

**Desarrollo y evaluación de una tortilla de
maíz con dos concentraciones de harina de
soya (*Glycine max*) y harina de amaranto
(*Amaranthus hypochondriacus*)**

Ana Patricia Beatriz Amador Pérez

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2009

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Desarrollo y evaluación de una tortilla de
maíz con dos concentraciones de harina de
soya (*Glycine max*) y harina de amaranto
(*Amaranthus hypochondriacus*)**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Ana Patricia Beatriz Amador Pérez

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2009

**Desarrollo y evaluación de una tortilla de
maíz con dos concentraciones de harina de
soya (*Glycine max*) y harina de amaranto
(*Amaranthus hypochondriacus*)**

Presentado por:

Ana Patricia Beatriz Amador Pérez

Aprobado:

Flor de María Núñez, M.Sc.
Asesora principal

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Director
Carrera de Agroindustria Alimentaria

Francisco Javier Bueso, Ph.D.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

RESUMEN

Amador, A. 2009. Desarrollo y evaluación de una tortilla de maíz con proteína con dos concentraciones de harina de soya (*Glycine max*) y harina de amaranto (*Amaranthus Hypochondriacus*). Proyecto del Programa de Ingeniería Agroindustrial, Zamorano, Honduras. 33 p.

El consumo de tortillas en las áreas rurales del Centro América es muy común, sin embargo el maíz no supe todas las necesidades básicas proteicas para una dieta balanceada. El objetivo de este estudio fue desarrollar y evaluar una tortilla con dos concentraciones de harina de soya y harina de amaranto para obtener mayor proteína. Se evaluó la aceptación de los tratamientos y sus características físico-químicas (textura, color, actividad de agua, análisis proximal). Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con arreglo factorial, utilizando dos tipos de harina (amaranto y soya) y dos concentraciones (3 y 5%), se utilizó un ANDEVA y una separación Tukey ($P < 0.05$), utilizando medidas repetidas en el tiempo (0, 3 y 6 días) para los análisis físicos y actividad de agua. Existieron diferencias significativas para los atributos sensoriales de suavidad, sabor general y sabor residual, excepto para color. El tratamiento con mayor aceptación fue Amaranto 5% y Soya 5%. Los tratamientos que poseían mayor contenido de harina de soya y amaranto tuvieron una luminosidad menor al control. Existieron diferencias significativas a través del tiempo para la textura, siendo más notorio para el día 6. La actividad de agua obtenida fue en un rango de 0.87-0.99. La cantidad obtenida de proteína fue de 7.48g/100g. El costo variable obtenido para el tratamiento de mayor aceptación es de L.1.05 por cada tortilla.

Palabras clave: nixtamalización, sensorial, proximal.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3. MATERIALES Y MÉTODOS	8
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
5. CONCLUSIONES	22
6. RECOMENDACIONES	23
7. LITERATURA CITADA	24
8. ANEXOS	27

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro

1. Etiqueta Nutricional de la tortilla Milpa Real.....	4
2. Composición química de la soya.....	5
3. Composición química de la harina de soya parcialmente desgrasada.....	5
4. Composición química de la semilla de amaranto.....	6
5. Estándar para declarar a un alimento alto en proteína.....	7
6. Formulación y codificación de los tratamientos de tortilla de maíz, con amaranto y soya.....	9
7. Análisis químicos para la tortilla.....	12
8. Aceptación para el atributo de color en tortillas de maíz, soya y amaranto.....	13
9. Aceptación para el atributo suavidad en tortillas de maíz, soya y amaranto.....	13
10. Aceptación para el atributo sabor general en tortillas de maíz, soya y amaranto.....	14
11. Aceptación para el atributo sabor residual en las tortillas de maíz, soya y amaranto.....	14
12. Análisis de medidas repetidas a través del tiempo de amaranto y soya en el valor L*.....	15
13. Análisis de medidas repetidas de amaranto y soya para valor L*.....	15
14. Análisis de medidas repetidas a través del tiempo de amaranto y soya en el valor a*.....	16
15. Análisis de medidas repetidas de amaranto y soya para valor a*.....	16
16. Análisis de medidas repetidas a través del tiempo de amaranto y soya en el valor b*.....	17
17. Análisis de medidas repetidas de amaranto y soya para textura.....	17
18. Análisis de medidas repetidas a través del tiempo de amaranto y soya para textura.....	18
19. Análisis de medidas repetidas de amaranto y soya para textura.....	18
20. Análisis de medidas repetidas a través del tiempo de amaranto y soya para actividad de agua.....	19
21. Análisis de medidas repetidas de amaranto y soya para actividad de agua.....	19
22. Composición químico proximal de Amaranto 5% Soya 5% y tortilla 100% maíz.....	20
23. Cantidad de proteína en gramos de tortilla de maíz y Amaranto 5% Soya 5% con base a 100 gramos.....	20
24. Costos variables para Amaranto 5% Soya 5%.....	21

Figura

1. Flujo de proceso para la elaboración de tortilla de maíz con harina de soya y amaranto.....	10
2. Valor L* a través del tiempo en las tortillas de maíz, soya y amaranto.	15
3. Valor a* a través del tiempo en las tortillas de maíz, soya y amaranto.	16
4. Valor b* través del tiempo en las tortillas de maíz, soya y amaranto.....	17
5. Textura a través del tiempo en las tortillas de maíz, soya y amaranto.	18
6. Actividad de agua a través del tiempo en las tortillas de maíz, soya y amaranto.....	19

Anexo

1. Formato para la evaluación sensorial.	27
---	----

1. INTRODUCCIÓN

Según FAO (1993), el maíz es uno de los cereales más consumidos a nivel mundial, especialmente en las áreas rurales de los países subdesarrollados, debido a su bajo costo y fácil producción, siendo el caso de América central y México donde el maíz ha sido un alimento esencial para todos sus habitantes.

La producción de maíz en América Central y el Caribe en el 2008 alcanzaría 39.6 millones de toneladas, 6.4% más que en 2006. Este aumento de volumen se debe principalmente a la demanda de bioenergía, además de otros usos como la producción de piensos para animales y el consumo humano (FAO Comunicado de prensa 2008).

En Centro América y México, el maíz es consumido por medio de las tortillas, usadas para muchos alimentos tradicionales. Según Méndez (2004), el proceso de elaboración de las tortillas, se hace a través de la nixtamalización, en el cual se combina agua y cal que sirve para suavizar el grano de maíz, se hace un reposo de aproximadamente doce horas. Inmediatamente se procede a la realización de un lavado, molienda, moldeado semimanual y cocción de las tortillas.

Es en la época de crisis económica donde la dependencia de este alimento incrementa, logrando así la subsistencia de las comunidades rurales, pero de esta forma no satisfacen las necesidades proteicas diarias, porque el maíz es deficiente en proteínas, lisina y triptófano; además de la falta de una dieta balanceada, lo cual crea problemas de desnutrición. Muchos investigadores se han dedicado a buscar solución a esta problemática, usando maíz mejorado, adicionándole soya, vitaminas, calcio a las harinas, tratando de mejorar la calidad proteica de las tortillas (Bressani 1975, Fajardo 2004).

