

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



**EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE SORGO ROJO Y SORGO
BLANCO EN LA ELABORACIÓN DE TORTILLAS DE MAÍZ**

Por:

MARY CRUZ VICTORINO JASSO

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México, Octubre 2013.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Evaluación de la adición de sorgo blanco a maíz en la elaboración de tortillas.

Presentado Por:

MARY CRUZ VICTORINO JASSO

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial
Para Obtener el Título de.

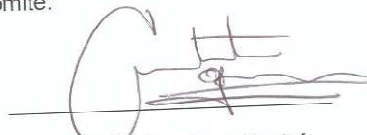
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Aprobada por el comité:



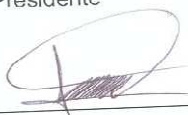
M.C. Sarahí del Carmen Rangel Ortega

Presidente



Dr. Antonio Aguilera Carbó

Vocal



Dr. Helidoro de la Garza Toledo

Asesor Principal



Lic. Laura Olivia Fuentes Lara

Vocal



Dr. Ramiro López Trujillo

Coordinador de la División de Ciencia Animal

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, OCTUBRE, 2013



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TESIS

EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE SORGO BLANCO A MAÍZ EN
LA ELABORACIÓN DE TORTILLAS.

POR:

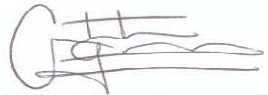
MARY CRUZ VICTORINO JASSO

Este trabajo fue dirigido por el siguiente comité asesor:

Dr. Heliodoro de la Garza Toledo
Asesor principal



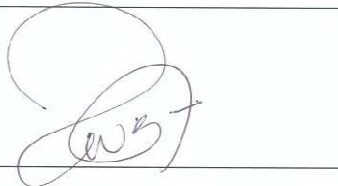
**Dr. Antonio Francisco Aguilera
Carbó**
Coasesor



**M.C. Sarahí del Carmen Rangel
Ortega**
Coasesor



M.C. Valentín Maldonado Balderas
Coasesor



SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, OCTUBRE, 2013

Agradecimientos

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a una persona que más que mi asesor, es un gran ser humano al cual admiro y respeto y es un honor para mí haber sido alumna de usted **Dr. Helidoro De La Garza Toledo**, gracias por creer en mí para la realización de este proyecto, es para mí un orgullo decir que usted fue mi maestro. Gracias por su confianza.

Al **Ing. Valentín Maldonado Balderas**, gracias por su apoyo incondicional para lograr concluir este proyecto, me llevo grandes aprendizajes de usted y sobre todo gracias por nunca rendirse y por el entusiasmo que puso en la realización de este proyecto, además de facilitar las instalaciones para llevar a cabo la elaboración de las tortillas. Es un gusto trabajar con personas como usted.

Al **Dr. Antonio Aguilera Carbó**, gracias por su colaboración pero sobre todo por su paciencia y por el apoyo brindado para la realización de este proyecto.

A la **M.C. Sarahi del Carmen Rangel Ortega**, por su paciencia, tiempo y dedicación para realizar las evaluaciones sensoriales, me llevo enormes aprendizajes de usted maestra, es un honor haber trabajado con usted.

Al **Q.F.B. Carlos Alberto Agustince García**, gracias por tu apoyo, tiempo y dedicación, además de brindarme tú amistad.

Al **T.A. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel**, gracias por tu paciencia y apoyo en la realización de los análisis bromatológicos.

Al **Ing. Héctor Hugo Velázquez Reyes** amigo gracias por tu colaboración, tiempo y dedicación y por demostrarme tu amistad siempre que lo he necesitado.

A todos mis maestros de la carrera profesional gracias de todos ellos me llevo grandes aprendizajes y buenos recuerdos, gracias por haberme formado como profesionista: **Dr. Heliodoro de la Garza Toledo, M.C. Xochitl Ruelas Chacón, Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez, M.C. María Hernández González, Dr.**

Mario Alberto Cruz Hernández, Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez, Médico María de Lourdes Morales Caballero, Lic. Víctor López, Miss Carmen Julia De la Torre Santana, Miss Patricia Dorantes, M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla, Dr. Antonio Aguilera Carbó, QFB. Carmen Julia García, M.C. Sarahí Rangel Ortega.

Con admiración y respeto a mis maestros de la preparatoria quienes me ayudaron en mi formación: **QFB. Juanita Villarreal Valdés, QFB. Rosalinda Villarreal Manzo, Médico Marisela Briones Valdés, Lic. Carmen Emilia García García, Lic. Guadalupe Cárdenas Treviño, QFB. Ana María Pérez Gutiérrez, Arq. Araceli Rodríguez Rodríguez.**

A mis hermanos de corazón y amigos **Ing. Pamela Gamboa Báez, Ing. Laura María Solís Salas, Ing. AnaKarenTrejo,Pamela, Ing. Luis Eduardo Pérez Vargas, Ing. Héctor Hugo Velázquez Reyes,** de todos obtuve grandes enseñanzas gracias amigos por su amistad.

Dedicatorias

A Dios principalmente por permitirme concluir mis estudios de manera satisfactoria y por no soltarme de su mano.

Para ti papá **Cruz Victorino Gallegos** porque siempre estuviste a mi lado y no me dejaste caer, a ti te debo cada uno de mis logros y contigo me refugie en mis fracasos, sin tu apoyo jamás hubiera logrado culminar mis sueños y mis metas profesionales, me siento orgullosa de ser tu hija porque con tu ejemplo has logrado que sea la persona que soy te amo papá y este logro va por ti te amo papá.

Para ti mamá **Cristina Jasso Galván** por tu cariño, comprensión y ayuda a lo largo de mi vida como estudiante porque desde niña me enseñaste a ser una persona honesta, responsable. Porque ahora puedo compartir este logro contigo, gracias por tu apoyo cuando lo necesite por tus consejos y por tus regaños todos siempre por una razón lograr que sea el ser humano que soy te lo debo a ti, te amo mamá.

Para mi mejor amiga mi cómplice desde que nací **Ing. Ana Gabriela Victorino Jasso** con quien he compartido toda mi vida quien sabe todo de mi y cuida de mí, fue un placer haber logrado culminar este sueño juntas, y me siento orgullosa de ti, se que juntas lograremos más triunfos te amo hermana.

Para mi hermano **Gerardo Victorino Jasso**, gracias por tu apoyo y por cuidar de mí a lo largo de mi carrera y por compartir grandes momentos juntos te quiero hermano.

Con todo mi amor y cariño para la persona que hace más feliz mis días y con quien compartiré mi vida, el amor de mi vida **Ing. Alejandro Reyes Sebastián**, el primero de muchos triunfos más juntos te amo y gracias a Dios por la bendición de tenerte en mi vida.

Gracias a ustedes por siempre estar pendiente de mí **Julieta Vázquez Sánchez** por ser como mi segunda madre. A usted **Laura Jasso Galván** tía gracias por creer en mí y por tu apoyo a lo largo de mi carrera

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIAS	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS	IV
ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	VIII
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
HIPÓTESIS	4
JUSTIFICACIÓN	4
1. REVISIÓN DE LITERATURA	5
1.1. El cultivo del sorgo	5
1.2. Áreas de cultivo.....	6
1.3. Principales estados productores de sorgo en México	6
1.4. Características básicas	7
1.4.1 Potencial de rendimiento	7
1.4.2. Adaptabilidad.....	7
1.4.3. Color del grano.....	8
1.4.4. Valor nutritivo del sorgo.....	9
1.4.5. Factores que afectan el valor nutritivo del sorgo.....	10
1.5. Usos del sorgo	13

1.6. Maíz	15
2.MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.CONCLUSIÓN	39
5.PERSPECTIVA.....	40
6.BIBLIOGRAFÍA	41
7.ANEXOS	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Mezclas para la elaboración de tortillas de sorgo rojo y sorgo blanco .	19
Cuadro 2. Asignación de valores para la escala diferencia de control	25
Cuadro 3. Asignación de valores para escala hedónica.....	26
Cuadro 4. Mezclas seleccionadas	28
Cuadro 5. Cuadrados medios para análisis bromatológico en tortillas	30
Cuadro 6. Comparación de medias para análisis bromatológico en tortilla	30
Cuadro 7. Composición química de la tortilla de maíz en base seca y base fresca	31
Cuadro 8. Cuadrados medios para análisis bromatológico de masas.....	32
Cuadro 9. Comparación de medias para análisis bromatológico de masas	32
Cuadro 10. Promedio de absorbancia para curva patrón de concentración de ácido gálico.....	33
Cuadro 11. Concentración de mezclas de acuerdo a la ecuación de la recta	34
Cuadro 12. Cuadrados medios para análisis de polifenoles	35
Cuadro 13. Comparación de medias para análisis de polifenoles	35
Cuadro 14. Clasificación de las mezclas de tortillas con respecto al control en cuanto a color, textura y sabor.....	36
Cuadro 15. Medias de análisis estadístico de prueba de grado de satisfacción...	37
Cuadro 16. Costos de Producción.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales empresas productoras de harina de maíz	16
Figura 2. Hoja de evaluación: Prueba diferencia de control	24
Figura 3. Hoja de evaluación: Prueba hedónica de grado de satisfacción	26
Figura 4. TSR 25	29
Figura 5. TSR 15	29
Figura 6. TSB 15	29
Figura 7. Curva patrón concentración de ácido gálico.....	33

RESUMEN

Actualmente en México el producto de mayor demanda derivado del maíz es la tortilla, se consume alrededor de 12.3 millones de toneladas de maíz en forma de tortilla. Debido a esto es necesario buscar nuevas fuentes de materia prima para la elaboración de las mismas. El sorgo (*Sorghum bicolor* L.) puede crecer en suelos áridos y subtropicales y puede tolerar prolongadas sequías; es un cereal que ha sido descuidado durante algún tiempo porque fue reemplazado por el maíz como producto alimentario básico, sin embargo su creciente perfil industrial como materia prima adecuada para las industrias agrícolas y alimentaria lo ha hecho reaparecer en el mercado mundial.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes mezclas de granos de maíz con granos de sorgo rojo y de granos de maíz con granos de sorgo blanco para reducir la cantidad de maíz en la elaboración de tortillas sin afectar sus características organolépticas.

En el estudio se seleccionaron tres mezclas: maíz 85% y sorgo rojo 15%; maíz 75% y sorgo rojo 25%; maíz 85% y sorgo blanco 15%, esto para reducir la cantidad de maíz en la elaboración de tortillas sin afectar sus características organolépticas.

Las variables estudiadas fueron: cenizas, humedad, proteína, grasa, fibra y determinación de polifenoles. Se obtuvo que en cuanto a proteína las TSB 15 las de mayor cantidad con un 8.17% y su bajo contenido de grasa con 1.26%.

Se realizaron dos pruebas sensoriales una discriminativa de diferencia de control y otra hedónica de satisfacción. Se obtuvo una tortilla con propiedades similares a la tortilla de maíz, en las cuales no se presentaron diferencias estadísticas entre la tortilla control y las de sorgo rojo y blanco.

Palabras clave: *Sorghum bicolor* L., caracterización fisicoquímica, taninos, evaluación sensorial, tortilla de maíz

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*L.) es uno de los 4 principales cultivos en el mundo, siendo Estados Unidos el principal productor con 282 millones de toneladas anuales, el país oferta en su mayor parte maíz amarillo (692.3 millones de toneladas), y produce solamente 2.7 millones de toneladas de maíz blanco. En cuanto a nivel de producción se refiere le siguen China, Brasil, México y Argentina. México es un país orientado a la producción de maíz blanco para el consumo humano e importador de maíz amarillo para el abastecimiento de la industria de procesamiento de alimentos balanceados y humano (FAOSTAT, 2007).

