

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería en Ciencias de los Alimentos

**PREPARACIÓN DE UNA HOJUELA FRITA
EN BASE AL GRANO DE AMARANTO**



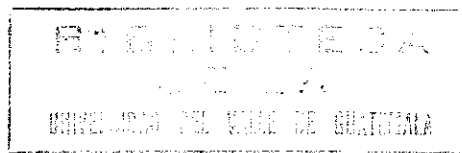
Guatemala
2000

**PREPARACIÓN DE UNA HOJUELA FRITA
EN BASE AL GRANO DE AMARANTO**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería en Ciencias de los Alimentos




**PREPARACIÓN DE UNA HOJUELA FRITA
EN BASE AL GRANO DE AMARANTO**

KARLA JOSE LEZAMA SANTANA


Trabajo de investigación presentado para optar al grado académico de
Ingeniera en Ciencias de los Alimentos

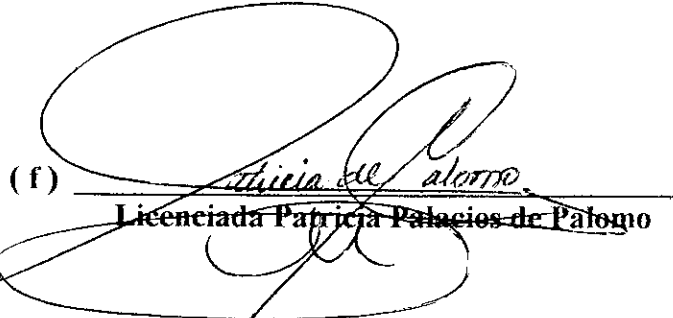
Guatemala
2000

Vo. Bo.:

(f) 
Doctor Ricardo Bressani
Asesor

Tribunal :

(f) 
Doctor Ricardo Bressani

(f) 
Licenciada Patricia Palacios de Palomo

(f) 
Licenciada Ana Silvia Colmenares

Fecha de aprobación 10 de Octubre del 2000

PREFACIO

En nuestros días, el tema de los alimentos procesados ha tenido mayor atención, realizándose investigaciones científicas que han ayudado a mejorar diferentes aspectos como: procesamiento, sabor, presentación y calidad nutritiva.

Una rama de estos alimentos la ocupan los productos fritos, elaborados de maíz, papa, yuca, arroz, etc.; los cuales son de alto consumo en la dieta media de nuestra nación debido principalmente al costo de los mismos. El principal cereal utilizado para esta clase de alimentos es el maíz, el cual tiene un procesamiento práctico y características químicas – nutritivas – sensoriales muy buenas. Sin embargo, el nivel nutritivo de estos productos se puede mejorar con la mezcla de otros cereales o hasta se puede pensar que otro cereal con mejores características lo puede sustituir como es el caso del amaranto. Este cereal fue utilizado por civilizaciones antiguas, es de fácil cultivo, y como veremos en esta investigación sus características nutricionales son excepcionales.

De acuerdo con datos históricos del grano de amaranto, la elaboración de una tortilla chip de éste es un tema interesante a estudiar, y sus resultados, sean los esperados o no, aumentarán nuestro conocimiento sobre este cereal. En nuestro país no se tiene experiencia en el manejo de este cereal como producto básico en la dieta alimenticia, lo cual es un factor negativo para su implementación.

Esta investigación no habría sido posible sin el valioso aporte, conocimiento y experiencia del Dr. Ricardo Bressani, a quien agradezco por su asesoría.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco,

Primeramente a Dios por haberme permitido, en su misericordia, llevar a un feliz término este Trabajo de Graduación.

A mis padres, quienes han sido un apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

A mis hermanos: Claudia, Martha y Miguel, por apoyarme y ayudarme en todo momento.

Al Dr. Ricardo Bressani, por compartir sus experiencias, conocimientos y consejos en el tiempo que duró la elaboración de este Trabajo de Graduación.

A mis hermanos de Iglesia Bíblica Jesús, por apoyarme y animarme.