La Asociación mexicana del amaranto (2003), la semilla de amaranto posee un 14% de proteína y la harina de soya parcialmente desgrasada, contiene un 45% de proteína (The Soyfoods Association of North America 2009), convirtiéndolas en objeto de investigación y para el desarrollo de nuevos productos, cuyo objetivo es suplir las necesidades proteicas de muchas personas de escasos recursos.

En el presente estudio se desarrolló una tortilla de maíz alta en proteína utilizando harina de soya parcialmente desgrasada, debido a que es un producto que presenta un beneficio para la salud y harina de amaranto, un producto que contiene niveles altos de proteína.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo general

- Desarrollar y evaluar una tortilla de maíz utilizando dos concentraciones de harina de soya y harina de amaranto.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar cuatro formulaciones de tortilla de maíz, utilizando dos concentraciones de harina de soya y harina de amaranto.
- Determinar el grado de aceptación de las cuatro formulaciones de la tortilla de maíz.
- Determinar las características físicas de las cuatro formulaciones de la tortilla de maíz y un control.
- Determinar las características químicas de la tortilla con mayor aceptación.
- Determinar los costos variables de la tortilla con mayor aceptación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EL MAÍZ

El cultivo del maíz (*Zea mays*) tuvo su origen, en América Central y México. Este cereal era un artículo esencial en las civilizaciones maya y azteca y tuvo un importante papel en sus creencias religiosas, festividades y nutrición (FAO 1993).

“El cultivo de maíz ha sido importante en la supervivencia de civilizaciones, así también en su cultura y vida religiosa, el maíz era aclamado como “El rey de los cereales”. Se tornó en el más importante cultivo en la alimentación humana y animal. Actualmente es el cereal de mayor cobertura geográfica en el mundo” (Fuentes 2002).

Según un informe de la Comisión Europea publicado el 29 de julio. La producción de maíz se incrementaría unos 5.7 millones de toneladas entre el 2005 y el 2012 debido a aumentos de rendimientos más que extensión de área cultivables, durante la última parte de los años proyectados.

2.1.1 Proceso de nixtamalización

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

Según Méndez (2004) la técnica se basa en el cocimiento de los granos de maíz (1 parte) en agua (2-3) partes y cal (1-3% p/p de Ca [OH]₂) durante 30-60 minutos con posterior reposo de 12 a 16 horas. Ocurre en seguida, un lavado de los granos de maíz reposados para eliminar el exceso de cal y fragmentos del pericarpio desprendidos. Los granos cocidos, reposados y lavados, denominados nixtamal, son molidos en molino de piedra hasta obtener la masa. Porciones de masa de 20-25 g son moldeados en forma circular y cocidas en tiempos (primer lado =20 segundos, segundo lado =30seg., y primer lado nuevamente, hasta que ocurra el inflado) en comal con temperatura de 280-300 °C. La masa cocida es denominada tortilla.

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

2.1.2 Tortilla de maíz

Las tortillas son planas, los panes sin levadura, hecho de maíz o de trigo. Las tortillas de maíz o de trigo o “tlaxcallin”, eran el alimento principal de las civilizaciones meso-americanas. Hoy en día, las tortillas de maíz están hechas de cualquier maíz cocido en una solución a base de cal o de re-hidratar la harina de maíz nixtamalizado para producir masa, láminas y formado (ITA 2002).

El maíz transformado en tortilla, proporciona cantidades significativas de calorías (Cuadro 1), proteína y otros nutrientes a la dieta de grandes sectores de la población de Centro América principalmente en Honduras, El Salvador, y Guatemala. Hasta hace relativamente poco tiempo, el maíz era procesado por nixtamalización al nivel del hogar, sin embargo hoy día el uso de harinas nixtamalizadas industrialmente se están volviendo populares por su conveniencia en la preparación de la tortilla y de otras formas de consumo del maíz nixtamalizado (Bressani *et. al.* 2001).

Cuadro 1. Etiqueta Nutricional de la tortilla Milpa Real.

Información Nutricional	Cantidad por ración:		1 Kcal= 4.189dj	
Tamaño de Ración 44.29g	Contenido Energético	89kcal*	Colesterol:	0.0 mg
Raciones por paquete 7.0	Grasa total	0.9 g	Sodio	64.6g
Los porcentajes de valores diarios están basados en la dosis de referencia recomendada por el Codex Alimentarius, sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades calóricas	De cual		Hidratos de Carbono	
	Grasa saturada	0.1g		18.9g
	Grasa Trans	0.2g	De los cuales:	
	Grasa Monoinsaturada	0.2g	Fibra Dietética	25 g
	Grasa Poliinsaturada	0.4g	Proteínas	1.7g
			% Valor Diario	
			Calcio	6 %

*Equivale 372 kj

Fuente: Grupo Bimbo 2009

2.1.3 Tortilla de maíz y soya

La proteína que contiene el maíz es de bajo valor biológico ya que es limitante en dos aminoácidos esenciales como son la lisina y el triptófano, mientras que en la proteína en la soya es la metionina. La soya contiene niveles adecuados de lisina y triptófano y el maíz aporta el contenido de metionina necesario para suplir la deficiencia de la soya, por lo tanto la combinación de éstos resulta en una proteína de alta calidad (Bressani 1975; Fajardo *et. al.* 2004).

2.2 LA SOYA

De acuerdo con Gilbert (2003), el frijol soya es el único alimento vegetal que contiene todos los aminoácidos esenciales que el cuerpo necesita además de aportar una gran

cantidad de vitaminas, minerales y compuestos fitoquímicos (isoflavinas) que en conjunto dan como resultado numerosos beneficios a la salud. Adicionalmente los alimentos de soya no contienen colesterol y generalmente son altos en fibra (Cuadro2).

Cuadro 2. Composición química de la soya.

Componente	Porcentaje %
Proteína (N*6.25)	37.2
Lípidos	18.6
Carbohidratos	28
Cenizas	4.6
Cascarilla (fibra)	4.6
Humedad	7
Total	100

Fuente: Nutrition Data 2004

2.2.1 Harina de soya parcialmente desgrasada

Según The Soyfoods Association of North America (2009), la harina de soya es un subproducto de la molienda de soya, para la extracción de aceite. Siendo obtenida del proceso mecánico del cual los frijoles de soya descascarillados y cocidos son molidos hasta obtener un polvo fino, este proceso remueve alrededor del 70% del aceite.

Cuadro 3. Composición química de la harina de soya parcialmente desgrasada

Componente	100 gramos Harina de soya parcialmente desgrasada
Calorías	369
Calorías de grasa	56
Grasa Total	7g
Grasa Saturada	1g
Colesterol	0mg
Sodio	18mg
Carbohidratos totales	34g
Fibra Dietética	10g
Azúcares	20g
Proteína	51g

Fuente: Nutrition Data 2004. Adaptado por la Autora.