En México el maíz se consume principalmente en forma de tortilla, se consumen alrededor de 12.3 millones de toneladas de maíz en forma de tortilla, de las cuales 64% se realizan a través del método tradicional de maíz-masa-tortilla y 36% a través de la industria harinera (Sierra-Macías *et al.*2010). Por lo general, la tortilla consumida en las áreas rurales se elabora con el maíz que se produce en la localidad, que puede ser blanco, amarillo o de colores (Salinas *et al.* 2010) y de manera general, la preferencia entre los distintos tipos de maíz es por atributos de color, sabor, textura, consistencia de las tortillas y facilidad de la masa para trabajarla (Vázquez *et al.* 2010).

A pesar de que el consumo de tortillas de maíz es elevado en nuestro país, con el presente trabajo se pretende buscar una fuente alterna de materia prima para la elaboración de este producto que contenga el mismo valor nutritivo, pero con un costo menor por lo cual se elaboro una tortilla utilizando mezclas de granos de maíz con granos de sorgo blanco y de maíz con sorgo rojo. En México se cultivan tres variedades de sorgo, de acuerdo principalmente con su uso: a) Sorgo escobero, variedad que tiene una mayor precocidad y resistencia, cuya espiga se utiliza para elaborar escobas. b) Sorgo forrajero, dulce o sacarino, considerado nutritivo, sobre todo estando verde. c) Sorgo grano, son aquellas variedades no sacarinas, de las se

explota el grano, que es la principal materia prima en la industria de alimentos balanceados (FINANCIERA RURAL, 2011).

La utilización del grano de sorgo blanco para la elaboración de tortillas es una necesidad inmediata para reducir la escalada de precios actuales en la tortilla y mejorar la calidad en los alimentos. (Montes García Noé, 2010).

Los compuestos polifenólicos son un grupo diverso de fitoquímicos que no se identifican como nutrientes esenciales pero se les atribuyen efectos positivos sobre la salud de quienes los consumen habitualmente en la dieta, especialmente por su actividad como antioxidantes. Dada su complejidad y diversidad en estructuras químicas y efectos biológicos, es también importante tener presente que diversos polifenoles, o incluso la mayoría de ellos, poseen también efectos adversos, como la interferencia que causan en la absorción de proteínas, así como su posible efecto pro-oxidante en elevadas cantidades. (Vázquez-Flores, *et col.*, 2012).

OBJETIVOS

Objetivo general

Elaboración de tortillas con mezcla de Maíz (85%) y Sorgo Blanco (15%) así como de Maíz (85%) y Sorgo Rojo (15%) para seleccionar la mezcla que presente características bromatológicas y sensoriales similares a las tortillas de maíz 100% para disminuir costos de producción.

Objetivos específicos

- 1) Elaboración de las diferentes mezclas de tortillas.
- 2) Determinación de las características bromatológicas de las diferentes mezclas (proteína, grasa, fibra, cenizas y humedad).
- 3) Evaluación sensorial de las diferentes mezclas de tortillas mediante pruebas discriminativas y hedónicas.

HIPÓTESIS

La adición de sorgo blanco o sorgo rojo al maíz para preparar tortillas no modifica sus características bromatológicas y sensoriales por lo tanto puede disminuir los costos de producción.

JUSTIFICACIÓN

En la última década se han presentado factores que han provocado la reducción en la producción y consumo de tortilla hecha a base de maíz. Dentro de estos factores destacan a) el alto precio internacional de los granos debido a la utilización del maíz para la elaboración de etanol, b) la presencia de sequía en áreas donde se produce maíz, lo que ha originado siniestralidad y baja rentabilidad y c) los gustos de las nuevas generaciones, las cuales se inclinan más por cuidar el aspecto de su persona y a la vez consumir alimentos rápidos. Sin lugar a dudas que los dos primeros son los de mayor importancia, y es ahí donde el sorgo que es un cultivo que soporta la sequía, puede sobresalir y a precios más competitivos que los del maíz. (Montes García Noé, 2010)

El grano de sorgo presenta composición química similar a la del maíz, por lo que la tecnología de procesamiento para la obtención de productos alimentarios e industriales a base de maíz o de otros cereales es aplicable al sorgo con la finalidad de explotar eficientemente su potencial como materia prima en la elaboración de diversos productos. (Montes García Noé, 2010).

En base a lo anterior, nos podemos percatar que es necesario encontrar nuevas fuentes de materia prima para la elaboración de tortillas con la finalidad de reducir su costo.

1 REVISIÓN DE LITERTURA

1.1 El cultivo del Sorgo

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es la principal fuente de alimentos para millones de personas en los trópicos semiáridos. En las zonas tropicales, el grano de sorgo es importante como alimento humano y por su utilidad forrajera. En China es usado como alimento para humano. El grano de sorgo se emplea en la preparación de diversos tipos de alimentos como por ejemplo: el pan sin levadura, se elabora con harina de sorgo, en algunas partes de África es utilizado en la elaboración de cerveza. Además de estos, existen sorgos dulces y palomeros que también son consumidos (House, 1982).

El grano de sorgo de calidad es comúnmente duro (vítreo), blanco con lustre aperlado, redondo con una cubierta delgada de la semilla (pericarpio), y sin cubierta interior (testa) coloreada. Sin embargo existen variaciones en el color, dureza y forma del grano que se utilizan como alimento en diferentes partes del mundo. En cuanto a sus valores nutritivos del sorgo la calidad de la proteína es deficiente, como la de varios otros cereales, a causa de una baja concentración de un aminoácido llamado lisina. Sin embargo se han encontrado ciertos tipos de sorgo, con alto porcentaje de lisina cultivándose en Wollo, Etiopía; y se han identificado otras variedades de sorgo con estas características. (House,1982).

En los últimos años la demanda por este alimento ha ido en aumento en las poblaciones crecientes, el sorgo es conocido por su versatilidad de uso, rusticidad y estabilidad de rendimiento y adaptabilidad sobre un amplio rango de culturas y climas (House, 1982).

1.2 Áreas de cultivo

De acuerdo con estudios de la FAO, en las áreas productoras de sorgo en África, Suroeste y Sureste de Asia, y en Centro y Suramérica; el cultivo se siembra en 43 millones de hectáreas en zonas templadas y tropicales y ocupa el cuarto lugar en la producción mundial de cereales (House, 1982). En África el sorgo se cultiva en 14 millones de hectáreas, esta área está limitada al norte con el desierto del Sahara y es la principal fuente de calorías en estos países. En Asia, el sorgo se cultiva en 20 millones de hectáreas, en la India, el sorgo es el tercer cereal en importancia con una superficie de 14 millones de hectáreas cultivadas, de las cuales el 50% se cultivan durante el ciclo seco con humedad residual del suelo. (Ratikanta Maiti, 1986).

En México el sorgo es el segundo grano más producido en nuestro país después del maíz, aunque su uso es únicamente como alimento para ganado, en 2009 alcanzó los 31.3 millones de toneladas (SAGARPA, 2011).

1.3 Principales estados productores de sorgo en México

Debido a los requerimientos climáticos del sorgo, este necesita condiciones relativamente secas y cálidas comparadas con las del maíz. Con respecto a las temperaturas, esta no necesariamente tiene que ser muy alta pues arriba de 40°C, afecta la fertilización del grano y debajo de 20°C el crecimiento es muy lento. (House, 1982).

En México existen zonas que presentan las condiciones climáticas para una explotación eficiente de este cultivo entre las cuales destacan: Tamaulipas, Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Sinaloa; los cuales abarcan el 86.8 % de la superficie sembrada del cultivo y cosechan el 87.4% de la producción nacional. (House, 1982).

Cabe mencionar que aunque estas zonas poseen condiciones climáticas adecuadas para el desarrollo y producción del sorgo, existen otras que aunque no cuenten con este tipo de ambiente óptimo para la producción, están tratando de

incorporarlos mediante el mejoramiento genético para la obtención de genotipos adaptados a estos ambientes.

1.4 Características básicas

1.4.1 Potencial de rendimiento

El sorgo tiene un potencial de rendimiento alto, comparable al de arroz, trigo y maíz. En condiciones de campo los rendimientos superan los 11,000 Kg/ha; con rendimientos que fluctúan entre 7,000 y 9,000 Kg/ha. En aquellas áreas donde el sorgo es común se tienen rendimientos de 3,000 a 4,000 Kg/ha bajo buenas condiciones, y bajan a 300 o 1,000 Kg/ha bajo buenas condiciones. (House, 1982).

1.4.2 Adaptabilidad

El cultivo de sorgo se adapta a climas muy variados y únicamente necesita de 90 a 140 días para madurar, los rendimientos más altos se obtienen de variedades que maduran entre 100 y 120 días. (House, 1982)

El sorgo se cultiva bajo condiciones de climas secos y calientes. Comparado con el maíz las raíces de la planta penetran un mayor volumen de suelo para obtener la humedad, el fertilizante aun en condiciones de baja precipitación, estimula el desarrollo de las raíces; de aquí que las raíces tengan la habilidad de extraer humedad de un mayor volumen de suelo. La mayor humedad así disponible a la planta junto con la mejor fertilidad, estimulan rendimientos más altos, además de que el sorgo tiende a detener su crecimiento durante período seco y lo reanuda con el regreso de la lluvia. (House, 1982)

Con respecto a la necesidad de agua del sorgo, esta aumenta conforme la planta crece, alcanzando la mayor necesidad durante la floración utiliza alrededor de 6 a 7 hamm (hectárea por milímetro) de agua al día; después de este periodo el consumo de agua decrece. Además el sorgo es capaz de soportar el exceso de humedad comparado con otros cereales como el maíz ya sea de anegamiento o inundación que el maíz por el contrario moriría. El sorgo produce grano aun en

temperaturas altas, el cultivo también puede producirse si hay humedad disponible (especialmente si ocurre con anterioridad o durante el periodo de floración, el desarrollo floral y la formación de semilla son normales si hay humedad disponible del suelo a temperaturas de 40 a 43°C y de 30 a 40% de humedad relativa. Cabe mencionar que el sorgo no es cultivo demasiado tolerante al clima frío, como el maíz. Por el contrario el sorgo crece lentamente a temperaturas de 20°C. (House,1982).

1.4.3 Color del grano

El grano del sorgo varía en el color, que va desde el blanco a tonalidades oscuras de rojo y pardo, pasando por el amarillo pálido, hasta pardo púrpura profundo. Los colores más comunes son el blanco, el bronce, y el pardo. Los granos son por lo general esféricos, pero varían en dimensión y forma. El grano está cubierto parcialmente de glumas. Para el consumo humano se prefieren los granos largos con endospermo corneo. El endospermo amarillo con caroteno y xantofila aumenta el valor nutritivo del cereal. El grano de sorgo con testa contiene tanino en diversas proporciones según la variedad. (Rooney y Miller, 1981)

Varios factores influyen el color del grano del sorgo. Dentro de estos factores están la genética del color del pericarpio, el espesor del pericarpio, la presencia o ausencia de la testa, color y espesor de la testa presente, y el color del endospermo (Rooney y Miller, 1981). El espesor del pericarpio varía de 8 a 160 µm. Dicho espesor influye en el color del grano que puede ir desde matices del blanco hasta matices del color rosa, anaranjado, rojo y también marrón. En híbridos con el pericarpio muy delgado, la cubierta del grano es casi transparente, y el grano tendrá una apariencia brillante o perlada (translúcido). Si el pericarpio es grueso, el grano es opaco y el mismo va a tener una apariencia apagada sin lustre aunque el color puede variar del blanco al rojo y al marrón. Algunos híbridos, con el pericarpio grueso, poseen una capa de células llamada testa (que es la cubierta seminal que está inmediatamente ubicada debajo del pericarpio) que contiene taninos condensados.

