestados consumen entre 1 a 3, o de 2 a 4 tortillas por día, aunque hay quienes consumen de 7 a 9. Para la variable “tipo de tortillas que consume con mayor frecuencia”, el 85 % de los consumidores contestó que las compradas en tortillerías. Para la variable “características generales” se encontró que para la mayoría de los consumidores lo más importante es el sabor y la apariencia en general de las tortillas. El 90

% de los consumidores si conoce la malanga, de estos el 97.5% contestó que si probaría la tortillas elaboradas a partir de harina de malanga.

Cuadro 13. Resultados de la prueba de preferencias general de tortillas elaboradas con harinas de malanga y maíz nixtamalizado.

Edad (años)	%	Sexo (%)	Consumo tortillas (Numero)	consumidores (%)	Características (%)	Características (%)	Conoce la malanga (%)	Probaría la malanga (%)
18-24	28.75	Fem	1-3	30	1 7.5	Apariencia 27.5	NO 10	NO 2.5
25-34	46.25	45	4-6	26.25	2 7.5	Color 5	SI 90	SI 97.5
35-44	11.25	Masc.	7-9	13.75	3 85	Grosor 6.25		
45-54	7.5	55	>10	12.5		Mastica 15		
>55	6.25			17.5		Olor 1.25		
						Resisten 6.25		
						Sabor 38.75		

Edad: 1(18-24) ,2(25-34), 3(35-44), 4(45-54), 5 (más 55),Tipo: 1(elaborada den casa con harina),2 (elaborada en casa con maíz), 3(comprada en tortillerías), Consumo: 1(1-3tortillas), 2( 4-6 tortillas),3(7-9 tortillas), 4(10 más tortillas), 5(ocasionalmente).



Figura 18. Desarrollo del análisis sensorial de las tortillas malanga/maíz nixtamalizado.

En el Cuadro No. 14 se presentan los resultados de aceptabilidad sensorial de los atributos de las tortillas evaluadas. En general todos los tratamientos estuvieron, en la escala hedónica utilizada, en los niveles de gusta un poco y gusta moderadamente.

Para el atributo “apariencia general”, se mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. El valor más bajo correspondió al tratamiento T5 0/100 y el más alto al tratamiento T2 comer. De los tratamientos de las tortillas que fueron elaboradas con malanga como ingrediente, el tratamiento T3 fue el que obtuvo el valor más alto. Los valores fluctuaron entre  $6.21 \pm 1.7$  y  $7.21 \pm 1.17$ . El tratamiento T5 fue el menos aceptado debido, probablemente, a su color amarillo, pues en la región geográfica donde se realizó este estudio, este color no es común para las tortillas, ya que se prefieren de color blanco.

Los valores de agrado por apariencia general para todos los tratamientos fueron ligeramente superiores al rango publicado por Herrera-Corredor *et al.* (2007), quienes reportaron valores que fluctuaron entre 5.1 y 6.7 para tortillas de maíz, lo cual sugiere que las tortillas de malanga y de maíz (tratamiento T5) están dentro del universo de aceptación reportada.

Para el atributo de color se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, fluctuando sus valores entre  $6.08 \pm 1.96$  y  $7.4 \pm 0.92$ . El valor más bajo correspondió para el tratamiento T5 0/100 y el más alto el tratamiento T2 comer. Los tratamientos de tortillas elaboradas con malanga fueron aceptados con valores por encima de 6. Para los tratamientos T3-(50/50), T4 (30/70) y T5 (0/100) no hubo diferencias significativas entre sí, comparados con los tratamientos T1 comer y T2 comer.

Para el atributo de grosor se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. El valor más bajo correspondió para el tratamiento T5 0/100 y el más alto el tratamiento T2 comer, T1 comer, T3-50/50 y T4 30/70 comparados con los tratamientos T2 comer y T5 0/100 fluctuando entre  $6.19 \pm 1.53$  y  $7.27 \pm 1.16$  donde las variaciones que mostraron entre tratamientos se deben a que T1 y T2 fueron fabricados comercialmente con máquinas diferentes. En el caso T3-(50/50), T4 (30/70) y T5 (0/100) fueron elaborados con una misma máquina. Los tratamientos T3-(50/50), T4 (30/70) fueron más aceptados por su grosor lo que indicó que la malanga es un ingrediente con buena aceptación.