2.3 EL AMARANTO

La Asociación mexicana del amaranto (2003), afirma que el amaranto (*Amaranthus Spp*) es un cereal que pertenece a la familia de los amarantaceas y al género *Amarhantus*. Es una planta de cultivo anual que puede alcanzar de 0.5 a 3 metros de altura; posee hojas anchas y abundantes de color brillante, espigas y flores púrpuras, naranjas, rojas y doradas. El grano es muy pequeño y tiene un sabor a pimienta. Existen tres especies de amaranto que producen semilla y que, a su vez, son las más apreciadas: *Amaranthus*

Caudatus se cultiva en la región de Los Andes y se comercializa como planta de ornato, principalmente en Europa y Norteamérica; *Amaranthus Cruentus* es originaria de México y Centroamérica, donde se cultiva principalmente para obtener grano y el *Amaranthus Hipochondriacus* procedente de la parte central de México, se cultiva para obtener grano.

“El balance de aminoácidos está cercano al requerido para la nutrición humana y su aminoácido más limitante es la leucina que permite que la proteína de *A. caudatus* se absorba y utilice hasta el 70%. Lo que destaca de la proteína del amaranto es su alto contenido en lisina comparado con otros cereales, lo que permite una excelente complementación aminoacídica con las proteínas de maíz, arroz y trigo. La proteína del amaranto se encuentra principalmente en el embrión (65%) a diferencia de otros cereales como maíz, arroz y soya que presentan sobre el 80% de la proteína en el endospermo”. (Bressani 1989, Asociación mexicana del amaranto 2003). La distribución de las proteínas en el polispermo es muy similar a la distribución en el germen. Los niveles de prolaminas en los dos tejidos son significativamente bajos. La extracción de las proteínas de la harina retenidas en 30 mesh posiblemente el perispermo fue 71.1% medido por kjeldahl y fue de 47.4% por el método de Bradford (Bressani *et. al.* 2002).

Cuadro 4. Composición química de la semilla de amaranto.

Componente	Contenido
Proteína (g)	12-10
Carbohidratos (g)	71.8
Lípidos (g)	6.1-8.1
Fibra (g)	3.5-5.0
Cenizas (g)	3.0-3.3
Energía (kcal)	391
Calcio (mg)	130-164
Fósforo (mg)	530
Potasio (mg)	800
Vitamina C (mg)	1.5

Fuente: (Nieto 1990, FAO 1993)

2.4 EVALUACIÓN SENSORIAL

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

2.4.1 Prueba de aceptación

Estas pruebas están indicadas especialmente para situaciones en las que los estímulos químicos no se solapan o interfieren. La medida de aceptación se efectúa bien para evaluar simultáneamente más de dos muestras, o bien para obtener más información sobre un producto. En consecuencia, es una prueba que, a diferencia de las pruebas de

preferencia, no necesariamente requiere la comparación con otros productos. Con esta medición se intenta cuantificar la preferencia de los sujetos por un producto midiendo cuánto les gusta o les disgusta, es decir el grado de satisfacción (Pérez *et. al.* 2001; Ibáñez 2001).

2.5 DECLARACIÓN DE UN PRODUCTO ALTO EN PROTEÍNA

Para determinar si un alimento es alto en proteína, vitaminas, minerales y demás macronutrientes o micronutrientes, se debe de cumplir con las regulaciones siguientes. Según USDA (2009) Los requerimientos diarios de proteína en promedio para una persona es 56g/día y la porción diaria de una tortilla es de 55g (e-CFR 2009).

Cuadro 5. Estándar para declarar a un alimento alto en proteína.

Declaración	Requerimiento
“Alto”, “Rico en”, o “Excelente fuente de”	Contiene 20% o más del DV por RACC, pueden ser usados en comidas o platos principales para indicar que el producto contiene alimentos que satisfagan la definición
“Más”, “Enriquecido”, “Extra o Más”	Del 10% o más del DV por RACC. Sólo podrá utilizarse para vitaminas, minerales, proteínas, fibra dietética y potasio.

Nutritional claims (2008). Adaptado por el Autor

DV= Daily value - Valor diario

RACC=Reference Amounts Customarily Consumed - Cantidades consumidas requeridas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

La elaboración de los tratamientos se llevó a cabo en las instalaciones de la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo (PAID), los análisis sensoriales se realizaron en el Laboratorio de Evaluación Sensorial y los análisis físico-químicos en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ), ubicados en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

3.2 MATERIALES

- Maíz (*Zea mays*)
- Harina de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*)
- Harina parcialmente desgrasada de soya con 45% de proteína (*Glycine max*)
- Agua purificada
- Propionato de calcio
- Cal (Óxido de calcio)
- Bolsas ziploc
- Galletas de soda
- Platos plásticos
- Servilletas
- Vasos plásticos
- Formularios de encuestas

3.3 EQUIPO

- Estufa industrial
- Molino (Marca Corona, modelo JP1454)
- Procesador de alimentos (Marca HOBART, modelo FP41)
- Mezcladora (Marca Kitchen Aid)
- Probeta
- Balanza
- Plancha metálica
- Tortillera
- Utensilios de cocina
- Goldfish

- Incinerador (Mufla Siybron hermolyne modelo FA1730).
- Micro Kjeldahl (Marca Labcono)
- Balanza Analítica. (Mettler AE 200)
- AQUALAB Model Serie 3TE
- Horno a 105 °C (Fisher scientific)
- Texturómetro Instron 4444P2927, Capacidad 2 KN (450 lb)
- Colorímetro Colorflex de Hunter L*a*b (Modelo 45/0, Serie No. CX0687)

3.4 TRATAMIENTOS Y FORMULACIÓN

En relación con estudios anteriores se ha demostrado que se logra una mejor relación de eficiencia proteica (PER) con la adición de 4-6% de proteína de soya (harina de soya 50% de proteína). (Bressani *et. al.* 1974; Obatolu *et. al.* 2003).

Para determinar los tratamientos y los porcentajes a usar se inició con combinaciones de amaranto a distintas concentraciones de amaranto (3%, 5% y 7%) y soya (3% y 5%). Los tratamientos con mayor porcentaje de amaranto presentaron una textura indeseada (resea) y color significativamente oscuro. Se decidió eliminar los tratamientos que poseían 7% amaranto. Se definieron las concentraciones siguientes Amaranto 3%-Soya3%, Amaranto 5%-Soya3%, Amaranto 3%-Soya5%, Amaranto 5%-Soya5% (Cuadro 6).

Cuadro 6. Formulación y codificación de los tratamientos de tortilla de maíz, con amaranto y soya.

Ingredientes	Amaranto3% Soya3%	Amaranto5% Soya3%	Amaranto3% Soya5%	Amaranto5% Soya5%
Masa	93.7	91.7	91.7	89.7
Amaranto	3.00	5.00	3.00	5.00
Soya	3.00	3.00	5.00	5.00
Propionato de Calcio	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100	100	100	100

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se usó un Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con un arreglo factorial de 2*2, siendo estos factores el tipo de harina (harina de amaranto y soya) y la concentración (3% y 5%), con tres repeticiones, haciendo un total de 12 unidades experimentales. Para los análisis físicos se utilizó medidas repetidas en el tiempo.