Clases de sorgo

En Estados Unidos de Norte América el estándar de comercialización presenta cuatro clases, las cuales están definidas en la presencia o no de testa y/o en el color del pericarpio. Las cuatro clases de sorgo fueron establecidas por el FGIS (El Servicio Federal de Inspección de Granos) en 1993.

Sorgo: Sorgo sin taninos debido a la ausencia de la testa. Contiene menos del 98% de sorgo de color blanco y no más del 3% de sorgos con taninos. El color del pericarpio de esta clase puede ser blanco, amarillo, rosa, anaranjado, rojo o bronce.

Sorgo taninoso: Sorgo que contienen taninos debido a la presencia de la testa. Contiene no más del 10% de taninos. El color del pericarpio de esta clase es usualmente marrón, pero puede ser también blanco, amarillo-rosado, anaranjado, rojo o bronce.

Sorgo blanco: Sorgo sin taninos debido a la ausencia de testa. El color del pericarpio es blanco translúcido e incluye sorgos que contengan manchas que no cubran más del 25% de la superficie del grano.

Sorgo mezclado: Sorgo que no reúne ninguno de los requerimientos de las clases anteriores. (Porter Key, 2012)

1.4.4 Valor nutritivo del sorgo

El contenido de proteína es similar a la del maíz y el trigo, sin embargo su alto contenido en fibra y la escasa digestibilidad de sus elementos nutritivos influyen en la aceptabilidad del consumidor.

El almidón es la principal forma de almacenaje de carbohidratos, en forma de amilopectina. El contenido de almidones en el sorgo es alrededor del 70 u 80% del almidón del sorgo, es amilopectina mientras que el restante el 20% - 30% es amilasa. La presencia de taninos en el grano es otro factor que contribuye a la

mala digestibilidad del almidón en algunas variedades de sorgo (Dreher, *et al.*, 1984).

Se ha observado una gran variabilidad en la composición de la proteína del sorgo en cuantos aminoácidos esenciales. En algunas variedades de sorgo los polifenoles condensados con los taninos presentes en los granos constituyen otro factor que influye desfavorablemente en la digestibilidad de la proteína y aminoácidos disponibles (Bach Knudsen *et al.*, 1988). Sin embargo estudios *in vitro* realizados en el sorgo extruido también mostraban que el proceso de extrusión del grano de sorgo había mejorado la digestibilidad de la proteína y por lo tanto su valor nutritivo.

El contenido de grasa del sorgo es del 13.4%, que es superior a la del trigo y arroz y a la del maíz. Las capas de germen y aleurona son las principales determinantes de la fracción de los lípidos. El germen aporta el 80% de la grasa total.

En cuanto a vitamina se refiere el sorgo es rico en vitamina B, la tiamina, riboflavina y niacina que hay en el sorgo son comparables a las del maíz, algunas variedades de endospermo amarillo contienen β -caroteno, que podría ser convertido en vitamina A por el cuerpo humano. En el grano del sorgo también se han detectado otras vitaminas liposolubles D, E y K.

1.4.5 Factores que afectan el valor nutritivo del sorgo

Hay varios factores que afectan el valor nutritivo del sorgo. Entre ellos están el tipo de endospermo y la textura, el almidón y la proteína digestible, digestibilidad del almidón presencia de taninos condensados. (Bramel-Cox *et al* 1995).

Tipo de endospermo y textura

Los híbridos con un endospermo ceroso han mostrado ser más digestibles y poseer un mejoramiento en el rango de ganancia y en la eficiencia alimenticia cuando se los compara con los sorgos normales. Hay muy pocos híbridos verdaderamente cerosos disponibles comercialmente. Dentro de los híbridos de

endospermo normal (25% amilasa, 75% amilopectina), los estudios han mostrado que la textura intermedia de los híbridos supera en rendimiento a los híbridos de endospermo harinoso o corneo duro, cuando se comparan sobre la base de materia seca y energía digestible o sobre la base del rendimiento del animal (cerdos). (Hibberd, 1982).

Digestibilidad de la proteína

El almidón, en el endospermo del grano de sorgo, está rodeado por una densa y dura capa que resiste tanto la digestión física como la enzimática. En adición a esto, los granos de almidón del endospermo, están embebidos en una densa y pesada matriz de proteína. Estos dos factores, ambos, contribuyen a una baja digestibilidad de la proteína y el almidón del sorgo. Por esta razón, los métodos de procesamiento del grano (ej: el molido, producción de copos con vapor, etc.), permiten exponer los gránulos del almidón y la matriz proteica al proceso digestivo, ayudando así a resolver el problema. (Hibberd, 1982).

Presencia de taninos

Investigaciones han demostrado que los taninos condensados se ligan a una porción de la proteína del grano, convirtiéndola en no digestible, y limitando así la disponibilidad de proteínas en los híbridos taninosos. Asimismo, los taninos condensados, inhiben el metabolismo normal de los nutrientes digeridos y absorbidos, especialmente las proteínas. Altos niveles de taninos son suficientes para causar efectos antinutricionales significativos, especialmente si las dietas son bajas en proteínas (Butler, 1984). Según Rooney y Serna- Saldivar (1991), las tortillas producidas con harinas de sorgos con altos niveles de taninos producen colores no deseables de las mismas.

Los taninos son derivados de los ácidos gálico y elágico y se encuentran en un gran número de productos vegetales, como el sorgo y diversos helechos. Desde hace tiempo se conoce la reducción en la biodisponibilidad de las proteínas cuando estas se administran junto con los taninos; sin embargo, no es concluyente que estos compuestos provoquen cáncer. A pesar de esta situación,

se considera que algunas poblaciones de África desarrollan cáncer del esófago al consumir una dieta basada en sorgo con un alto contenido de taninos.

Los compuestos fenólicos del sorgo pueden clasificarse en ácidos fenólicos, flavonoides y fenoles poliméricos condensados conocidos como taninos. Los ácidos fenólicos, libres o enlazados como ésteres, se concentran en las capas exteriores del grano. Los flavonoides del sorgo se denominan antocianidinos. Los flavonoides identificados por su abundancia en el grano del sorgo son el luteoferol y el apiforol.

La presencia de taninos, aunque ofrece la ventaja agronómica de hacer a la planta resistente a las aves, repercute desfavorablemente en la calidad nutricional del grano, se observaron retrasos en el crecimiento de pollos alimentados con sorgo de alto contenido de taninos. Los taninos se combinan con proteínas exógenas y endógenas, inclusive enzimas del tracto digestivo, y por lo tanto afectan la utilización de proteínas. Algunos de los efectos antinutricionales del sorgo de elevado contenido de taninos pueden deberse a los flavonoides de poco peso molecular que son fácilmente absorbidos inhibiendo la utilización metabólica de los alimentos digeridos y absorbidos. (FAO, 1995).

Digestibilidad del almidón

La digestibilidad del almidón es afectada por la especie de planta, la interacción almidón-proteína, los inhibidores, la forma de los gránulos y el tipo de almidón (Rooney y Pflugfelder, 1986). Según Chibberet *al.*, (1980) los taninos son inhibidores de la digestibilidad del almidón de sorgo en el grano, presentándose una correlación negativa entre ambos factores (Hoshino y Duncan, 1982). Asimismo, las prolaminas reducen la digestibilidad del almidón de sorgo cuando se encuentran en altas cantidades en el grano (Axtel *et al.*, 1981). Durante el cocimiento, los almidones del sorgo sufren cambios químicos y físicos, entre los que se encuentran la desintegración, gelatinización de gránulos de almidón y el colapso del sustrato proteico (Aarathiet *al.*, 2003). Otros factores físico-químicos

como el endospermo, han mostrado ser las causantes de la baja digestibilidad de la proteína y del almidón en sorgo (Zhang, 1998).

1.5 Usos del sorgo

El sorgo es un alimento básico en partes de Asia y África. La preparación del sorgo como alimento es simple, se consume en forma de potaje o de una pasta preparada agregando la harina al agua caliente. Un alimento común en Nigeria es el “tuwo” que se prepara agitando harina de sorgo en agua caliente permitiendo que la pasta espesa se enfríe y forme un gel. Las partes de gel frío se comen son sopa. En partes de África, una de las bebidas más populares que se consumen es el bantú o la cerveza de kafir. Difiere de la cerveza preparada con malta de cebada en que es un líquido opaco, de color rojizo con buen cuerpo y contiene del 5 al 6% de sólidos. Tienen un sabor agrio a levadura, bajo contenido de alcohol y alto valor nutritivo. Para maltear y elaborar cerveza, se prefiere utilizar granos de sorgo rojo. En la India el sorgo se monda o se quiebra, se prepara en forma de pasta y se hornea como pan sin levadura (rotti) o se cuece como el arroz. Para el pan se prefieren los granos blancos aperlados. El grano entero se tuesta o se “fríe” en una cacerola caliente y después se muele y se mezcla con sal, leche agria o melaza. Los sorgos especiales para reventar, tostar o para otros usos se utilizan con frecuencia en pequeñas cantidades. En China uno de los principales usos del sorgo es para la producción de vino. Además, las glumas rojas se maceran en agua para preparar un tinte que se emplea para colorear el vino rojo. (Desrosier N.W., 1996).

El sorgo está tomando auge en muchas de estas áreas que presentan condiciones climáticas donde solamente este cultivo puede desarrollarse. La tortilla con el grano de sorgo se prepara en México y América Central, aunque el grano favorito para la elaboración de tortillas es el de maíz. (FAO, 2012).

1.5.1 Beneficios del uso de sorgo para consumo humano

- 1) Existen sorgos que son ricos en compuestos antioxidantes que son benéficos para la salud pues son útiles en el combate a enfermedades como el cáncer y del corazón (Vasudeva *et al.*, 2004).
- 2) En los países en desarrollo existe la demanda de productos libres de gluten, el cual es una proteína que se encuentra en el trigo la cebada y el centeno. esta proteína causa alergias crónicas en algunas personas, provocando así los síntomas de la enfermedad celiaca (Mamoudou *et al.*, 2006). La enfermedad celiaca o celiacía es la intolerancia permanente a conjunto de proteínas denominada prolaminas presentes en el trigo, avena, centeno y cebada, de los cereales anteriormente mencionados el gluten es la forma más conocida de la presentación de las prolaminas que son tóxicas para los celíacos. (López, 2012). El tratamiento más efectivo contra esta enfermedad es evitar el consumo del producto que contenga gluten y consumir productos elaborados con sorgo, maíz y o arroz.
- 3) El grano de sorgo es alto en fibra dietética y las proteínas y el almidón son de más lenta digestibilidad. Estas propiedades son excelentes para la elaboración de alimentos para personas con problemas de diabetes y para el control de obesidad (Mamoudou *et al.*, 2006).
- 4) Como se menciona antes el sorgo requiere de pocos insumos para su crecimiento y desarrollo, además es uno de los cultivos más tolerantes a las sequía (FAO 1995).

1.5.2 Uso alternativo del sorgo blanco

En el año de 1998 en México el consumo per cápita anual de tortilla era de 94.8 Kg, para 2009 fue de 80 Kg según la encuesta bianual elaborada por GRUMA. Algunos de los factores que han contribuido a esta situación es el alto precio del maíz a nivel internacional y a la sequía en áreas donde se cultiva este grano. Por

lo que el sorgo es un cultivo competitivo debido a su alta rentabilidad y tolerancia a la sequía, además de que presenta características deseables para el consumo humano. La utilización de este grano para la elaboración de tortillas puede ser una alternativa para reducir costos en su precio. En algunas áreas donde se siembra maíz ya no es rentable por lo que el sorgo podría establecerse y con ello elevar el valor agregado del grano al ser convertido en tortillas (Rizley y Suter, 1977).