Para el atributo “facilidad para hacer rollo la tortilla” no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos T1 comer y T2comer, pero sí con respecto a los tratamientos T3-50/50, T4 30/70 y T5 0/100. Los valores fluctuaron entre  $5.94 \pm 1.86$  y  $7.48 \pm 1.13$  donde el valor más bajo correspondió para el tratamiento T5 0/100 y el más alto para el tratamiento T2 comer.

Para el atributo de “rompimiento” se presentaron diferencias significativas entre casi todos los tratamientos. Los valores fluctuaron entre  $6.15 \pm 1.86$  y  $7.02 \pm 1.52$  donde el valor más bajo correspondió para el tratamiento T5 (0/100) y el más alto para los tratamientos T3 (50/50) y T4 (30/70).

Respecto al atributo de “olor” el valor más bajo correspondió para el tratamiento T5 0/100 y el más alto para el tratamiento T2comer. No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos T1comer, T3 (50/50) y T4 (30/70) comparados con los tratamientos T2comer y T5 (0/100).

En el caso del atributo de “masticar” los valores fluctuaron entre  $5.94 \pm 1.56$  y  $7.27 \pm 1.16$ ; el valor más bajo correspondió para el tratamiento T5 0/100 y el más alto para el tratamiento T2. El tratamiento T1comer no fue significativamente diferente al tratamiento T2.

Para el atributo de “sabor” los valores fluctuaron entre  $5.85 \pm 1.76$  y  $7.35 \pm 1$ , el valor más bajo correspondió para el tratamiento T5 0/100 y el más alto para el tratamiento T2comer.

Los resultados para el atributo de “gusto” mostraron que los valores de aceptación fluctuaron entre  $6.06 \pm 1.56$  y  $7.27 \pm 1.18$  y donde el valor más bajo correspondió para el tratamiento T5 0/100 y el más alto para el tratamiento T2 comer. No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos T1comer, y T2comer comparados con los tratamientos T3-50/50, T4 30/70 y T5 0/100

En general, el tratamiento que resultó con mejores calificaciones en los atributos fue el T2 comer y el que mostró las más bajas calificaciones fue el tratamiento T5 0/100. El tratamiento T2 comer, fueron tortillas compradas en una tortillería comercial de la localidad, y el tratamiento T5 fueron tortillas elaboradas con el 100 % de harina de maíz nixtamalizado.

Esto significa que los tratamientos T3 50/50 y T4 30/70 estuvieron dentro de los rangos de valores aceptados por los consumidores, ya que sus calificaciones se encontraron en el punto medio aproximadamente. También indica que los atributos de las tortillas elaboradas con estos tratamientos fueron muy similares a los de las tortillas comerciales.

Cuadro 14. Grado de aceptación de atributos sensoriales de tortillas elaboradas con harina de malanga/maíz nixtamalizado.

<i>Atributos</i>	<i>T1 Comer1</i>	<i>T2 Comer2</i>	<i>T3 50/50</i>	<i>T4 30/70</i>	<i>T5 0/100</i>
Apariencia	6.9 ± 1.48ab	7.21 ± 1.17a	6.52 ± 1.4ab	6.75 ± 1.26ab	6.21 ± 1.7b
Color	6.92 ± 1.56ab	7.4 ± 0.92a	6.54 ± 1.38b	6.52 ± 1.46b	6.08 ± 1.96b
Grosor	7.02 ± 1.59ab	7.27 ± 1.16a	6.56 ± 1.58ab	6.77 ± 1.6ab	6.19 ± 1.53b
Rollo	7.21 ± 1.68a	7.48 ± 1.13a	6.63 ± 1.47ab	6.71 ± 1.64ab	5.94 ± 1.86b
Rompimiento	6.65 ± 1.52bc	6.85 ± 1.49b	7.02 ± 1.52a	7.02 ± 1.49a	6.15 ± 1.86c
Olor	6.98 ± 1.63ab	7.13 ± 1.33a	6.63 ± 1.51ab	6.85 ± 1.62ab	6.25 ± 1.59b
Masticar	7.1 ± 1.63a	7.27 ± 1.16a	6.6 ± 1.4ab	6.71 ± 1.37ab	5.94 ± 1.56b
Sabor	7 ± 1.41ab	7.35 ± 1a	6.67 ± 1.56bc	6.48 ± 1.83abc	5.85 ± 1.76c
gusto	7.04 ± 1.34a	7.27 ± 1.18a	6.52 ± 1.68ab	6.56 ± 1.71ab	6.06 ± 1.56b

Medias de 18 repeticiones ± desviación estándar basada en un estudio, con 80 consumidores y una escala hedónica (1= disgusta muchísimo, 5= me es indiferente, 9 = gusta muchísimo). Medias con la misma letra, en un mismo renglón, no tienen diferencias significativas (Duncan, p=0.05).