3.6 MÉTODOS

3.6.1 Procedimiento para la elaboración de la tortilla

Las tortillas se elaboraron a partir de harina de amaranto, harina de soya y masa de maíz obtenida del proceso de nixtamalización, el cual consistió en la cocción de maíz con agua y cal (1.5%) durante 1:30-2:00 horas con posterior reposo de 12 horas. El nixtamal se sometió a un molino y un procesador industrial. Se pesó y mezcló los ingredientes (harina de amaranto, harina de soya y propionato de calcio). Seguidamente se moldeó la tortilla de aproximadamente 12 cm de diámetro, con un grosor de 1.8 y 2.1 de mm de grosor. La cocción fue a una temperatura de 180°C-220°C, para finalmente empacar en bolsas de polietileno de baja densidad (Cuadro 6 y Figura 1).

3.6.2 Flujo de proceso de elaboración de tortillas de maíz

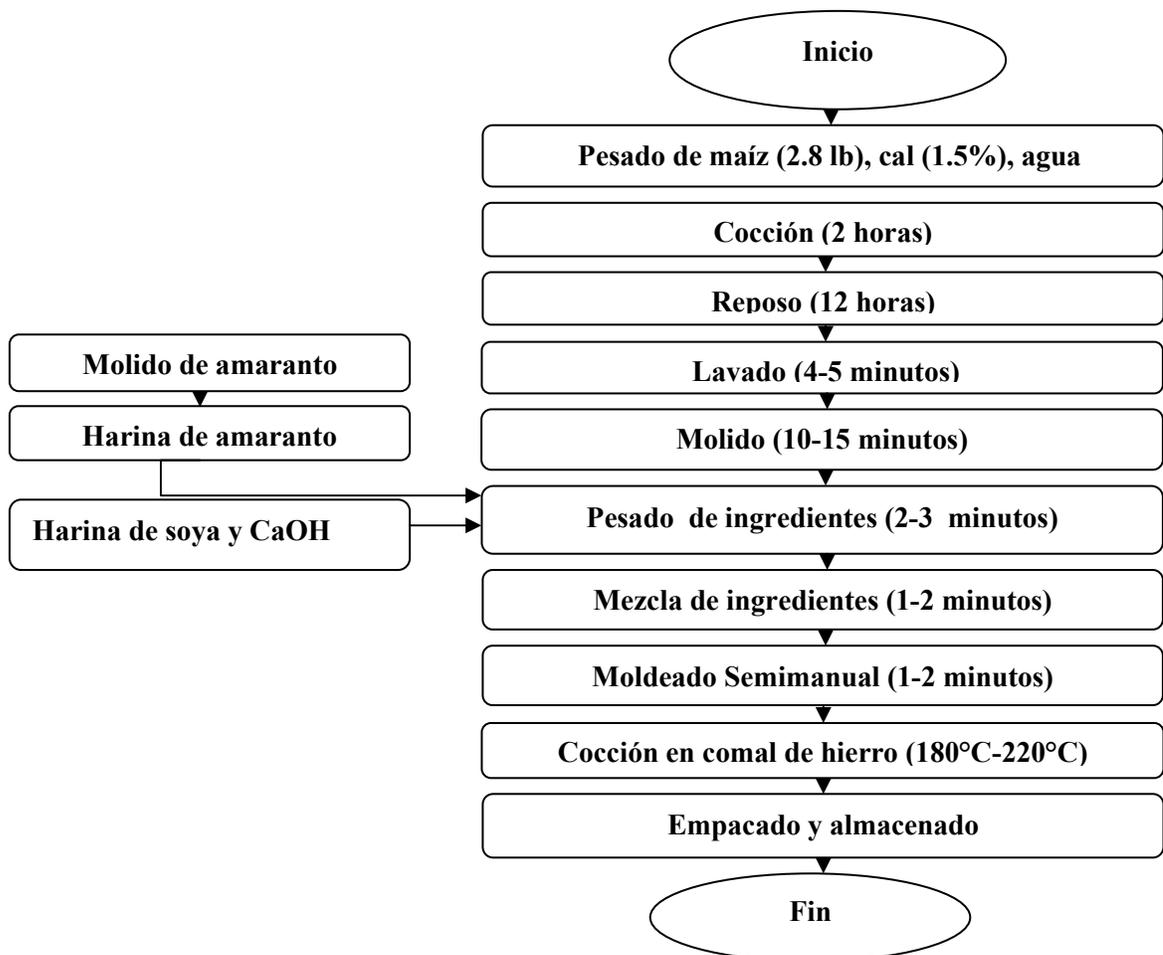


Figura 1. Flujo de proceso para la elaboración de tortilla de maíz con harina de soya y amaranto.

3.6.1 Análisis sensorial

La evaluación sensorial estuvo formada por un panel exploratorio de aceptación, constituido por 12 personas no entrenadas. Se evaluaron los atributos de color, suavidad, sabor general y sabor residual. Los cuatro tratamientos fueron evaluados con una escala hedónica de cinco puntos, donde el número 1 equivale a “me disgusta extremadamente”, 3 equivale a “ni me gusta/ ni me disgusta” y el número 5 a “me gusta extremadamente” (Anexo 1).

3.6.2 Análisis físico

Se realizaron análisis físicos y químicos con las cuatro formulaciones, un control (100% maíz).

3.6.2.1 Color. Los análisis de color se realizaron en el laboratorio de análisis de alimentos de Zamorano, a través del tiempo (0, 3 y 6 días). Se utilizó el colorímetro Colorflex Hunter Lab equipo que mide los valores de L^* , a^* , b^* que describen los colores e tres ejes de coordenadas. El valor L^* va de 0 a 100 y mide la claridad, que tan negro o blanco es el objeto, siendo 0 negro y 100 blanco. El valor a^* mide en el espectro visible los colores del verde al rojo, siendo a^* (-) verde y a^* (+) rojo. El valor b^* mide los colores del espectro que van del azul a amarillo, siendo b^* (-) azul y b^* (+) amarillo.

3.6.2.2 Textura. Los análisis de textura se realizaron utilizando el Instron 4444, con el acople de guillotina, se evaluó la fuerza de corte de la tortilla.

3.6.3 Análisis químico

Los análisis químicos fueron realizados al tratamiento que obtuvo más aceptación por el panel sensorial.

3.6.3.1 Actividad de agua. Se realizaron los análisis para actividad de agua utilizando el instrumento Aqualab a los días 0, 3 y 6 con los cuatro tratamientos y el control.

3.6.3.2 Análisis químico proximal

Cuadro 7. Análisis químicos para la tortilla.

Análisis		Método Oficial AOAC*		Unidad**
Químicos	Humedad	925.10	Gravimétrico Horno a 105°C	%
	Proteína (Nx6.25)	920.86	MicroKjeldahl	%-g/100g
	Extracto etéreo	920.85	Goldfish	%
	Cenizas	923.03	Gravimétrico	%
	Fibra Cruda	920.86	Gravimétrico	%

*AOAC (Association of Analytical Chemists, 1997).