1.6 Maíz

El mercado nacional de maíz está compuesto por diversas variedades entre las que destacan el maíz blanco y el amarillo, pero también existen otras variedades como el maíz de color y el pozolero. Sin embargo las dos primeras variedades son las que ocupan una importante participación en la producción y comercialización en el mercado nacional. (Secretaría de Economía, 2012)

El maíz blanco, es utilizado principalmente para consumo humano a través de diversos alimentos tradicionales, como: atole, pan, tamales, entre otras; y como tortilla procedente de la harina de maíz a base de nixtamalización y deshidratación. Por su parte, el maíz amarillo tiene aplicaciones para consumo humano, animal y de uso industrial, entre las que destacan la elaboración de féculas y almidones (insumo utilizado en la industria química, textil, alimentaria, entre otras); la elaboración de botanas, frituras y similares; cereales para el desayuno y producción de alimentos para animales (insumo utilizado para alimento balanceado para mascotas y el sector pecuario). (Secretaría de Economía, 2012).

1.6.1 Productos derivados del maíz

En México se consumen cerca de 30 millones de toneladas de maíz, de las cuales 74% representan la totalidad de la producción nacional de maíz blanco (21.8 millones de toneladas), el restante 26% se trata de maíz amarillo importado, principalmente de los EE.UU. (Secretaría de Economía, 2012)

El maíz blanco se produce y consume en su totalidad en el país, de las cerca de 22 millones de toneladas producidas, cerca de 12 millones se destinan al consumo humano comercial (industria harinera y de masa de nixtamal, principalmente), cerca de 6 millones son producción no comercializable (autoconsumo), 2 millones de toneladas son consumidas por el sector pecuario, el resto se reparte entre semillas, mermas, inventarios y exportaciones.(Secretaría de Economía, 2012)

En el caso del maíz amarillo (7.8 millones de toneladas importadas principalmente de los EE.UU.), este es consumido por la industria productora de alimento pecuario balanceado, la industria cerealera, de frituras y botanas y de féculas y almidones. (Secretaría de Economía, 2012).

1.6.2 Industria harinera y de masa maíz nixtamalizado

En el periodo del año 2010 la producción de harina de maíz en México alcanzo los 2.28 millones de toneladas, la industria harinera en México se encuentra concentrada en pocas empresas destacando Grupo Industrial MASECA con un 71.2% del mercado, MINSA con el 23.54%, Harimasa (1.4%), Cargill de México (1.3%), Molinos Anahuac (1.1%) y Productos Manuel José (0.2%) (Secretaría de Economía, 2012).

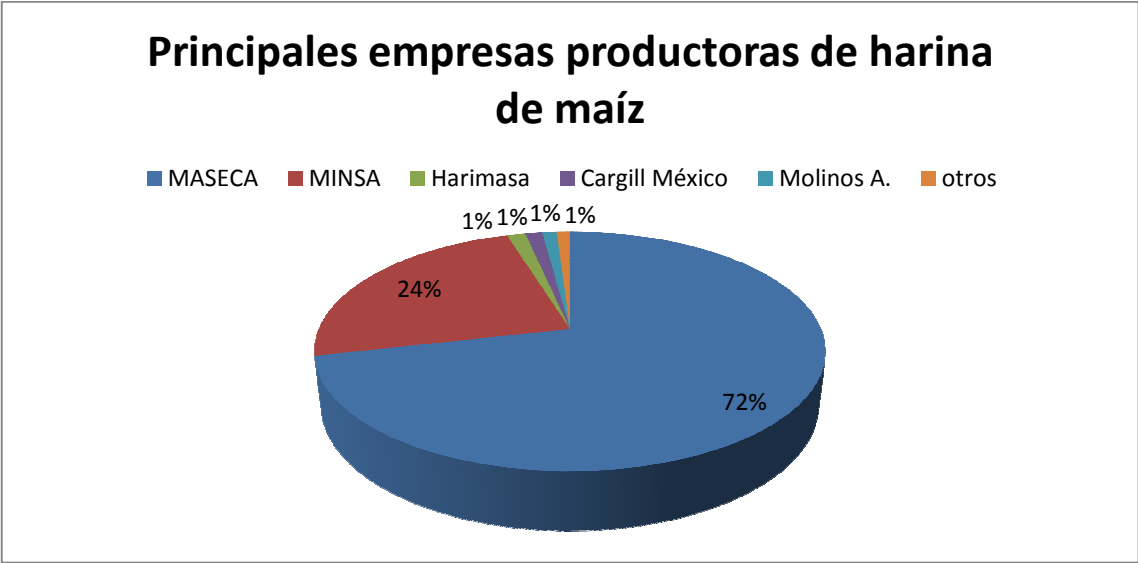


Figura 1. Principales empresas productoras de harina de maíz (Secretaría de Economía, 2012).

Por sus características de infraestructura y capacidad de producción, la estructura de costos de la producción de tortilla, muestra que es más eficiente si esta es producida con harina respecto de la que es producida con masa de nixtamal, sin embargo el precio al consumidor es, en promedio, un peso por kilogramo más cara la tortilla producida con harina que aquella a base de masa de nixtamal. Adicionalmente, la producción a partir de harina cuenta con mayores rendimientos, calidad, reconocimiento de marca, tecnología, servicio al cliente y cobertura nacional. En tanto que la industria molinera de nixtamal continúa utilizando el método tradicional de masa de maíz, cuyos costos de producción son más elevados. (Secretaría de Economía, 2012)

1.6.3 Tortillas de Maíz

El maíz es ampliamente consumido alrededor del mundo, tanto en variedades de formas, como en número de procesos de preparación. El producto principal del proceso de nixtamalización del maíz es la masa de la cual se prepara una variedad relativamente amplia de productos para el consumo. Entre todos ellos, la tortilla es el alimento más importante en México y Centroamérica que acompaña todas las comidas.

De acuerdo a Deschamps (1985), en el año de 1982, fueron consumidas 13, 500 TM de maíz por los pobladores de México y de esta cantidad el 23.6% fue maíz producido y consumido por agricultores el 55.3% lo utilizo la industria manufacturera de tortillas y el 8.9% se utilizo para la elaboración de harina de tortilla. Chávez (1973) informó que en México el consumo de maíz en áreas rurales proporciona hasta un 70% de la ingesta de calorías, mientras que en las aéreas urbanas solamente aporta el 25%. Más aún la distribución entre los miembros de una familia está relacionada a los requerimientos calóricos de sus miembros: los hombres adultos consumen 600 g, las mujeres embarazadas o lactantes más de 400 g y en el caso de los niños menores de 5 años las

cantidades varían de 100 a 200 g. Se ha enfatizado que en México por lo menos en el año de 1979, el consumo de tortilla fue de alrededor de 600 millones de unidades por día (Cohen, 1995). La tortilla de maíz se considera como una excelente fuente de calorías debido a su alto contenido de almidón y como un excelente opción para personas que tienen intolerancia al gluten. Desafortunadamente la tortilla de maíz adolece de una buena calidad proteica y de niveles adecuados de micronutrientes como los minerales y hierro y zinc y las vitaminas A (retinol), D (colecalciferol), E (tocoferoles) y B₁₂ (cianocobalamina). (Van den Briel y Webb, 2003).

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Etapa 2.1: Elaboración de mezclas con maíz y sorgo rojo y sorgo blanco para la elaboración de tortillas.

Localización

El presente trabajo de investigación se llevo a cabo en la tortillería “El Molinito”, ubicada en Saltillo, Coahuila, México.

Elaboración de mezclas y tortillas de maíz con sorgo rojo y sorgo blanco.

Se comenzó a trabajar con sorgo rojo y maíz, y después con maíz y sorgo blanco para llevar a cabo el proceso de elaboración de tortillas se realizo lo siguiente:

- 1) Se nixtamalizó tanto el sorgo rojo como el maíz llevando a cabo el mismo procedimiento para los 2 granos, se nixtamalizó 5 Kg de los 2 tipos de sorgo, se agrego la cal 50g y el agua 8 litros, esta preparación se cuece durante 32 minutos y se deja remojando en el agua de cocción de 14 a 18 horas.
- 2) Transcurrido este tiempo se retiro el maíz y el sorgo del agua de cocción.
 - El sorgo rojo se lavo por cuatro veces, esto para quitar el exceso de color en el grano.
 - El sorgo blanco se lavo solo 2 veces, pues el color era de tonalidad más blanca en comparación con la del sorgo rojo.
- 3) Se elaboraron mezclas para la elaboración de tortillas las cuales se observan en el cuadro1.

Cuadro 1. Mezclas para la elaboración de tortillas para sorgo rojo y sorgo blanco.

Mezcla	Código
Tortilla maíz 75% con sorgo rojo 25%.	TSR 25
Tortilla maíz 85% con sorgo rojo 15%.	TSR 15
Tortilla maíz 85% con sorgo blanco 15%.	TSB 15

Elaboración de tortillas

Después de que se obtuvieron las masas de las mezclas seleccionadas, se hicieron las tortillas a mano, para la elaboración de las mezclas se necesitó 200 g de la masa es decir, para el caso de la TSR15 y TSB 15, 30 g de la masa de sorgo rojo y 170 g de la masa de maíz, la TSR 25 se elaboró con 50 g de sorgo rojo y 150 g de maíz, la temperatura del comal donde se cocieron fue de 250°C, el diámetro que presentaba las tortillas era de 12.5 cm. Se requerían pocas de las mismas para realizar el análisis bromatológico, determinación de polifenoles y la evaluación sensorial.

Etapa 2.2.- Análisis Bromatológico

Se realizó el análisis bromatológico de las tortillas elaboradas con maíz y sorgo rojo y maíz con sorgo blanco. Además de: Valoración de los fenoles totales, esta última con la finalidad de conocer la cantidad de taninos existentes en las tortillas elaboradas con sorgo rojo y blanco.

2.2.1 Determinación de proteínas por el método Micro kjeldhal AACC (1995)

Se basa en la combustión húmeda de la muestra, con una mezcla digestora o catalizadora formado por sulfato de sodio o de potasio que incrementa el punto de ebullición y un catalizador que puede ser una sal de cobre, mercurio o selenio. Se añade ácido sulfúrico y se calienta. La oxidación provoca que el nitrógeno se convierta en sulfato de amonio se destila y se recibe un ácido bórico, valorándose el ácido no neutralizado por medio de titulación

2.2.2 Determinación Extracto Etéreo AACC (1995)

La muestra seca se extrae con éter dietílico o de petróleo y posteriormente se determina gravimétricamente el extracto seco, al cual se le ha eliminado el solvente.

2.2.3 Determinación Fibra Cruda A.O.A.C. (1998)

Para determinar la cantidad de fibra cruda el material debe estar desengrasado, y se hace reaccionar con ácidos y agua caliente; el residuo se seca y se calcina, la diferencia de pesos entre residuo seco y calcinado corresponde a la fibra cruda.