A Embotelladora San Bernardino, por haberme concedido el tiempo necesario para la culminación de este Trabajo de Graduación.

CONTENIDO

	Página
PREFACIO	iv
AGRADECIMIENTOS	v
CONTENIDO	vi
RESUMEN	vii
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
A. Los cereales	2
B. El amaranto	2
C. Semilla	4
D. Efecto de tratamiento con cal del amaranto	6
E. Nixtamalización	8
F. Productos fritos	9
III. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	13
IV. OBJETIVOS	14
V. HIPÓTESIS	15
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	16
A. Procedimiento General	16
B. Métodos de Análisis Químicos	17
C. Plan de Estudio	19
D. Análisis Estadístico	19
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
VIII. CONCLUSIONES	29
IX. RECOMENDACIONES	31
X. BIBLIOGRAFÍA	32
XI. APÉNDICES	34
A. Cuadros de resultados de análisis estadístico	34
B. Cuadros de resultados de análisis sensorial	43

RESUMEN

El objetivo de esta tesis de investigación fue elaborar una hojuela frita usando el grano de amaranto. Se realizó un análisis químico parcial al grano de amaranto y un análisis químico y físico a la hojuela frita.

Para iniciar el proceso de fabricación de la hojuela frita, se procedió a nixtamalizar las muestras de amaranto con porcentajes de cal de 0.3, 0.4 y 0.5 por tiempos de 10, 15 y 20 minutos que dieron un total de 9 muestras. Estas se molieron observando que este tipo de molienda no fue efectivo para este grano ya que la masa obtenida no estaba homogénea y era chiclosa. Luego de esto se realizó otra evaluación pero sólo con un porcentaje de cal de 0.4 en los tres tiempos descritos; el grano ya nixtamalizado se secó y la molienda se hizo en un molino de ciclón, con lo que se obtuvo una harina pulverizada. Al laminar y freír la hojuela, ésta no llenó las cualidades requeridas en este tipo de producto. Como resultado de esto, se procedió a mezclar la harina de amaranto nixtamalizada con harina de maíz en porcentajes de 50/50 y 25/75, con el fin de mejorar el producto. Se obtuvieron mejores resultados con la hojuela elaborada con 25 % harina de amaranto y 75% harina de maíz, sin embargo; a pesar de que el nivel de proteína aumentó con la adición de amaranto, el sabor característico que éste proporciona al producto final, no fue de mucha aceptación en el análisis sensorial. También se realizó una última evaluación del producto utilizando masa de amaranto cruda con masa de maíz con los porcentajes 25/75 respectivamente, el producto obtenido fue de mas aceptación y un aspecto más agradable; sin embargo, los factores que afectaron en todas las pruebas de la hojuela frita fue la manifestación de una hinchazón muy frágil y un sabor no muy aceptable.

A través de esta investigación se encontró que el proceso de nixtamalización en el grano de amaranto para fines de fritura, no fue efectivo en ninguna de las pruebas efectuadas; habría que buscar las razones por las cuales las condiciones estudiadas no son adecuadas, para poder obtener un snack de mucha mejor calidad proteínica.

I. INTRODUCCIÓN

Debido a su composición química y su valor nutritivo excepcional, el grano de amaranto ofrece un potencial alto para la alimentación. El amaranto tiene niveles relativamente altos de lisina, triptófano y aminoácidos azufrados por lo que éste se sugiere como fuente de proteína suplementaria y/o complementaria para los alimentos, en particular los cereales.

Este estudio tiene como objetivo evaluar la posibilidad de usar el grano de amaranto para la elaboración de una hojuela frita. Para esto, se nixtamalizará el grano con tres diferentes porcentajes de cal (0.3, 0.4 y 0.5) y en tres tiempos diferentes (10, 15 y 20 minutos), se laminará la masa y luego se freirá. Se estudiarán las características físicas y químicas de la hojuela frita, así como su aceptación por medio de un análisis sensorial.