**Base húmeda

3.6.4 Análisis de costos de formulación

Se consideraron únicamente los costos variables de las materias primas utilizadas en la elaboración de la tortilla.

3.6.5 Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias Tukey con un nivel de significancia de $P < 0.05$ (usando PROC GLM en el programa “Statistical Analysis System” SAS versión 9.1). Para los análisis físicos se hizo medidas repetidas en el tiempo (0, 3, y 6 días).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANALISIS SENSORIAL

4.1.1 Color

Los panelistas no mostraron mayor aceptación por ningún tratamiento para el atributo de color (Cuadro 8) a pesar de las diferentes combinaciones en las formulaciones.

Cuadro 8. Aceptación para el atributo de color en tortillas de maíz, soya y amaranto.

Descripción	Calificación \pm DE	Separación Tukey
Amaranto 5% Soya 3%	3.47 \pm 0.84	a
Amaranto 3% Soya 3%	3.44 \pm 0.84	a
Amaranto 5% Soya 5%	3.36 \pm 0.96	a
Amaranto 3% Soya 5%	3.19 \pm 1.14	a

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05)

D.E. Desviación Estándar.

4.1.2 Suavidad

Según el Cuadro 9, existen diferencias significativas, para el atributo de suavidad. El tratamiento Amaranto 5% Soya 5% obtuvo la mayor aceptación (3.66) y es indiferente a Amaranto 3% Soya 3%, que obtuvo la menor calificación (3.27). Se debió a la cantidad de masa nixtamalizada para esta formulación porque poseía una consistencia más granulosa (Cuadro 6).

Cuadro 9. Aceptación para el atributo suavidad en tortillas de maíz, soya y amaranto.

Descripción	Calificación \pm DE	Separación Tukey
Amaranto 5% Soya 5%	3.66 \pm 0.75	a
Amaranto 5% Soya 3%	3.58 \pm 0.90	ab
Amaranto 3% Soya 5%	3.58 \pm 0.90	ab
Amaranto 3% Soya 3%	3.27 \pm 1.08	b

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05)

D.E. Desviación Estándar.

4.1.3 Sabor general

Según el cuadro 10 no existieron diferencias significativas entre los tratamientos Amaranto 5% Soya 3%, Amaranto 3% Soya 3%, exceptuando Amaranto 5% Soya 3% (2.77) para el atributo de sabor general, debido al 5% de amaranto (Cuadro 6). Los panelistas no se encuentran familiarizados con el sabor a pimienta característico del amaranto.

Cuadro 10. Aceptación para el atributo sabor general en tortillas de maíz, soya y amaranto.

Descripción	Calificación+DE	Separación Tukey
Amaranto 5% Soya 5%	3.91 ± 0.55	a
Amaranto 3% Soya 3%	3.58 ± 0.99	a
Amaranto 3% Soya 5%	3.58 ± 1.10	a
Amaranto 5% Soya 3%	2.77 ± 1.12	b

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05)

D.E. Desviación Estándar.

4.1.4 Sabor residual

Según el Cuadro 11, existen diferencias significativas para Amaranto 5% Soya 5% y Amaranto 5% Soya 3%, debido a la concentración 5% (Cuadro 6) de amaranto en los tratamientos, el cual no es familiar para los panelistas. El tratamiento Amaranto 5% Soya 5% fue el más aceptado porque en proporciones iguales la harina de soya 5%, disminuye el sabor de la harina de amaranto.

Cuadro 11. Aceptación para el atributo sabor residual en las tortillas de maíz, soya y amaranto.

Descripción	Calificación+DE	Separación Tukey
Amaranto 5% Soya 5%	3.30 ± 1.16	a
Amaranto 3% Soya 3%	3.02 ± 0.99	ab
Amaranto 3% Soya 5%	3.00 ± 1.30	ab
Amaranto 5% Soya 3%	2.61 ± 1.20	b

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. (P>0.05)

D.E. Desviación Estándar.

4.2 ANÁLISIS FÍSICOS

4.2.1 Color

4.2.1.1 Valor L*. Las tortillas con amaranto y soya presentaron una disminución significativa en claridad a los 6 días de almacenamiento (Figura 2) debido a la

formulación de los tratamientos (Cuadro 6). El color amarillo intenso de la soya influyó significativamente a través del tiempo brindándole menos luminosidad (Cuadro 12).

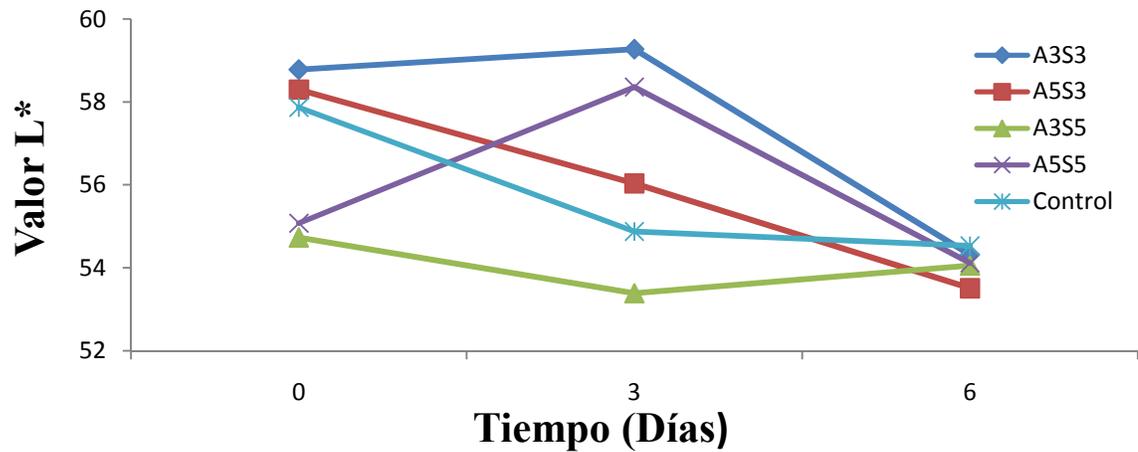


Figura 2. Valor L* a través del tiempo en las tortillas de maíz, soya y amaranto.

Cuadro 12. Análisis de medidas repetidas a través del tiempo de amaranto y soya en el valor L*.

Factores	Pr>F
Tiempo	0.0001
Tiempo*amaranto	0.2000
Tiempo*soya	0.0001
Tiempo*amaranto*amaranto	0.0001

No existen diferencias significativas entre factores cuando $P \geq 0.05$.

El agregar 3% o 5% de amaranto no influyó en la formulación de los tratamientos, no siendo así para la soya pues poseía un color amarillo oscuro. Si existió interacción entre amaranto y soya, siendo la concentración de la soya la que influyó significativamente entre tratamientos (Cuadro 13).

Cuadro 13. Análisis de medidas repetidas de amaranto y soya para valor L*.