En el Cuadro 15 se muestra el análisis canónico de cinco grupos diferentes de tortillas, reportando que los consumidores se concentraron en los atributos de rolabilidad, facilidad para masticar y sabor para diferenciar entre muestras. Mediante el análisis múltiple de varianza se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos y atributos analizados en forma independientes. También se mostraron diferencias significativas en los atributos analizados de manera conjunta y simultánea. Con base en la información del Cuadro 15, los atributos con mayor variabilidad fueron rollo, masticar, sabor, gusto y color. Pero en general todos los atributos fueron importantes como muestran sus altos coeficientes. El atributo que tuvo menos variabilidad fue rompimiento.

Cuadro 15. Estructura canónica de grupos discriminantes de tortillas elaboradas con harina de malanga/maíz nixtamalizado.

<sup>a</sup> Atributos	Can1
Apariencia	0.483864
Color	0.62741
Grosor	0.512227
Rollo	0.704056
Rompimiento	0.113224
Olor	0.381159
Masticar	0.654534
Sabor	0.673674
Gusto	0.605147
Wilks' Lambda	F value = 1.88
	P value < 0.0015

Basada en las varianzas grupales Can 1 se refiere a la suma dentro de las estructuras canónicas de una primera función discriminante <sup>a</sup>= indica atributos sensoriales que se acumulan para diferenciar a los grupos en can 1.

## 7. CONCLUSIONES

- Es posible obtener, bajo determinadas condiciones y proporciones de harina de malanga y maíz nixtamalizado, características de calidad similares a las de harina de maíz puro, para la producción de tortillas de buena calidad.
- La mezcla de harina que presentó mejores características físicas, fisicoquímicas y térmicas, en harinas, masas y tortillas, comparadas con las harinas y tortillas elaboradas con maíz puro, fue el tratamiento T4 30/70.
- La mezcla de harina del tratamiento T4 30/70 puede ser utilizada en la producción de tortillas sin que se vea afectada la calidad de las mismas.
- Finalmente, con el análisis sensorial realizado, se logró identificar que los atributos de mayor agrado para los consumidores fueron rolabilidad, facilidad para masticar y sabor. También, con base a este análisis los tratamientos T3 50/50 y T4 30/70 fueron bien aceptados por los consumidores, ya que los atributos de las tortillas elaboradas con estos tratamientos, fueron muy similares a los atributos de las tortillas comerciales.

## **8. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar una investigación nutricional comparativa entre la tortilla comercial y las elaboradas con mezclas de malanga/maíz nixtamalizado.
- También se recomienda realizar un estudio de mercado de las tortillas de malanga y obtener el nivel de aprobación entre la población.
- Además se recomienda realizar un estudio de factibilidad, en base a costos y disponibilidad, para el uso de la harina de malanga como materia prima para elaborar tortillas en forma comercial.
- Finalmente, es deseable continuar investigando fuentes alternas a los cereales, para sustituirlos en los múltiples productos en que estos son utilizados actualmente.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

AACC. 2001. DietaryFiberDefinition. Committee of the American Association of Cereal Chemists.The definition of dietary fiber. Cereal FoodsWorld, 46: 112-126.

Almeida,D.H. and Rooney, LW 1996. Avances de la manufactura y la calidad de los productos de maíz nixtamalizados. En excelencia de calidad de tortillas y botanas de maíz y trigo. Asociación Americana de Soya. UnitedSoybeanBoard. Ciudad. México pp: 14-19.

Amaya-Guerra, C. A., 2003. Efectos de la fortificación y enriquecimiento de tortillas regulares y de maíz de alta calidad proteica en el desarrollo fisiológico, cerebral y desempeño en el aprendizaje de ratas de laboratorio. Tesis Doctoral. Fac. de Ciencias Biológicas, UANL. Monterrey, N.L., México.