2.2.4 Valoración de Fenoles Totales.

a) Determinación de polifenoles hidrolizables

1. Se pesó 1 g de cada una de las muestras en una balanza analítica Explorer OHAUS capacidad 210g.
2. Se colocan en un tubo de ensaye, al cual se le agregan 9 ml de agua destilada.
3. A continuación se agitan durante 1 minuto para mezclar, en un Vortex S0200.
4. Los tubos de ensayo se cubren con papel aluminio, esto para evitar el contacto con la luz.

b) Determinación de polifenoles hidrolizables

1. Se pesó 1 g de cada una de las muestras en una balanza analítica Explorer OHAUS capacidad 210g.
2. Se colocan en un tubo de ensaye, al cual se le agrego Etanol al 96%.
3. Se agitan durante 1 minuto para mezclar, en un Vortex S0200.
4. Los tubos de ensaye se cubren con papel aluminio, esto para evitar el contacto con la luz.

c) Determinación de flavonoides:

1. Se peso 1 g de cada una de las muestras en una balanza analítica Explorer OHAUS capacidad 210g.
2. Se colocan en un tubo de ensaye al cual se le agregan 9 ml de Acetona.
3. Se agitan durante 1 minuto para mezclar, en un Vortex S0200.
4. Los tubos de ensaye se cubren con papel aluminio, esto para evitar el contacto con la luz.

d) Valoración de fenoles totales.

1. Agregar 0.8 ml de muestra o solución de ácido gálico para la curva de calibración estándar.
2. Añadir 0.8 ml de Folin-Ciocalteu.
3. Mezclar y reposar durante 5 minutos.
4. Añadir 0.8 ml de carbonato de sodio 0.01M
5. Mezclar y reposar 1 minutos.
6. Adicionar 4 ml de agua destilada y mezclar.
7. Leer absorbancia a 725 nm.

Etapa 2.3. Evaluación Sensorial

2.3.1. Localización

La evaluación se llevó a cabo en el laboratorio de evaluación sensorial Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y en la Tortillería “El Molinito” ubicada en la Colonia Buenos Aires en Saltillo, Coahuila.

2.3.2. Prueba discriminativa de diferencia de control

La finalidad de esta prueba es determinar si existe diferencia entre uno o más muestras con respecto a un control, además de estimar la magnitud de las diferencias. La prueba es útil en situaciones en las cuales una diferencia puede ser detectable, y la magnitud de la diferencia afecta la decisión sobre el objetivo de la prueba.

Se requirió la presencia de 30 panelistas, jueces no entrenados, a los cuales se les presento dos charolas en diferentes tiempos, cada una de ellas con 2 muestras de tortillas, la primer charola contenía: tortilla control y TSR15. La segunda charola: tortilla control y TSB15 y una tercera con tortilla control y TSR 25. Los atributos evaluados fueron tres; color, textura y sabor.

A los panelistas se le proporciono una hoja de evaluación acompañado a cada par de muestra la cual se muestra en la Figura 2.

Nombre: _____ Fecha: _____ No. Pan: _____

Tipo de muestra: Tortilla.

Instrucciones:

1. Usted ha recibido dos muestras, una control etiquetada como "C" y otra muestra etiquetada con un número de tres dígitos
2. Pruebe primero la muestra etiquetada como control (C) y después la muestra etiquetada con los tres dígitos
3. Indique la magnitud de la diferencia entre la muestra de tres dígitos con respecto del control en base a los siguientes tres atributos empleando la escala proporcionada en la parte de abajo. Marcando con una X la frase de la escala que usted considere adecuada.

		COLOR	TEXTURA	SABOR CARACTERÍSTICO
Muestra.	No diferencia			
	Diferencia muy ligera.			
	Diferencia ligeramente moderada.			
	Diferencia moderada.			
	Diferencia moderadamente grande.			
	Diferencia grande.			
	Diferencia muy grande.			

Comentarios _____

Gracias por tu participación

Figura 2. Hoja de evaluación: Prueba diferencia de control.

Se asignó un valor para cada una de las escalas que se muestran en la hoja de evaluación para la obtención de resultado, los cuales se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Asignación de valores para la escala de diferencia de control

Escala categórica verbal	Escala categórica numérica
No diferencia	0
Diferencia muy ligera.	1
Diferencia ligeramente moderada.	2
Diferencia moderada.	3
Diferencia moderadamente grande.	4
Diferencia grande.	5
Diferencia muy grande.	6

El análisis se hace calculando la media de la diferencia de control para cada muestra y para el control ciego, y se evalúan los resultados con el análisis de varianza.

2.3.3. Prueba hedónica de grado de satisfacción

La escala hedónica más común es las de nueve puntos, cuyas palabras seleccionadas para cada opción de la escala están basadas en espacios de intervalos iguales, lo que permite asignar valores numéricos a las opciones de respuesta y usar estadística en los análisis de datos. Los resultados son confiables y tiene alta estabilidad de respuesta.

Esta prueba se llevó a cabo en la Tortillería “El Molinito” se ubicada en Córdoba y Distrito Federal en la Colonia Buenos Airea, Saltillo Coahuila.

Para llevar a cabo esta prueba se necesitó de 60 panelistas, en este caso consumidores habituales de la tortilla de maíz, a los cuales se les proporciono una charola con 3 muestras: tortilla de maíz, TSR 15 y TSB 15, además de una hoja de evaluación la cual se muestra en la Figura 3.

Nombre: _____ Fecha _____

Tipo de muestra: Tortilla

Instrucciones: Pruebe la muestra e identifique el grado de aceptabilidad de la tortilla.

Marque con una X en la categoría de la escala que mejor represente su juicio.

Escala.			
Me disgusta extremadamente.			
Me disgusta mucho.			
Me disgusta moderadamente.			
Me disgusta poco.			
Ni me disgusta ni gusta.			
Me gusta poco.			
Me gusta moderadamente.			
Me gusta mucho.			
Me gusta extremadamente.			

Comentarios _____

Gracias por tu participación.

Figura 3. Hoja de evaluación: prueba hedónica de grado de satisfacción.

En el Cuadro 3 se presenta la asignación de valores para la escala hedónica

Cuadro 3. Asignación de valores para la escala hedónica.

Escala categórica verbal	Escala categórica numérica
Me disgusta extremadamente.	1
Me disgusta mucho.	2
Me disgusta moderadamente.	3
Me disgusta poco.	4
Ni me disgusta ni gusta.	5
Me gusta poco.	6
Me gusta moderadamente.	7
Me gusta mucho.	8
Me gusta extremadamente.	9

2.3.4. Análisis de datos

2.3.4.1. Análisis bromatológico

Para las pruebas de cenizas, humedad, proteína, grasa y fibra se elaboró un análisis de varianza, la prueba de comparación de medias se realizó mediante Tukey-Kramer, todo esto mediante el paquete estadístico R-UCA versión 2.14.2.

2.3.4.2.- Evaluación sensorial

Tanto para la prueba discriminativa de diferencia de control como para la prueba hedónica de grado de satisfacción se elaboró un análisis de varianza, la prueba comparación de medias se realizó a través de la prueba de Tukey-Kramer. Se utilizó el paquete estadístico R-UCA versión 2.14.2.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Etapas 1: Elaboración de mezclas con maíz y sorgo rojo y sorgo blanco para la elaboración de tortillas

Se obtuvieron tres mezclas finales para la elaboración de tortillas de maíz (*Zea mays*) con sorgo blanco y sorgo rojo (*Sorghum bicolor* L. Moench), las cuales se pueden observar en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Mezclas seleccionadas

Tortillas	Código
75% Maíz con 25% sorgo rojo	TSR 25
85% Maíz con 15% sorgo rojo	TSR 15
85% Maíz con 15% sorgo blanco	TSB 15

Se seleccionaron las mezclas anteriormente mencionadas en el Cuadro 4, con la finalidad de reducir la utilización del maíz, con el propósito de igualar a la tortilla de maíz, en cuanto a color principalmente.

Sin embargo, se observó mediante pruebas preliminares en la tortillería que la TSR25 presentaba un color café oscuro diferente a la tortilla de maíz; la siguiente TSR15 resultó con un color más aceptable, se hace referencia al color pues es lo primero que el consumidor aprecia antes de comprar el producto. En cuanto a sabor y textura son similares a la tortilla de maíz.

En las siguientes Figuras se muestran las tortillas de cada una de las mezclas seleccionadas.



Figura 4. TSR 25.



Figura 5. TSR 15.



Figura 6. TSB 15.

Etapa 2: Análisis Bromatológico

En cuanto al análisis bromatológico se refiere ser realizó de la siguiente manera; se determino cenizas, humedad, grasa, proteína y fibra cruda para las masas y las tortillas de las mezclas de maíz y sorgo rojo. Para las mezclas de maíz con sorgo blanco únicamente se realizó los análisis anteriormente mencionados para las tortillas. En el Cuadro 5 se observan los cuadrados medios para el análisis bromatológico.

Cuadro 5. Cuadrados medios para el análisis bromatológico de tortillas.

F.V	g.l	Fibra %	Grasa%	Proteína%	Humedad%	Cenizas%
Tratamiento	2	0.62	0.27***	1.24	8.33	0.28***
Error	6	0.17	0.00	1.42	3.92	0.00
Total	8	0.79	0.27	2.67	12.26	0.28
C.V%		28.42	3.79	15.74	2.07	3.29
*, **, *** Niveles de significancia al 0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente.						

El Cuadro 6 presenta la comparación de medias para análisis bromatológico en las tortillas elaboradas con las mezclas seleccionadas.

Cuadro 6. Comparación de medias para análisis bromatológico en tortilla en base seca.

Tratamiento	Fibra %	Grasa%	Proteína%	Humedad%	Cenizas%
TSR 25	1.26 a	1.66 b	7.67 a	96.45 a	2.2 a
TSR 15	1.18 a	1.86 a	6.89 a	93.48 a	2.07 a
TSB 15	2.00 a	1.26 c	8.17 a	96.28 a	1.62 b
Media	1.48	1.59	7.57	95.40	1.96
Tukey	1.05	0.15	2.98	4.96	0.16

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey α 0.05%).

Estadísticamente nos dice que en cuanto al porcentaje de fibra cruda no hay diferencia entre tratamientos; respecto a grasa los tratamientos si son diferentes para cada una de las diferentes tortillas; no existe diferencia estadísticamente en cuanto a

proteína se refiere. En el porcentaje de humedad se observa que no existe diferencia significativa entre los diferentes tipos de muestras. En cuanto a cenizas se refiere las tortillas elaboradas con sorgo blanco y maíz son estadísticamente diferentes a las tortillas de sorgo rojo con maíz. El Cuadro 7 se presenta la composición química de la tortilla de maíz.

Cuadro 7. Composición química de la tortilla de maíz en base fresca y seca.

	Totilla (Base natural)	Tortilla (Base seca)
Humedad	47.8%	0
Proteína	5.4%	10.3%
Extracto Etéreo	1.0%	1.9%
Fibra Cruda	0.7%	1.4%
Cenizas	0.8%	1.6%

Bresanni *et al* (1958)

Según Bressanni *et al*(1990); Serna Saldivar *et al*(1987) algunos cambios ocurren cuando el maíz es transformado en tortillas. Comparado con el grano contra las tortillas a humedades equivalentes, las tortillas contienen menos fibra dietética y aceite debido a la pérdida parcial del pericarpio y germen durante la cocción alcalina y lavado de nixtamal.

Cuando el maíz es nixtamalizado y transformado en tortillas la fracción proteica sufre cambios importantes, la cocción alcalina decremente ligeramente la digestibilidad de la proteína y la biodisponibilidad de la lisina, aminoácido que más limita la utilización de la proteína del maíz Serna Saldivar *et al* (1987). De acuerdo a Martínez Bustos *et al*(2001), durante la nixtamalización los constituyentes de la fibra del germen, pericarpio y capa terminal son liberados incrementándose los contenidos de xilosa, galactosa y ácido galacturónico. Los arabinosilanos y la xilosa son los principales compuestos fibrosos del pericarpio, la intensidad del lavado del nixtamal afecta la concentración de la fibra residual y su composición. Se observa que en las tortillas existe pérdida de nutrientes desde el grano hasta la tortilla. Por lo que existe pérdida de nutrientes en la TSR 15, TSR 25

Análisis Bromatológico de las masas de las mezclas seleccionadas.