Factores	Pr>F
Amaranto	0.7105
Soya	0.0001
Amaranto*Soya	0.0002

No existen diferencias significativas entre factores cuando $P \geq 0.05$.

4.2.1.2 Valor a*. El color rojo varió significativamente a través de los seis días de evaluación, influenciado por la intensidad del color de las dos harinas, a mayor cantidad de harina de soya la tonalidad roja se reduce y a mayor cantidad de harina de amaranto la tonalidad de rojo disminuye (Cuadro 14 y Figura 3). El control posee el color rojo más bajo.

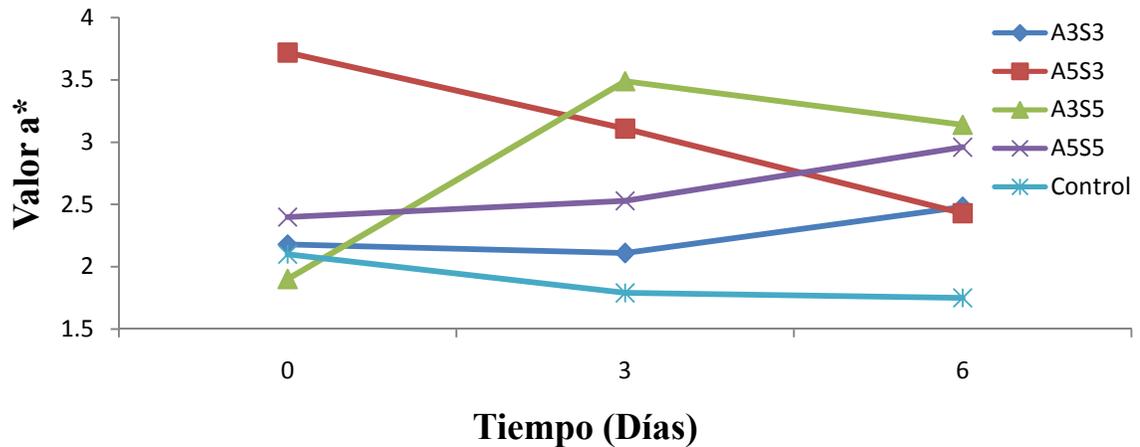


Figura 3. Valor a* a través del tiempo en las tortillas de maíz, soya y amaranto.

Cuadro 14. Análisis de medidas repetidas a través del tiempo de amaranto y soya en el valor a*.

Factores	P>F
Tiempo	0.2557
Tiempo*amaranto	0.0021
Tiempo*soya	0.0001
Tiempo*amaranto*amaranto	0.0299

No existen diferencias significativas entre factores cuando $P \geq 0.05$.

Se observó que la interacción entre el amaranto y la soya influyó en diferencias significativas entre tratamientos para el color rojo (Cuadro 15), afectado principalmente por el amaranto en la formulación (Cuadro 6).

Cuadro 15. Análisis de medidas repetidas de amaranto y soya para valor a*.

Factores	P>F
Amaranto	0.0342
Soya	0.6803
Amaranto*Soya	0.0008

No existen diferencias significativas entre factores cuando $P \geq 0.05$.

4.2.1.3 Valor b. La intensidad de amarillo aumentó significativamente a través de los días (Figura 4), existiendo interacción entre el tiempo y los tratamientos (Cuadro 16) debido al color intenso de la harina de soya.

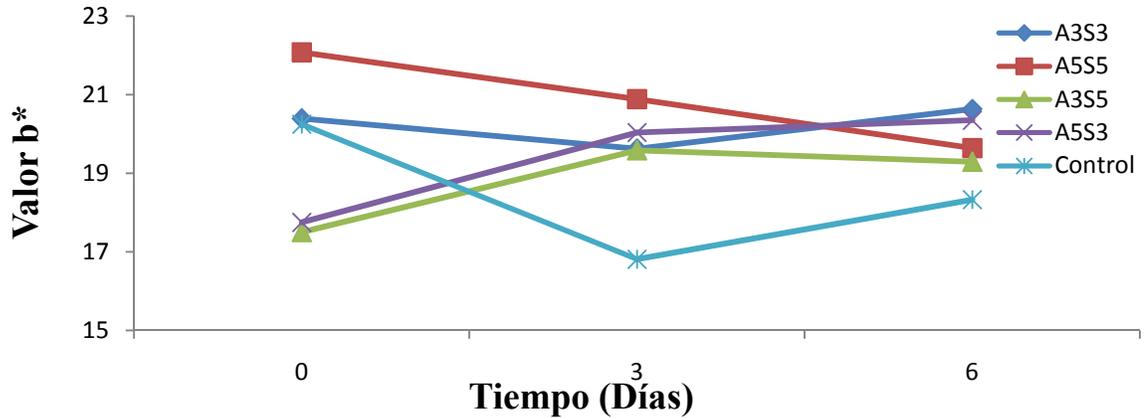


Figura 4. Valor b* través del tiempo en las tortillas de maíz, soya y amaranto.

Cuadro 16. Análisis de medidas repetidas a través del tiempo de amaranto y soya en el valor b*.

Factores	P>F
Tiempo	0.0430
Tiempo*amaranto	0.1328
Tiempo*soya	0.0001
Tiempo*amaranto*soya	0.0021

No existen diferencias significativas entre factores cuando $P \geq 0.05$.

No existieron diferencias significativas entre tratamientos para el color amarillo (Cuadro 17) a pesar del color de la harina de amaranto y soya y las concentraciones usadas en la formulación de los tratamientos.

Cuadro 17. Análisis de medidas repetidas de amaranto y soya para textura.

Factores	P>F
Amaranto	0.0046
Soya	0.0001
Amaranto*Soya	0.8906

No existen diferencias significativas entre factores cuando $P \geq 0.05$.

4.2.2 Textura

La textura aumentó a través de los días (Figura 5), existiendo interacción entre los días, la harina de amaranto y soya (Cuadro 18) este aumento se dio por la retrogradación del almidón. Comparando los tratamientos con el control se notó que poseía una textura más dura a través de los días.

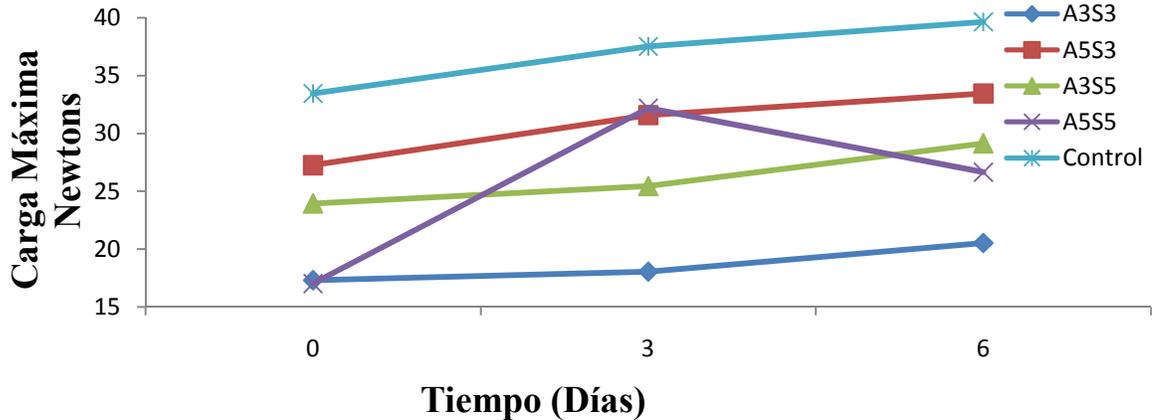


Figura 5. Textura a través del tiempo en las tortillas de maíz, soya y amaranto.