Anderson, R. A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F., Griffin Jr. 1969. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion-cooking. Cereal Science Today: 14: 4-12.

Antuna, G.O.; Rodríguez, H.S.A., Arámbula, V. G.; Palomo, G.A.; Gutiérrez, A.E.; Espinosa, B.A.; Navarro, O.E.; Enriquez, A.E 2008. Calidad tortillera en maíces criollos de México. Rev. FitotecMex. 31(3):23-27.

Arámbula, V. G. 1998. Efectos de la cal y de los principales componentes químicos del grano de maíz sobre la calidad de las tortillas elaboradas con harinas instantáneas obtenidas mediante un proceso no convencional de nixtamalización. Tesis de Doctorado. CINVESTAV Querétaro, México, D.F.

Arámbula, V. G., Barron, A. L., González H. J., Moreno, M. E y Luna, B. G. 2001. Efecto del tiempo de cocimiento y reposo del grano de maíz (*Zea mays*) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas, reológicas, estructurales y texturales del grano, masa y tortillas de maíz.ALAN. 51(2):187-194.

Arámbula, V. G., Méndez, A. A., González, H. J., Gutiérrez, A. E., y Moreno, M. E. 2004. Evaluación de una metodología para determinar características de textura de la tortilla de maíz. ALAN. 54(2): 216-222.

Arámbula, V.G., González-Hernández, J., Moreno, M. E. and Ordorica, F.C.A. 2002. "Characteristics of tortillas prepared from dry extruded masa flour added with maize pericarp". *Journal of Food Science*: 67(4): 1444-1448.

Arámbula, V.G.; Mauricio, S.R.A.; Figueroa, J.D.; González-Hernández, J.; and Ondorica, F.C.A 1999. Corn masa and tortillas from extruded instant corn flour containing Hydrocolloids and lime. *J. of Food Sc.* 64(1):120-124.

B.M. Watts.; G.L Ylimanki.;LE.Jeffery.; LG. Elías. 1992. Métodos básicos sensoriales para evaluar alimentos. Centro internacional de investigaciones para el desarrollo. Oficina regional para América Latina y el Caribe. Casilla de correos No. 6379, Montevideo, Uruguay P.65-73.

Bedolla, S.y Rooney, L.1983. Cooking maize for masa production. *Cereal Foods*

Bedolla, S.y Rooney, L.1984. Characteristics of U.S. and Mexican instant maize flours for tortilla and snack preparation.*Cereal FoodsWorld.* 29:732-735.

Bello-Pérez,L.A.; Osorio-Díaz, P.; Agama-Acevedo, E.; Núñez-Santiago, C.; Paredes-López, O. 2002. Chemical, physicochemical and rheological properties of masa and nixtamalized corn flour. *Agrociencia* 33(3): 319-328.

Bourne, M.C.1982. Food texture viscosity: concept and measurement academic press. New York, E.U. A.pp 1-19.

Cámaranacional de la industria molinera de trigo. Consultada febrero 2012 [http://www.harina.org/harina\\_def.php](http://www.harina.org/harina_def.php)

Campus-Baypoli, N.; Rosas, B.P.I.; Torres, C.H .; Ramírez, W.B.; Serna, S.S.O. 1999. Physicochemical changes of starch during maize tortillas production. *Starch Starke.* 51: 173-177.

Castillo, V.K.C.; Ochoa, M.L.A.; Figueroa, C.J.D.; Delgado, L.E.; Gallegos, I.J.A.; Morales, C. J. 2009. Efecto de la concentración de hidróxido de calcio y tiempo de cocción del grano

de maíz (Zeamays L.) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas y reológicas del nixtamal. ALAN. 59(4): 425-432.

CIAT 2002. Centro de internacional de agricultura tropical. Métodos para agregar valor a raíces y tubérculos alimenticios publicación manual para desarrollo de productos. Christopher Wheatley No. 269. Cali, Colombia P. 3-7.

CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, MX.) 2003. Consultado ene.20012. Disponible en [www.conacyt.mx/dadcytr/catalogo/ryt-malanga](http://www.conacyt.mx/dadcytr/catalogo/ryt-malanga).