En el Cuadro 8, se observan los cuadrados medios para análisis bromatológico de las masas de las mezclas elaboradas con maíz y sorgo rojo.

Cuadro 8. Cuadros medios para análisis bromatológico de masas.

F.V	g.l	Fibra %	Grasa%	Proteína%	Humedad%	Cenizas%
tratamiento	1	0.00	0.00	0.92	0.13	0.11 *
Error	4	0.01	0.02	0.66	0.18	0.01
Total	5	0.02	0.02	1.58	0.31	0.12
C.V%		11.80	4.31	11.16	0.14	5.12
* , ** , *** Niveles de significancia al 0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente.						

Como se puede observar en el Cuadro 9, los cuadrados de medios nos indican que no existe diferencia alguna entre tratamientos, se puede observar que los coeficientes de variación se encuentran dentro de un rango normal, por lo que se considera que los datos son confiables.

En el Cuadro 9 se muestra la comparación de medias para análisis bromatológico en masa de las mezclas seleccionadas de maíz (85%) con sorgo rojo (15%); maíz (75%) con sorgo rojo.

Cuadro 9. Comparación de medias para análisis bromatológico de masas.

Tratamiento	Fibra %	Grasa%	Proteína%	Humedad%	Cenizas%
MSR25	1.13 a	3.61 a	7.67 a	93.44 a	2.3 a
MSR15	1.21 a	3.64 a	6.88 a	93.13 a	2.0 b
Media	1.17	3.63	7.27	93.28	2.16
Tukey	0.31	0.35	1.84	0.30	0.25

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales(Tukey α 0.05%).

De acuerdo a la comparación de medias se puede observar que para variables: fibra, grasa, proteína y humedad estadísticamente los tratamientos 1 y 2 son estadísticamente iguales; existe diferencia de tratamientos en la variable ceniza.

Valoración de Polifenoles

En el siguiente cuadro se muestra el promedio de la absorbancia, para elaborar la curva patrón de concentración de ácido gálico, para la determinación de taninos presentes en las tortillas.

Cuadro 10. Promedio absorbancia para curva patrón de concentración de ácido gálico.

Promedio Absorbancia
0
0.086
0.185
0.283
0.394
0.583

En la Figura 7 se puede observar la curva patrón ácido gálico.

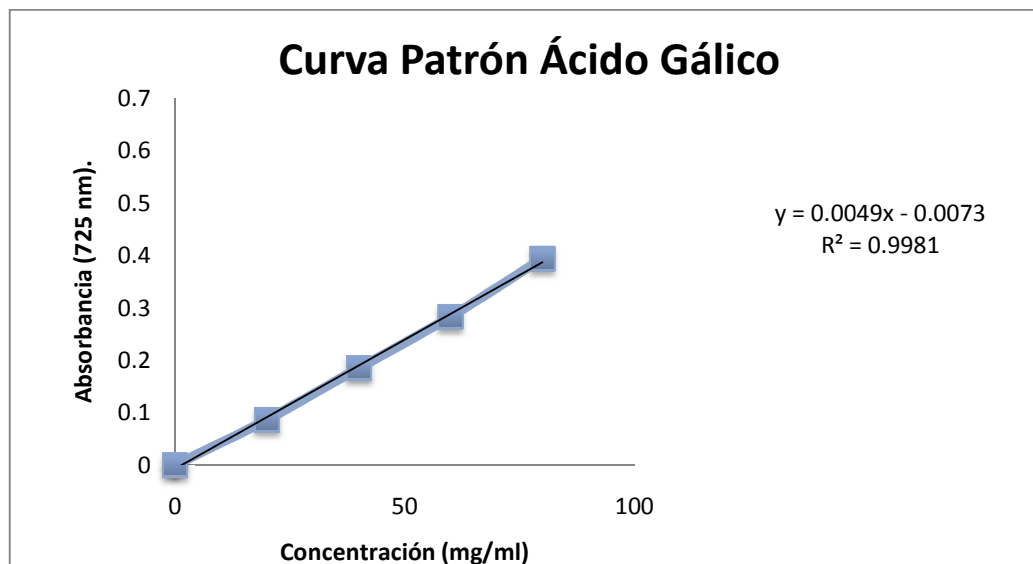


Figura 7. Curva patrón concentración de ácido gálico

En el siguiente Cuadro se observan las concentraciones de taninos que se encuentran en las tortillas.

Cuadro 11. Concentración de las mezclas de acuerdo a la ecuación de la recta.

	Muestra	Concentración mg/ml	En 100g de tortilla %
Hidrolizables	TSR 15	9.7	8.73
	TSR 25	11.2	10.08
	TSB 15	7.6	6.84
Hidrolizables + Complejos	TSR 15	5.5	4.95
	TSR 25	6.3	5.67
	TSB 15	5.4	4.86
Flavonoides	TSR 15	2.3	2.07
	TSR 25	2.6	2.34
	TSB 15	2	1.8

Los vegetales y frutos tienen la capacidad de acumular taninos en la totalidad de la planta de la que provienen: semillas, frutos, madera, raíz, hojas. En condiciones normales, los taninos vegetales representan del 2 al 7% del peso fresco de la planta. (Alma A. Vazquez-Flores, 2012).

Jhon Taylor *et al col* 2006, menciona que todos los sorgos contienen ácidos fenólicos y la mayoría contienen flavonoides, solo variedades con testa pigmentada contienen taninos condensados.

N.R. Reddy, 1985 menciona que en algunas regiones de la India indica que la ingesta diaria de alimentos con presencia de taninos como lo son el arroz, el trigo, el sorgo, frijoles y otros vegetales verdes, varía de 1 500 mg a 2 500 mg.

Enseguida se observa los cuadrados medios para valoración de polifenoles en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Cuadrados medios para el análisis de polifenoles.

F.V.	g.l	Hidrolizables	Hidrolizables + Complejos	Flavonoides
Tratamiento	2	0.02729	0.0015	0.07299
Error	6	0.00014	0.0002	0.08588
Total	8	0.02743	0.0016	0.15887
C.V%		2.19683	4.4337	143.6533

En el Cuadro 13 se observan la comparación de medias para valoración de polifenoles.

Cuadro 13. Comparación de medias para el análisis de polifenoles.

Tratamiento	Hidrolizables	Hidrolizables + complejos	Flavonoides
TSR 15	0.473 b	0.2727 b	0.1087 a
TSR 25	0.363 c	0.3123 a	0.1193 a
TSB 15	0.553 a	0.2753 b	0.384 a
Media	0.463	0.215	0.204
Tukey	0.025	0.319	0.7341

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey α 0.05%).

De acuerdo a la comparación de medias para la valoración de polifenoles se encontró que para los hidrolizables en los tres tratamientos son estadísticamente diferentes, la variable hidrolizables más complejos las tortillas elaboradas con maíz 85% con sorgo rojo 15% y maíz 85% con sorgo blanco 15% son iguales, mientras que las tortillas elaboradas con maíz 75% con sorgo rojo 25% es diferente es decir contiene mayor cantidad de polifenoles presentes. En los flavonoides los tres tratamientos son estadísticamente iguales.

John Taylor *et al col* 2006 menciona que el procesamiento del sorgo en productos alimenticios afecta los niveles de fenoles, es decir que durante el proceso los taninos se unen a otros compuestos (proteínas, carbohidratos y minerales) que los hacen

difíciles de extraer, tortillas de maíz con salvado de sorgo marrón disminuyeron de un 47% a un 50%.

Evaluación Sensorial

En el Cuadro 14, se muestra los resultados de la prueba de diferencia de control para los tres tratamientos en estudio evaluados respecto al control en los atributos de color, textura y sabor.

Cuadro 14. Clasificación de las mezclas de tortillas con respecto al control en cuanto a color, textura y sabor.

Atributo	Tratamiento		
	C-R (control –sorgo rojo)	C-B (control- sorgo blanco)	C-C (control-control)
Color	5.03 b	2.79 a	0.51 c
Textura	2.06 a	1.48 ab	1.20 b
Sabor	1.82 a	1.62 ab	1.03 b

Cada valor representa la media de 30 panelistas.

Medias con diferente literal en una fila son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

El análisis estadístico mostró que para el atributo color existe diferencia en las tortillas de maíz con sorgo rojo y maíz con sorgo blanco respecto a la de maíz muestra control, según Jhon RN Taylor y *et col*(2006), el color resultante de los productos de sorgo, no se puede predecir basándose en el color del grano, depende de los colores del pericarpio y endospermo y de la testa además de la molienda y el pH de la comida, sin embargo sorgos con pericarpio pigmentado proporcionan una oportunidad única para producir alimentos con un color natural atractivo, con altos niveles en fibra dietética y antioxidantes. En el atributo de textura, las tortillas de maíz con sorgo blanco resultaron ser estadísticamente semejantes a los otros 2 tratamientos (C-R, C-C), sin embargo estos últimos entre sí resultaron

estadísticamente diferentes. Por último el atributo de sabor se presentó el mismo comportamiento estadístico de la textura; resultando las tortillas de maíz con sorgo blanco semejantes estadísticamente al resto de los tratamientos (C-R, C-C), mientras que los anteriores tratamientos son diferentes en el atributo de sabor.

En el Cuadro 15 se muestran los resultados de la prueba hedónica de grado de satisfacción.

Cuadro 15.Medias de análisis estadístico de prueba de grado de satisfacción.

Tortilla	Media
Maíz 85 % con sorgo rojo 15 %	7.1 a
Maíz 85 % con sorgo blanco 15%	6.9 a
Maíz 100 %	6.9 a

Cada valor representa la media de 60 panelistas.

Medias con diferente literal en una columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Los resultados que se obtuvieron al analizar estadísticamente los datos de la prueba hedónica mostraron que los tres tratamientos probados tienen el mismo grado de satisfacción en los consumidores habituales de este producto. Es importante indicar que en esta prueba los jueces consumidores evaluaron únicamente grado de satisfacción sin enfocarse en alguna característica sensorial en particular.

Costos de producción

Con respecto al costo de producción para las tortillas de maíz 85% con sorgo 15%(rojo o blanco) se obtuvo una reducción del 4.15% y una utilidad neta de \$450.00/ton, las tortillas de maíz 75% con sorgo rojo 25% la reducción del costo de producción fue de 9.31% con una utilidad neta de \$520.00. En el Cuadro 16 se aprecia el análisis de costo de producción.

Cuadro 16. Costos de Producción.

Costo	Costo tortilla	Utilidad/tonelada
Maíz	6,500	4,500
Sorgo	4, 700	6, 300
Mezcla 15% sorgo	6, 230	450.00
Mezcla 25% sorgo	6.050	520.00

4. CONCLUSIÓN

Se obtuvieron tortillas de maíz con sorgo rojo y sorgo blanco. Sin embargo, las diferencias encontradas en los atributos de color, textura y sabor entre los diferentes tratamientos, el grado de satisfacción de estos con respecto a la tortilla control fue similar. Con respecto al costo de producción se logró una reducción del 4.15% y una utilidad neta de \$450.00/ton en tortillas de maíz 85% con 15% de sorgo rojo y blanco y una reducción del costo de 9.31% y una utilidad de \$520.00/ton en tortillas de maíz con sorgo rojo.