Cuadro 18. Análisis de medidas repetidas a través del tiempo de amaranto y soya para textura.

Factores	P>F
Tiempo	0.0001
Tiempo*amaranto	0.0001
Tiempo*soya	0.0200
Tiempo*amaranto*soya	0.0034

No existen diferencias significativas entre factores cuando $P \geq 0.05$.

La harina de amaranto influyó significativamente entre tratamientos a más porcentaje de amaranto la textura fue más dura. La combinación de las dos harinas hizo que existieran diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 19).

Cuadro 19. Análisis de medidas repetidas de amaranto y soya para textura.

Factores	P>F
Amaranto	0.0001
Soya	0.5213
Amaranto*Soya	0.0001

No existen diferencias significativas entre factores cuando $P \geq 0.05$.

4.2.3 Actividad de Agua

La relación entre días y soya es significativa (Cuadro 20) para actividad de agua, pero no existió interacción entre los días, harina de soya y amaranto porque a través del tiempo, el amaranto no fue significativo. La actividad de agua más alta la posee el control (Figura 6).

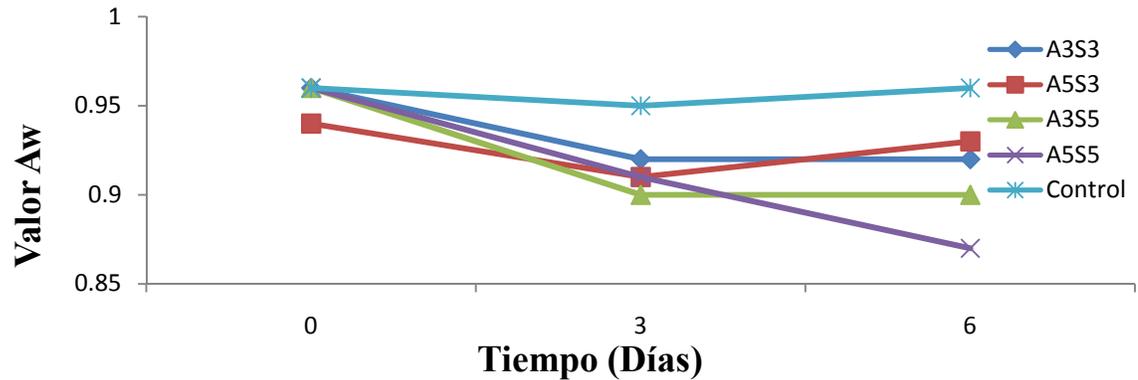


Figura 6. Actividad de agua a través del tiempo en las tortillas de maíz, soya y amaranto.

Cuadro 20. Análisis de medidas repetidas a través del tiempo de amaranto y soya para actividad de agua.

Factores	P>F
Tiempo	0.0001
Tiempo*amaranto	0.8640
Tiempo*soya	0.0002
Tiempo*amaranto*soya	0.0546

No existen diferencias significativas entre factores cuando $P \geq 0.05$.

Según el Cuadro 21 no hubo diferencias significativas entre tratamientos en la interacción amaranto y soya, pero si debido a la soya, siendo el factor que influenció la actividad de agua.

Cuadro 21. Análisis de medidas repetidas de amaranto y soya para actividad de agua.

Factores	P>F
Amaranto	0.2404
Soya	0.073
Amaranto*Soya	0.7739

No existen diferencias significativas entre factores cuando $P \geq 0.05$.

4.2.4 Análisis químico proximal

La humedad del tratamiento Amaranto5% Soya5% fue más baja que la tortilla de maíz normal. En extracto etéreo o grasa Amaranto5%Soya5% es mayor con relación a la tortilla de maíz normal (Cuadro 22), esto debido a que la grasa en los granos de amaranto es elevada. La proteína en el tratamiento Amaranto5%Soya5% es mayor en comparación a la tortilla normal, debido al contenido de proteína que posee la harina de soya y el amaranto (Cuadro 23).

Cuadro 22. Composición químico proximal de Amaranto 5% Soya 5% y tortilla 100% maíz.

Componente	21 gr Formulación A5S5 (%)	21 gr. 100% maíz*
Humedad	38.12	41.8
Extracto Etéreo	6.08	2.4
Ceniza	1.63	1.1
Fibra Cruda	2.97	5.00
Carbohidratos	43.72	44.2
Proteína	7.48	5.4
Total	100	100

*USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 22 (2009).

Cuadro 23. Cantidad de proteína en gramos de tortilla de maíz y Amaranto 5% Soya 5% con base a 100 gramos.

Tortilla	g/100 g
Amaranto5%Soya5%	7.48
*USDA (100% maíz)	5.4
**FDA(100% maíz)	3.91

*USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 22 (2009)

*Nutridata.com (2009).

Según el Cuadro 6 la tortilla con 5% amaranto y 5% soya no cumple con el término “alto en proteína”, comparándolo con regulaciones de la FDA porque el tratamiento posee 4.18g/55g de proteína por porción.

4.2.5 Análisis de costo de la formulación

El costo unitario de cada tortilla de maíz con soya y amaranto es de L. 1.05, es mayor que el precio de la tortilla de maíz en el mercado hondureño que es de L 0.97 (El Heraldo 2009).

Cuadro 24. Costos variables para Amaranto 5% Soya 5 %.

Ingrediente	Costo (US\$) 1 tortilla	Costo (L) 1 tortilla
Maíz	0.010	0.20
Harina de amaranto	0.021	0.40
Harina soya	0.023	0.45
Propionato Calcio	0.00003	0.00005
Total	0.055	1.05

5. CONCLUSIONES

- El tratamiento Amaranto 5% y Soya 5% tuvo mayor aceptación en los atributos de suavidad, sabor general y residual.
- La concentración de amaranto 5% y soya 5% cambió significativamente el color de la tortilla haciéndola menos clara con un color rojo y amarillo intenso.
- La textura de las formulaciones con amaranto-soya, y control varió en el transcurso del día 0, 3 y 6 por la retrogradación del almidón.
- El costo variable del tratamiento Amaranto 5% y Soya 5% fue de L.1.05.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de vida de anaquel en la tortilla Amaranto 5% y Soya 5%, comparándola con una tortilla normal elaborada a partir de las harinas fortificadas de maíz nixtamalizado.
- Evaluar el efecto de preservantes y gomas en la textura de la tortilla Amaranto 5% y Soya 5%.
- Obtener equipo más industrializado para uniformizar el molido del maíz cocido para que no existan variaciones en la textura de la tortilla.
- Realizar un análisis proximal de la harina de amaranto.
- Realizar un panel sensorial entrenado, comparando una tortillas 100% maíz con el tratamiento Amaranto 5% y Soya 5%

7. LITERATURA CITADA

AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). 1997. Methods of Analysis of the AOAC International. 3 ed. Volumén II, Maryland USA.