Contreras J. B. L. 2009. Caracterización de harina de maíz instantánea obtenida por calentamiento óhmico. Tesis de Maestría CICATA, Querétaro.

Codex Standard 152-1985, Norma del Codex para la harina de trigo.

Cruz, H. E. 2005. Estudio de las propiedades físicas y fisicoquímicas del grano, nixtamal, masa y tortillas elaboradas con maíz germinado. Tesis de maestría. Universidad Veracruzana.

Elliasson AC, Gudmundsson M. 1996. Starch: Physicochemical and functional properties. En: Carbohydrates in Food. Marcel Dekker Inc, New York, pag. 431-503.

Ekue A., Girard S., Lohez M., Noirot V., Bellemere A., Libaud F., Prioult G. 1997. La transformación de la malanga: una perspectiva interesante pero difícil de concretar. Estudiantes de la Escuela Superior de Ingenieros y Técnicos para la Agricultura. Francia.

Englyst, H. N, Kingsman S. M, Cummings J. H. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. Eur J Clin Nutr, 46 (suppl): 33S-350S.

FAO, 2012. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Perspectivas de cosecha y situación alimentaria No.2 consultado en diciembre 2012 <http://www.fao.org/docrep/015/a1990s/a1990s00.pdf>

FAO 2007. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Manual de intercambio y manejo de germoplasma de yautía in vitro. Red de Cooperación Técnica en Producción de Cultivos Alimenticios. 24 p.

FAO 2007. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Alimentación y Nutrición. Aumento de alrededor del 4% de la producción mundial de cereales.

FAO 2006. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Alimentación y Nutrición. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo.

FAO 2003. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Perspectivas alimentarias. Sistema de información mundial sobre agricultura y alimentación. Consultada en noviembre del 2011  
<http://www.fundacioncajamar.es/mediterraneo/revista/me1503.pdf>

FAO 1998. Storage and processing of roots and tubers in tropics. Disponible en:  
<http://www.fao.org/docrep/x5415e/x5415e00.htm>. Consultada en Julio 2011.

FAO 1990. Oficina regional para América Latina y el Caribe. Utilización de alimentos tropicales: raíces y tubérculos. 39 p.

Fennema R, O. 2000 “Química de los alimentos”. Zaragoza, España. 2ª. Edición. Editorial Acribia, S. A.

Figuroa, J.D.C.; Acero, G.M.G.; Vasco, M.N.; Lozano, G.A.; Flores, A.L.; González. H.J. 2001. Fortificación y evaluación de tortillas de nixtamal. ALAN 51(3). 293-301.

Fundación Produce Sinaloa 2011. Ven en la malanga un cultivo factible para el sur de Sinaloa. Consultado en septiembre 2012. <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp33e59.pdf>

Flores-Farías R. 1997. Caracterización fisicoquímica y reológica de harinas comerciales de maíz (*Zea Mays L.*). Nixtamalizado. Tesis de Licenciatura, Departamento de Ingeniería Agroindustrial Universidad Autónoma de Chapingo. México.

Flores-Farías. R.; Martínez, B.F.; Salinas, M.Y.; Rios, E. 2002. Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. *Agrociencia* 36(5): 557-567.

Flores-Farías. R. 2004. Efecto de la incorporación de fibra dietética de diferentes fuentes sobre propiedades de textura y sensoriales en tortillas de maíz (*Zea maíz L.*). (M.C. Tesis). CICATA, Unidad Querétaro, Querétaro, Qro. <http://hdl.hadle.net/123456789/952>.

Flores-Farías, R; Martínez, B.F.; Salinas-Moreno, Y.; Kil- Chang, Y.; González- Hernández, J.; Ríos, E. 2000. Physicochemical and rheological characteristics of commercial nixtamalised Mexican maize flours for tortilla. *J. SciFoodAgric.* 80: 657-664.

Gaytán Martínez Marcela 2011. Estudio del calentamiento óhmico para la obtención de masa y harinas de maíz nixtamalizado. Tesis de doctorado. CICATA, Querétaro.

Gerald Plasch, Bingen. Soluciones prácticas y mezclas de harinas preparadas. consultada en Febrero del 2012 <http://www.muehlenchemie.de/downloads-expertenwissen/mc-convenience-plasch-esp.pdf>

Gómez, M.H.; Lee, L.K.; McDonough, C.M.; Waniska, R.D.; Rooney, L.W. 1992. Corn starch changes during tortilla and tortilla chip processing. *Cereal chem.* 69(3):265-279.