5. PERSPECTIVA

1. Determinar pérdida de nutrientes en el agua que se utiliza para la nixtamalización (Nejayote) y darle uso, para saber la pérdida de nutrientes y evitar contaminación.
2. Elaborar productos derivados del sorgo blanco y rojo como lo son cerveza y pan.
3. Determinación de carbohidratos, vitaminas, minerales, calorías a las TSR 15 y TSB 15.
4. Efecto de la nixtamalización sobre la biodisponibilidad de nutrientes en la TSR 15 y TSB 15.

6. BIBLIOGRAFÍA

AACC.1995. Aproved methods of the American cereal chemists 8th ed. The association, St. Paul Washington, D.C. U.S.A.

AOAC. 1998. Oficial methods of analysis. The association, St. Paul Washington, D.C. U.S.A.

Amador Luis. 2005. La tortilla. Revista PROFECO. 61.

Arathi A., Urooj A., Puttaraj S. 2003. In vitro starch digestibility and nutritionally important starch fractions in cereals and theirs mixtures. Starch 55: 94-99.

Axtell, J.D., Kirleis A., Hassan M.1981. digestibility sorghum proteins. Of the Nat. Acad of Sci. U.S.A. 78: 1333-1335.

Bach Knuchen K.E., Kireleis A.W., Eggum B.O. 1998. Carbohydrate composition and nutritional quality for rats of sorghum to prepared from decorticated white and whole grain red flour. J. Nutr., 118: 588- 597.

Bresanni, R. and Scrimshaw, N. S. 1958.Effect of lime treatment on in vitro availability of essential aminoacid and solubility of protein.30

Bresanni, R. 1990. Chemistry, technology and nutritive value of maize tortillas. Food Revs. Intl 6: 225-264.

Butler L.G, Reidl D.J. 1984. Interactions of proteins with sorghum tannin, mechanism, specificity and significance. J. Am. Oilchemsoc. 61: 916-920.

Chávez, A. 1973. El maíz en la nutrición en México en: Simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo. Colegio de posgraduados, Chapingo, México.50

Chibber B., Mertz E.T., Axtell J.D. 1980. In vitro digestibility of high tannin sorghum at different stages of dehulling. J. Agric. Food Chem. 28: 160-161.

Cohen, J. 1995. Project. Refines an ancient staple with modern science. *Science* 267:824-825.

Desrosier Norman W. 1996. Elementos de tecnología de alimentos. 185-188.

Deschamps, I. 1985. Aprovechamiento industrial del maíz en la manufactura de los productos alternos a la panificación, originados en el trigo oficina de la FAO, Santiago, Chile. 30.

Dreher M.L., Dreher C.J., Berry J.W. 1984. Starch digestibility of foods. Antinutritional perspective. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 20: 47-71.

FAO. 2010. FAOSTAT. Production statistics of the food and agricultural organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org/default.aspx>.

FAO. 2012. Comisión del Codex Alimentario.

FAO. 1997. La economía del sorgo y el mijo en el mundo: hechos, tendencias y perspectivas.

FAO. 1995. El sorgo y el mijo en la nutrición humana organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, Italia.

Financiera Rural. 2011. Monografía del sorgo grano. 4-6.

Hernández Montes Arturo. 2007. Evaluación sensorial de productos agroalimentarios. Universidad Autónoma de Chapingo.

Hibberd C.A., Wagner D.G. 1982. Digestibility characteristics of isolated starch from sorghum and corn grain. 55: 1490-1497.

Hoshino T., Duncan R.R. 1982. Sorghum tannin content during maturity under different environmental conditions. *Japan Journal of Crop Science* 51: (2): 178-184.

House Leland R. 1982. El sorgo guía para su mejoramiento genético. Universidad Autónoma de Chapingo. 27-31.

Huerta Elivira, Verdalet Iñigo. 2007. Tortillas. Revista de divulgación científica tecnológico de la universidad veracruzana.1-2.

Makkar H.P.S., M. Blümmel, N. K. Borowy, K. Backer. 1993. Gravimetric determination of a tannins and Sci. FoodAgric, 61:161-165.

Mamouduo H.D., Grupen H., Rajjini P.S. 2004. Antiradical propeties of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). AfricanJournal of Biotechnology 5 (5): (384-395).

Martínez Bustos, F., Martínez Flores, H.E., Sanmartín Martínez. 2001. Effects of the components of maize on the quality or masa and tortillas during the traditional nixtamalisation process. J. Sci. Food Agric. 81: 1455- 1462.

Montes García Noé, García García Miguel Ángel, Catillo Tovar Hipólito, Pecina Quintero Víctor, Anaya López José Luis. 2010. Sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) blanco: alternativa para la alimentación humana.

Porter Katy. 2012. Color del sorgo granifero y su relación con el valor de comercialización y con su valor nutritivo. 3-7.

RatikantaMaiti. 1986. Morfología, crecimiento y desarrollo del sorgo. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía. 305-307.

Reddy N.R., Pierson M.D., Sathe S.K., Salunkhe D.K. 1985. Dry bean tannins a review of nutritional implications. 542-543.

Rizley N.F., Sueter D.A. 1977. Sorghum tortillas: process and product attributes. *J. FoodSci.* 42: 1435-1438.

Rooney L.W., Miller F.R. 1982. Variation in the structure and kernel characteristics of sorghum. In: Proceedings of an international symposium on sorghum grain quality.

Rooney L.W., Pflugfelder R.L. 1986. Factor affecting starch digestibility with special emphasis evaluation and corn. *J. Anim. Sci.* 63: 1607-1623.

Rooney L.W., Serna-Saldivar S.O. 1991. In handbook of cereal science and thecnology. *Sorghum pp* 233-269.

Salinas MY, Gómez N.O., Cervantes J.E., Sierra M., Palafox A., Betanzo E., Coutiño E. 2010. Calidad nixtamalera y tortillera en maíces del trópico húmedo y sub-húmedo de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 2:689-702.

Secretaría de Economía.2012. Análisis de la cadena de valor maíz-tortilla: situación actual y factores competencia local. 20.

Serna Saldivar, S.O., Knabe, D.A., Rooney, L. WjandTankley, T.D. 1987. Effect of lime treatment on energy and protein digestibilities of maize and sorghum. *Cereal Chemistry* 64: 247-252.

Serna Saldivar R. Othon. 2012. Food Preservation technology series. 179-197.

Serna Saldivar R. Othon. 2013. Nixtamalización para producción de masa. 277-300.

Serna Saldivar R. Othon 2012. Properties, processing and nutritional attributes. 239-244.

Sierra-Macias M., Palafox-Caballero, Vázquez-Carrillo G., Rodríguez-Montalvo F., Espinosa-Calderón. 2010. Caracterización agronómica, calidad industrial y nutricional de maíz para el trópico mexicano. *Agronomía mesoamericana*. 21: 21-29.

Taylor Jhon R.N., SchoberTilman J., Scott, R. Bean. 2006. Novel food and non-food uses for sorghum and millets. *Journal of cereal science*, volumen 44, 252-271.

Taylor Jhon R.N., SchoberTilman J., Scott, R. Bean. 2006. Sorghum and millet phenols and antioxidant, volume 44, 252-271.

Van den Briel, T, and Webb, P. 2003. Fighting world hunger through micronutrient fortification programs. *Food Tech*. 57 (11): 44-47

Vasuadeva G.K, Chandra Shekar A., Rajjini P.S. 2004. Antiradical properties of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Fluor extract. *Journal of cereal Science* 40 (3): 283-288.

Vazquez Lara Francisco, Ramírez Wong Benjamín, Francisco, Cinco Moruyaqui Francisco Javier. 2010. Cambios de solubilidad de las proteínas del maíz durante el proceso de elaboración de la tortilla a diferentes tiempos de cocimientos.

Vázquez C.M.G., Pérez J.P., Hernández J.M., Martínez E. 2010. Calidad de grano y de tortilla de maíces del altiplano y valle de mezquital, México. *Revista Fitotecnia*. 4:49-56.

Vázquez-Flores Alma A., Well Medrano Abraham, López Díaz Alberto, Álvarez Parrilla Emilio, De la Rosa Laura. 2012. Taninos hidrolizables y condensados: naturaleza química ventajas y desventajas de su consumo. 85-86

Zhang, G., Hamake B.R., 1998. Low amylases tarch digestibility of cooked sorghum flours and the effect of protein. *Cereal chem* 75: 710-713.

7. ANEXOS

Análisis estadístico de: Prueba hedónica de grado de satisfacción.

Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 1 6/27/2013 10:44:44 AM
 Database C:\Users\Sarahi\Documents\UAAAN\Tesistas\Mary Victorino\mary.S0
 Response acaptacion

Expected Mean Squares Section

Source	DF	Term	Denominator	Expected
Term		Fixed?	Term	Mean Square
A: tratamientos	2	Yes	S(AB)	S+bsA
B: panelistas	59	Yes	S(AB)	S+asB
S(AB)	118	No		S

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: tratamientos	2	0.8111111	0.4055555	0.20	0.816642	0.080997
B: panelistas	59	182.3278	3.090301	1.55	0.023180*	0.997726
S	118	235.8556	1.998776			
Total (Adjusted)	179	418.9944				
Total	180					

* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: acaptacion
 Term A: tratamientos

Alpha=0.050 Error Term=S(AB) DF=118 MSE=1.998776 Critical Value=3.3569

Group	Count	Mean	Different From Groups
b	60	6.95	
c	60	6.966667	
r	60	7.1	

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Análisis estadístico de: Prueba discriminativa de diferencia de control (atributo color).

Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 1 6/27/2013 11:05:51 AM
 Database C:\Users\Sarahi\Documents\UAAAN\Tesistas\Mary Victorino\mary.S0
 Response color

Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: trat	2	295.8851	147.9425	99.44	0.000000*	1.000000
S(A)	84	124.9655	1.487685			
Total (Adjusted)	86	420.8506				
Total	87					

* Term significant at alpha = 0.05

Means and Effects Section

Term	Count	Mean	Standard Error	Effect
All	87	2.781609		2.781609
A: trat				
c-b	29	2.793103	0.2264939	1.149425E-02
c-c	29	0.5172414	0.2264939	-2.264368
c-r	29	5.034483	0.2264939	2.252874

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: color
 Term A: trat

Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=84 MSE=1.487685 Critical Value=3.3743

Group	Count	Mean	Different From Groups
c-c	29	0.5172414	c-b, c-r
c-b	29	2.793103	c-c, c-r
c-r	29	5.034483	c-c, c-b

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Análisis estadístico de: Prueba discriminativa de diferencia de control (atributo textura).

Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 1 6/27/2013 11:11:02 AM
 Database C:\Users\Sarahi\Documents\UAAAN\Tesistas\Mary Victorino\mary.S0
 Response textura

Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: trat	2	11.24138	5.62069	4.08	0.020461*	0.709603
S(A)	84	115.8621	1.37931			
Total (Adjusted)	86	127.1034				
Total	87					

* Term significant at alpha = 0.05

Means and Effects Section

Term	Count	Mean	Standard Error	Effect
All	87	1.586207		1.586207
A: trat				
c-b	29	1.482759	0.2180881	-0.1034483
c-c	29	1.206897	0.2180881	-0.3793103
c-r	29	2.068965	0.2180881	0.4827586

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: textura
 Term A: trat

Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=84 MSE=1.37931 Critical Value=3.3743

Group	Count	Mean	Different From Groups
c-c	29	1.206897	c-r
c-b	29	1.482759	
c-r	29	2.068965	c-c

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between themeans

Análisis estadístico de: Prueba discriminativa de diferencia de control (atributo sabor).

Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 1 6/27/2013 11:20:05 AM
 Database C:\Users\Sarahi\Documents\UAAAN\Tesistas\Mary Victorino\mary.S0
 Response sabor

Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: trat	2	9.816092	4.908046	3.22	0.044825*	0.600445
S(A)	84	127.931	1.522989			
Total (Adjusted)	86	137.7471				
Total	87					

* Term significant at alpha = 0.05

Means and Effects Section

Term	Count	Mean	Standard Error	Effect
All	87	1.494253		1.494253
A: trat				
c-b	29	1.62069	0.2291655	0.1264368
c-c	29	1.034483	0.2291655	-0.4597701
c-r	29	1.827586	0.2291655	0.3333333

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: sabor
 Term A: trat

Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=84 MSE=1.522989 Critical Value=3.3743

Group	Count	Mean	Different From Groups
c-c	29	1.034483	c-r
c-b	29	1.62069	
c-r	29	1.827586	c-c

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Análisis estadístico para fibra en tortillas

Analysis of Variance Table

Response: Fibra

Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)

Tratamiento 2 1.2428 0.62141 3.4857 0.09897 .

Residuals 6 1.0696 0.17827

Signif.codes: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study: prueba de Tukey

HSD Test for Fibra

Mean Square Error: 0.1782733

Tratamiento, means

Fibra std.err r Min. Max.

T1 1.262779 0.10593132 3 1.105937 1.464548

T2 1.184475 0.04941923 3 1.103754 1.274231

T3 2.009003 0.40572109 3 1.557796 2.818676

alpha: 0.05 ; Df Error: 6

Critical Value of Studentized Range: 4.339195

Honestly Significant Difference: 1.057771

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a T3 2.009

a T1 1.263

a T2 1.184

Análisis estadístico de grasa en tortilla

Analysis of Variance Table

Response: Grasa

Df SumSq Mean Sq F value Pr(>F)

Tratamiento 2 0.54904 0.274519 74.904 5.711e-05 ***

Residuals 6 0.02199 0.003665

Signif.codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study: prueba de Tukey

HSD Test for Grasa

Mean Square Error: 0.003664927

Tratamiento, means

Grasastd.err r Min. Max.

T1 1.663240 0.05076129 3 1.578771 1.754248

T2 1.860708 0.02178473 3 1.824769 1.900008

T3 1.266722 0.02477184 3 1.217719 1.297543

alpha: 0.05 ; Df Error: 6

Critical Value of Studentized Range: 4.339195

Honestly Significant Difference: 0.1516636

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a T2 1.861

b T1 1.663

c T3 1.267

Análisis estadístico cenizas tortilla.

Analysis of Variance Table

Response: Cenizas

Df SumSq Mean Sq F value Pr(>F)

tratamiento 2 0.56881 0.284406 68.056 7.526e-05 ***

Residuals 6 0.02507 0.004179

Signif.codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study: prueba de Tukey

HSD Test for Cenizas

Mean Square Error: 0.004179022

tratamiento, means

Cenizasstd.err r Min. Max.

t2 2.199900 0.058800454 3 2.0823 2.2591

t4 2.074467 0.006457124 3 2.0668 2.0873

t5 1.615067 0.026073635 3 1.5676 1.6575

alpha: 0.05 ; Df Error: 6

Critical Value of Studentized Range: 4.339195

Honestly Significant Difference: 0.1619518

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a t2 2.2

a t4 2.074

b t5 1.615

Análisis estadístico humedad tortilla

Analysis of Variance Table

Response: humedad

Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)

tratamiento 2 16.672 8.3361 2.1219 0.2009

Residuals 6 23.572 3.9287

Study: prueba de Tukey

HSD Test for humedad

Mean Square Error: 3.928656

tratamiento, means

humedad std.err r Min. Max.

t2 96.45333 1.66773632 3 93.25 98.86

t4 93.48333 0.01666667 3 93.45 93.50

t5 96.28000 1.07099642 3 95.13 98.42

alpha: 0.05 ; Df Error: 6

Critical Value of Studentized Range: 4.339195

Honestly Significant Difference: 4.965586

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a t2 96.45

a t5 96.28

a t4 93.48

Análisis estadístico proteína tortilla

Analysis of Variance Table

Response: proteina

Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)

tratamiento 2 2.4968 1.2484 0.8768 0.4634

Residuals 6 8.5430 1.4238

Study: prueba de Tukey

HSD Test for proteina

Mean Square Error: 1.423833

tratamiento, means

proteinastd.err r Min. Max.

t2 7.67 0.2702468 3 7.16 8.08

t4 6.89 0.6055576 3 5.68 7.54

t5 8.17 0.9920181 3 6.26 9.59

alpha: 0.05 ; Df Error: 6

Critical Value of Studentized Range: 4.339195

Honestly Significant Difference: 2.98936

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a t5 8.17

a t2 7.67

a t4 6.89

Análisis estadístico de fibra para las masas de maíz con sorgo rojo.

Analysis of Variance Table

Response: Fibra Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)

Tratamiento 1 0.009629 0.009629 0.5006 0.5183

Residuals 4 0.076942 0.019235

Study: prueba de Tukey

HSD Test for Fibra

Mean Square Error: 0.01923542

Tratamiento, means

Fibra	std.err	r	Min.	Max.
-------	---------	---	------	------

T1	1.134360	0.08215364	3	0.9761292 1.251815
----	----------	------------	---	--------------------

T2	1.214481	0.07793837	3	1.1108340 1.367132
----	----------	------------	---	--------------------

alpha: 0.05 ; Df Error: 4

Critical Value of Studentized Range: 3.926503

Honestly Significant Difference: 0.3144098

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	T2	1.214
---	----	-------

a	T1	1.134
---	----	-------

Análisis estadístico grasa en masas de maíz con sorgo rojo

Analysis of Variance Table

Response: grasa

Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)

tratamiento 1 0.001441 0.0014412 0.0587 0.8205

Residuals 4 0.098254 0.0245636

Study: prueba de Tukey

HSD Test for grasa

Mean Square Error: 0.02456357

tratamiento, means

grasa std.err r Min. Max.

T1 3.615703 0.06585446 3 3.516635 3.740401

T2 3.646701 0.10972192 3 3.434748 3.801908

alpha: 0.05 ; Df Error: 4

Critical Value of Studentized Range: 3.926503

Honestly Significant Difference: 0.3552966

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a T2 3.647

a T1 3.616

Análisis estadístico cenizas masa

Analysis of Variance Table

Response: Cenizas

Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)

Tratamiento 1 0.111330 0.111330 9.0677 0.0395 *

Residuals 4 0.049111 0.012278

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study: prueba de Tukey

HSD Test for Cenizas

Mean Square Error: 0.01227765

Tratamiento, means

Cenizasstd.err r Min. Max.

t1 2.299833 0.004255323 3 2.2928 2.3075

t3 2.027400 0.090371400 3 1.8471 2.1285

alpha: 0.05 ; Df Error: 4

Critical Value of Studentized Range: 3.926503

Honestly Significant Difference: 0.2511903

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a t1 2.3

b t3 2.027

Análisis estadístico humedad en masa.

Analysis of Variance Table

Response: humedad

Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)

tratamiento 1 0.138017 0.138017 7.5903 0.05111 .

Residuals 4 0.072733 0.018183

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study: prueba de Tukey

HSD Test for humedad

Mean Square Error: 0.01818333

tratamiento, means

humedad std.err r Min. Max.

t1 93.43667 0.03382964 3 93.37 93.48

t3 93.13333 0.10477489 3 93.00 93.34

alpha: 0.05 ; Df Error: 4

Critical Value of Studentized Range: 3.926503

Honestly Significant Difference: 0.3056906

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a t1 93.44

a t3 93.13

Análisis estadístico proteína en masa

Analysis of Variance Table

Response: Proteina

Df SumSq Mean Sq F value Pr(>F)

Tratamiento 1 0.92326 0.92326 1.3982 0.3025

Residuals 4 2.64120 0.66030

Study: prueba de Tukey

HSD Test for Proteina

Mean Square Error: 0.660301

Tratamiento, means

Proteinastd.err r Min. Max.

t2 7.672077 0.2716313 3 7.159849 8.084931

t4 6.887536 0.6053240 3 5.677945 7.536128

alpha: 0.05 ; Df Error: 4

Critical Value of Studentized Range: 3.926503

Honestly Significant Difference: 1.842113

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a t2 7.672

a t4 6.888

Análisis estadístico polifenoles (Flavonoides).

Analysis of Variance Table

Response: concentración

Df SumSq Mean Sq F value Pr(>F)

tratamiento 2 0.14597 0.072985 0.8499 0.4732

Residuals 6 0.51528 0.085880

> #Coeficiente de variación

>df=df.residual(modelo)

>df

[1] 6

>MSerror=deviance(modelo)/df

>MSerror

[1] 0.08587989

> CV=(sqrt(MSerror)/mean(concentración))*100

> CV

[1] 143.6533

Study: prueba de Tukey

HSD Test for concentración

Mean Square Error: 0.08587989

tratamiento, means concentración std.err r Min. Max.

t1 0.1086667 0.001452966 3 0.106 0.111

t2 0.1193333 0.005238745 3 0.111 0.129

t3 0.3840000 0.293002275 3 0.089 0.970

alpha: 0.05 ; Df Error: 6

Critical Value of Studentized Range: 4.339195

Honestly Significant Difference: 0.7341661

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	t3	0.384
a	t2	0.1193
a	t1	0.1087

```
>media=mean(concentración)
```

```
>media
```

```
[1] 0.204
```


Análisis estadístico polifenoles (hidrolizables + complejos)

Analysis of Variance Table

Response: concentración

```
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
tratamiento 2 0.0029496 0.00147478 9.1223 0.01516 *
```

```
Residuals 6 0.0009700 0.00016167
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```
>library(agricolae)
```

```
> #Coeficiente de variación
```

```
>df=df.residual(modelo)
```

```
>df
```

```
[1] 6
```

```
>MSerror=deviance(modelo)/df
```

```
>MSerror
```

```
[1] 0.0001616667
```

```
> CV=(sqrt(MSerror)/mean(concentración))*100
```

```
> CV
```

```
[1] 4.433684
```

Study: prueba de Tukey

HSD Test for concentración

Mean Square Error: 0.0001616667

tratamiento, means

concentración std.err r Min. Max.

```
t1 0.2726667 0.006936217 3 0.261 0.285
```

```
t2 0.3123333 0.006691620 3 0.300 0.323
```

t3 0.2753333 0.008293237 3 0.259 0.286

alpha: 0.05 ; Df Error: 6

Critical Value of Studentized Range: 4.339195

Honestly Significant Difference: 0.03185362

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a t2 0.3123

b t3 0.2753

b t1 0.2727

>media=mean(concentración)

>media

[1] 0.2867778

Análisis estadístico Polifenoles (Hidrolizables).

Analysis of Variance Table

Response: concentración

Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)

Tratamiento 2 0.054580 0.0272901 263.53 1.426e-06 ***

Residuals 6 0.000621 0.0001036

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> #Coeficiente de variación

>df=df.residual(modelo)

>df

[1] 6

>MSerror=deviance(modelo)/df

>MSerror

[1] 0.0001035556

> CV=(sqrt(MSerror)/mean(concentración))*100

> CV

[1] 2.196834

Study: prueba de Tukey

HSD Test for concentración

Mean Square Error: 0.0001035556

Tratamiento, means

concentración std.err r Min. Max.

t1 0.4730000 0.002645751 3 0.469 0.478

t2 0.3633333 0.004333333 3 0.356 0.371

t3 0.5533333 0.008819171 3 0.540 0.570

alpha: 0.05 ; Df Error: 6

Critical Value of Studentized Range: 4.339195

Honestly Significant Difference: 0.02549384

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a t3 0.5533

b t1 0.473

c t2 0.3633

>media=mean(concentración)

>media

[1] 0.4632222