Bressani, R. & Segura, M. 2002. Distribución de la proteína en fracciones físicas de la molienda y tamizado del grano de amaranto. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Instituto de Investigaciones. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala. (en línea). Consultado 16 oct. 2009. Disponible en http://www.alanrevista.org/ediciones/2002-2/proteina_fracciones_fisicas_molienda_tamizado.asp

Bressani, R., Turcios, J., Reyes, L., Mérida, R. 2001. Caracterización Física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central. ALAN Instituto de Investigaciones-Universidad del Valle Guatemala. (en línea). Consultado 25 sep. 2009. Disponible en http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0004-06222001000300015&script=sci_arttext

Centro de información del consumidor de amaranto. 2003. (en línea). Consultado 23 jul. 2009. Disponible en: <http://www.amaranto.com.mx/vertical/faq/faq.htm>

Electronic Code of Federal Regulations e-CFR. Title 21: Food and Drugs. Part 101 Food Labeling. Subpart A General Provisions. 101.12 Reference amounts customarily consumed per eating occasion. 2009. (en línea). Consultado 26 oct. 2009. Disponible en <http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&sid=563f0b6235da3f4c7912a64cbceec305&rgn=div8&view=text&node=21:2.0.1.1.2.1.1.8&idno=21>

Fajardo, M., Palma, A., Flores, M., Romero, L. 2004. Aceptabilidad de Tortillas Elaboradas a Base de Maíz+Soya en tres Comunidades de Oriente de Guatemala. Agriculture & Food Institute & Corporation. Guatemala. (en línea). Consultado 24 sep. 2009. Disponible en <http://bensoinstitute.org/Publication/RELAN/V14/Aceptabilidad.asp>

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1993. Cultivos Andinos. Nutrición y Composición Química (en línea). Consultado 25 sep. 2009. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro01/Cap7.htm>

Food and Drug Administration FDA u.s. X. Appendix B: Additional Requirements for Nutrient Content Claims. 2008. Guidance for Industry A Food Labeling Guide. Contains Nonbinding Recommendations. (en línea). Consultado 23 de oct. 2009. Disponible en <http://www.fda.gov/Food/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/GuidanceDocuments/FoodLabelingNutrition/FoodLabelingGuide/ucm064916.htm>

Fuentes, R. 2002. El Cultivo de Maíz en Guatemala. Guía para su manejo Agronómico. Base de datos Guatemala, ICTA. (en línea). Consultado 20 sep. de 2009. Disponible en <http://www.icta.gob.gt>

Gilbert, M. 2003. Virtues of soy: A practical health guide and cookbook. En línea. Consultado 5 oct. 2009. Disponible en <http://www.geocities.com.virtuessofsoy/health-benefit.html>

Ibáñez, F., Barcina, Y. Análisis sensorial de alimentos. Métodos y aplicación. Springer-Verlag Ibérica, Barcelona 2001. Capítulo 1. 1-3 p.

Idígoras, G. 2009. Consejería Agrícola ante la UE. Informe sobre perspectivas de producción, consumo y exportación de largo plazo. En línea. Consultado 25 sep. 2009. Disponible en <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/programas/negociaciones/Perspectivas%20de%20producci%F3n,%20consumo%20y%20exportaci%F3n%20de%20largo%20plazo.pdf>

Labatut, B., Tavares, L. 2008. América Latina y el Caribe aumentan su producción de cereales. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Santiago de Chile. (en línea) . Consultado 23 jul. 2009. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/es/prensa/coms/2008/05.swf>

Méndez, J., Arámbula, V., Vázquez, B., Mendoza, E., Preciado, O., Martínez E. 2003. Effect of high Moisture Maize Storage on Tortilla Quality. JFS: Sensory and Nutritive Quality. Institute of Food Technologist. (en línea). Consultado 23 sep, 2009. Disponible en <http://www.aginternetwork.net/whalecomwww3.interscience.wiley.com/whalecom0/cgi-bin/fulltext/118832481/PDFSTART>

Meza, E., Orozco, A., Carrillo, G., Sánchez, J., Castillo, J & Colín, S. 2004. Nixtamalización, elaboración y calidad de tortilla de maíces de Ecatlán, Puebla, México (en línea). Consultado 5 oct. 2009. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/302/30238106.pdf>

Nutrition Data. 2004. Nutrition Facts. (en línea). Consultado 30 agost. 2009. Disponible en <http://www.nutritiondata.com/facts-001-02s03fw.html>

Obatolu, V.A., Odsho, S.M. & Cole, A. 2003. Effect of soy based diets on the serum albumin haemoglobin and packed cell volumen of protein-energy malnourished (PEM) children. *Nigeria Journal of Nutritional Sciencie*, 24, 44-47.

Soyfoods Association of North America. 2002. Soy flour (en línea). Consultado 23 sep. 2009. Disponible en http://www.soyfoods.org/facts/soy_flour.pdf

Tortilla Industry Association (TIA). 2002. (en línea). Consultado 23 oct. 2009. Disponible en <http://www.tortilla-info.com.talk.html>

Tortillas de Maíz Milpa Real. Grupo Bimbo, Nutrición. 2009. En línea. Consultado 30 sep. 2009. Disponible en <http://www.nutriciongrupobimbo.com/index.php?fuseaction=content.main&cid=4,217>

USDA National Nutrient Database for Estándar Reference, Release 22. 2009. (en línea). Consultado 18 sep. 2009. Disponible en http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl

Vásquez. 2008. Golpe al consumidor: sube pecio de la harina de maíz. (en línea). Consultado 29 jul. 2009. Disponible en: <http://www.elheraldo.hn/content/view/full/7462>

8. ANEXOS

Anexo 1. Formato para la evaluación sensorial.

HOJA DE EVALUACION

NOMBRE: _____

FECHA: _____

Instrucciones: Marque con la X el cuadro adecuado según su evaluación de las muestras 119, 002, 415, 310. Para Apariencia, Textura, Sabor. En la escala 1 significa Me disgusta extremadamente, en la escala 3 ni le disgusta/ni le gusta, y 5 para me gusta extremadamente.

MUESTRA 119

APARIENCIA

Aceptación

Color

<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5
Me disgusta mucho		nl/nd		Me gusta mucho

TEXTURA

Suavidad

<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5
Me disgusta mucho		nl/nd		Me gusta mucho

SABOR

Sabor General

<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5
Me disgusta mucho		nl/nd		Me gusta mucho

Sabor Residual

<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5
Me disgusta mucho		nl/nd		Me gusta mucho