Gómez, M.H.; Rooney, L.W.; Waniska, R.D.; Pflugfelder, R.L. 1987. Dry corn masa flours for tortilla and snack food production. *Cereal Foods World.* 32(5): 372- 377.

Gómez, M.H.; Waniska, R.D.; Rooney, L.W. 1990. Effects of nixtamalization of conditions on starch in masa. *StarchStake.* 42(12): 475-482.

González, R.J.; Gordon, N.A., Veloci, M.E., Torres, R.L., Greef, D.M. 1991 Influencia de las condiciones de extrusión en las características en la harina de maíz para elaborar sopas instantáneas. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos,* 3 (1):87-96.

Herrera-Corredor, J.A., Saidu, J.E.P., Khachatryan, A., Prinyawiwatkul, A., Carballo-Carballo, A., Zepeda- Bautista, R. 2007 Identifying drivers for consumer acceptance and purchase intent of corn tortilla. Journal of Food Science. Vol. 72 No. 9

Holt SA, Brand Miller J. 1994. Particle size, satiety and the glycaemic response. Eur J Clin Nutr, 48:496-502.

Hunderlab 2001 principios básicos de medida y percepción de color versión 1.2. Consulta web Mayo 2012 <http://www.hunderlab.com/pdf/color-s.pdf>.

INCAP Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 2006. Conceptos y tecnologías para la elaboración y usos de harinas compuestas. 1p

INEGI 2000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Abasto y Comercialización de productos básicos. México. Consultada Febrero 2007. [http://www.inegi.gob.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/especiales/indesmex/2000/ifdm2000f.pdf](http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/especiales/indesmex/2000/ifdm2000f.pdf).

Jiménez Márquez Erika 2012. Elaboración de harina de 3 variedades de plátano verde (*Musa* spp.) y su uso como materia prima para la panificación. Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados Campus Tabasco.

Lierre, H. 2002. Malanga (*Xanthosoma Sagittifolium*. S. Agricultura N0. 5:19-22.

Loarca Huerta E. P., 2005. Elaboración de mezclas de malanga ajonjolí para la producción de alimentos listos para servir. Centro universitario de suroccidente instituto de investigación y desarrollo de suroccidente mazatenango, Suchitepéquez Guatemala. P 12.

Mauricio-Sánchez R.; Figueroa-Cárdenas J.D.; Suketoshi T.; Reyes-Vega M.D.; Ricon-Sánchez, F.; Méndez- Galván A. 2004. Caracterización de accesiones de maíz por calidad del grano y tortilla. Rev. Fitotec Mex. 25(003):213-222.

Malanga (*Colocasia esculenta* Schott): agronomía, botánica, ecofisiología; la malanga es una

planta netamente tropical. Consultado Febrero 2012

<http://www.personales.com/mexico/villahermosa/raices/malanga.htm>.

Martínez- Bustos F.; Figueroa, J.D.C. Sánchez-Sinencio, S.F., González - Hernández, J.; Martínez, M.J.L.; Ruiz- Torres, M.; Inventores; Centro de Investigación y de estudios Avanzados del I.P.N., assignee. 1996. Extrusion apparatus for the preparation of instantánea fresh corn dough or masa. U.S. Patent 5,558,886.

Martínez-Flores, H. E.; Martínez-Bustos, F.; Figueroa, J.D. C.; González-Hernández, J. 1998. Tortillas from extruded masa as related to corn genotype and milling process. *J. FoodSci.* 63: 130-133.

Martínez-Flores, H. E.; Martínez-Bustos, F.; Figueroa, J.D. C.; González-Hernández, J. 2002. Nutritional studies and biological assays in corn tortillas made from fresh masa prepared by extrusion and nixtamalization processes *J. Food Sci.* 67: 196-199.

Montaldo, A. 1991. Cultivos de raíces y tubérculos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (ICA). San José, Costa Rica. p 63-64.

Montaldo, A. 2004. Historia y distribución geográfica. In: Montaldo, A.; J. Mantilla; C. Zambrano; P. Zárraga (Eds.). *Las Aráceas Comestibles: Ocumo y Taro*. Ediciones OPSU. Caracas, Venezuela. pp. 15 – 22

National Academic Press 2005. Dietary, Functional, and Total Fiber. Dietary reference intakes. Cap 7. Whashington DC, pag. 339

Néder-Suarez, D. R. Talamás-Abbud, A. Quintero-Ramos, V. Santana-Rodríguez, R. Márquez-Meléndez, D. Lardizábal-Gutiérrez, K. Campos-Venegas, B. Ramírez-Wong. 2011 Método Alternativo para la Elaboración y Evaluación Físicoquímica y Sensorial de Masa y Tortillas de Maíz. *Symposium Internacional sobre Tecnologías Convencionales y Alternativas en el Procesamiento de Maíz*. Chihuahua, Chihuahua. México.

NMX-F-007-1982. Especificaciones para el empleo en la fabricación de pan, galletas y pastas

con harina de trigo.

NMX-F-046-S-1980. Online. Banco de normas. Harina de maíz nixtamalizado. Norma Mexicana. Dirección general de normas. Consultado Abril. 2012.

[http// www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-046-S-1980PDF](http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-046-S-1980PDF)

NMX-FF-034/1-SCFI. 2002. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano—cereales maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado especificaciones y métodos de prueba.

NOM-147-SSA1-1996. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, semolas o semolinas o sus mezclas productos de panificación. Consultado en Mayo 2012.

[http// www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/147ssa16.htm](http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/147ssa16.htm)

NOM-187-SSA1/SCFI-2002, Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Consultado Mayo 2012

[http// www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/187ssa1scfi02.htm](http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/187ssa1scfi02.htm)

Notas de desarrollo animal: la malanga isleña (*Colocasia esculenta*) es un cultivo de raíz que se siembra ampliamente en las zonas tropicales. Consultado Abril. 2012.

[http// www.echonet.org/tropicalag/ednissues/text\\_span/ edn58st.html](http://www.echonet.org/tropicalag/ednissues/text_span/edn58st.html).

Olguín Palacios, C- Álvarez Ávila, M. 2011. La malanga (*Colocasia esculenta* (L) Schott bajo un enfoque de investigación y desarrollo. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Vol. 4 No. 4, P 26-30.

Ordaz, OJJ, and Vázquez, C.G.M 1997. Vida de anaquel y evaluación sensorial en tortillas de maíz elaboradas con conservadores y mejoradores ALAN 47(4): 372-376.

Palacios-Fonseca, A.J.; Vázquez-Ramos, C.; Rodríguez-García, M.E. 2009. Physicochemical characterizing of industrial and tradicionalnixtamalized corn flours. J.Food Eng. 93:45-51.

Palomino, Carolina., Molina, Yulimar., Pérez, Elevina. 2010. Atributos físicos y composición química de harinas y almidones de los tubérculos de *Colocasia esculenta*(L.) Schott y

Xanthosomasagittifolium(L.) Schott. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela Rev. Fac. Agron. (UCV) 36 (2): 58-66.

Pérez, E., 2001. Modificación de las propiedades funcionales de harina y almidones extraídos de ocumo criollo (*Xanthosomasagittifolium*), ocumo chino (*Colocasia esculenta*), y batata (*Ipomea batata*) para su aprovechamiento en la formulación de alimentos horneados. Trabajo de Grado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 324 p

Pino, J.O. 2003. Evaluación nutricional y sensorial de extruidos de maíz (*Zea mays*) y ocumo chino (*Colocasia esculenta*) y su uso en bebidas. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 98 p.

Pontis HG, Del Campillo E. 1985. Fructans. En: Biochemistry of storage carbohydrates in green plants. Dey PM, Dixon R, editores. Academic Press, Londres, pag. 205-227.

Ponce, A.E. 2004 Bacterias lácticas productoras de bacteriocinas y su aplicación en su conservación de alimentos. II Simposio Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. P 84-86.

Reyes, C. P. 1990. El maíz y su cultivo. Editorial AGT, Editor S.A, 1ra edición. México, D.F. p. 85-87.

Reyes, H.S.; Reyes, C.R.; López, F.R. 1992. Estudios de texturogenos primarios, en nixtamal, masa y tortilla como base para determinación de calidad tortillera del maíz. Reporte interno de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politecnico Nacional México D.F.

Reyes-Moreno, C.; Milán-Carrillo, J.; Gutiérrez-Dorado, R.; Paredes-López, O.; Cuevas. Rodriguez, E.O.: Garzón-Tiznado, J.A. 2003. Instant flour from quality proteimmiaze (*Zea mays* L). Optimization of extrusion process. *LebenmsWiss. u- Technol.* 36: 685- 695.

Rodríguez. E., Fernández, Q. A., Alonso .A .L., Opiña, P.B., 2006. Reología de suspensiones preparadas con harina precocida de yuca. Ingeniería y desarrollo, Universidad del norte. Barranquilla Colombia. P 20.

RVA. 1992. Rapid Visco Analyzer. Software thermocline&thermovew. Manual. Versión 2.0. Sydney, Australia.

Sahai, D.; Buendia, M.O.; Jackson, D.S. 2001. Analytical techniques for understanding nixtamalized corn flour particle size and functionality relationships in masa flour sample cereal chem.. 78:14-18.

Salinas Moreno Y, Herrera Corredor J.A, Castillo Merino J. y Pérez Herrera. P. 2003. Cambios físico-químicos del almidón durante la nixtamalización del maíz en variedades con diferente dureza de grano. CEVAMEX., Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo. México. ALAN. 53(2): 2-9.

SAS. Statistical Analysis System. 2008. Cary NC: SAS Institute Inc USA.

Serna-Saldívar, S. O., Amaya-Guerra, C. A. 2008. Nixtamalización del maíz a la tortilla: Aspectos Nutrimientales y Toxicológicos. El papel de la tortilla nixtamalizada en la nutrición y alimentación. Universidad de Querétaro, Series Ingeniería. México. Rodríguez García, M., Serna Saldívar, S.O. y Sánchez Senecio, F. pp: 105-151.

Serna-Saldívar, S.O.; Knabe, D.A.; Rooney, L.W.; Tanksley, T.D 1987. Effect of lime cooking on energy and protein digestibilities of corn and sorghum cereal chem. 64: 247-252.

Sefa-Dedeh, S. y Agyr-Sacker, K.E. 2004. Chemical composition and the effect of processing on oxalate content of cocoyam *Xanthosoma sagittifolium* and *Colocasia esculenta* cormels. J. Food Chemistry. 85(4):479-487.

Shoemaker, C.F., Lewis, J.I., Tamura, M.S., Instrumentation for rheological measurements of food, en Food Technology, Vol. 41, pp 80-84.

Taracena Zamora Eduardo. 2004. Evaluación de efecto de dos medios basales con cinco combinaciones de auxinas y citocininas para inducción de brotes in vitro y enraizamiento de brotes, de malanga (*colocasiaesculenta*) schott. Tesis de licenciatura. Universidad de san Carlos Guatemala.

UBA, 1998. Historia del maíz consulta web, Marzo del 2012.<http://www.saber.golwen.com.ar/hmaiz.htm>

Vázquez J. A., Amaya C. A., Báez J. G., Núñez M. A. 2011. Fortificación de tortillas de maíz con harinas de frijol, amaranto y nopal y su evaluación proteínica durante 2 generaciones. Departamento de alimentos. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo, México p126.

Vázquez, A.R.1990. Correlación de medidas sensoriales e instrumentales para optimizar una metodología para medir textura en tortillas. Tesis profesional. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo, México. p 54-63.

Veles M. J. J. 2004. Caracterización de tostadas elaboradas con maíces pigmentados y diferentes métodos de nixtamalización. Tesis de Maestría. CICATA, Querétaro.

Viteri P. Carolina, 2009. Caracterización, física, química y funcional de harina de malanga blanca obtenidaa partir de malanga (*Xanthosoma*), para la creación de una norma, técnicas Ecuatorianas, por parte del Instituto Ecuatoriano de normalización. Tesis de Licenciatura, Universidad tecnológica equinoccial. Quito, Ecuador.

Watts, B. M., Ylimakl, G.L., Jeffery, L.E. 1992. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de Alimentos. Centro Internacional de Investigaciones para el desarrollo. Ottawa, Canadá.

Yáñez-Ortega Yadira, 2005 Nixtamalización por extracción de las fracciones del grano de maíz para la obtención de harinas instantáneas. Tesis de maestría CICATA, Querétaro.