II. ANTECEDENTES

A. LOS CEREALES.

Los cereales son semillas secas de la familia de las gramíneas que se cultivan por sus granos, siendo los más importantes a nivel mundial el trigo, el maíz y el arroz, ocupan una segunda posición el sorgo, la cebada, el centeno, la avena y el mijo. Los cereales constituyen una fuente importante de calorías debido en alto grado al almidón, que ofrece contenidos entre 60-75% (completamente disponible), y por su alto consumo. También aportan cantidades de proteínas y otros nutrientes con un nivel relativamente bajo entre 6-11 % (3).

Los cereales son procesados por diversos métodos para el consumo. Estos procesos incluyen la separación de porciones físicas por molienda y tamizado, como en el caso del trigo (3), por nixtamalización (5), por molienda y fermentación en la separación de sorgo (5) y por descascarado y cocción húmeda del arroz (5).

B. EL AMARANTO.

Desde el punto de vista científico y técnico el grano de amaranto que es un seudo cereal es relativamente una fuente nueva de alimento para la nutrición. Su uso como vegetal y grano se remonta a mucho tiempo atrás, en tiempos de las civilizaciones maya y azteca. Este era considerado como una planta ceremonial que, tomaba parte muy importante en sus ritos. Desde la conquista sus usos no han tomado la importancia que tenía en las antiguas civilizaciones americanas (3).

Debido a su composición química y su valor nutritivo excepcional, el grano de amaranto comparado con los otros cereales de uso común, ofrece un potencial relativamente alto para la alimentación de la población. Se encuentran miembros de la familia del amaranto en América, Europa, Asia y África. Presenta características de resistencia a climas adversos, poca necesidad de agua y no necesita de suelos ricos para su crecimiento(11). Es una planta de metabolismo C4 de fotosíntesis (resistente a la sequía y de alto rendimiento). Las palabras griegas *Amaranthus* significan “ el inmortal” o “el que no se marchita” lo que ha despertado gran interés en la actualidad como una solución a la hambruna mundial (11).

El contenido de aminoácidos esenciales balanceado de la proteína de Amaranto, tiene niveles relativamente altos de lisina, triptófano y aminoácidos azufrados, por lo que se ha sugerido como fuente de proteína suplementaria y/o complementaria para todos los alimentos, en particular los cereales. La mayoría, si no todos los granos de cereal, son consumidos después de un procesamiento; el grano de amaranto puede ser consumido luego de un procesamiento que lo transforme en un producto listo para el consumo(3).

1. **Distribución.** El amaranto es una planta tropical de vasta distribución mundial. Se cultiva principalmente en el sur de los Estados Unidos de América y México (*Amaranthus hypocondriacus*), Guatemala(*Amaranthus cruentus*), Perú y Bolivia (*Amaranthus caudatus*) y Argentina (*Amaranthus edulis*). También tiene una amplia difusión en China, Rusia, India y Nepal(13).

El amaranto crece en climas tropicales húmedos y soleados hasta templados de relativa altitud. Necesita humedad para su crecimiento óptimo, luego de alcanzarlo, es bastante resistente a condiciones de sequía(11).

El amaranto presenta un rendimiento de cultivo muy atractivo , con producción de 3,900kg de semilla por hectárea cultivada en un lapso de 12 a 15 semanas(11).

2. **Composición Química.** Se han publicado datos sobre la composición química proximal de las principales especies del grano de amaranto. En la tabla 1 se presentan los datos sobre el *Amaranthus cruentus*; la variabilidad en el contenido de proteína y grasa es relativamente grande, debido posiblemente a prácticas de cultivo y ambiente o a diferencias genéticas dentro de la especie (4).

Tabla N. 1
COMPOSICIÓN PROXIMAL DEL GRANO DE AMARANTO

CONTENIDO	g / 100 g
HUMEDAD	9.4
GRASA	7.2
PROTEÍNA	14.5
FIBRA CRUDA	8.4
CENIZAS	3.2
CARBOHIDRATOS	64.8

Respecto a la proteína, su contenido de aminoácidos esenciales se muestra en la tabla 2. La comparación demuestra que la proteína del grano de amaranto es alta en lisina, triptófano y aminoácidos azufrados. La investigación biológica demuestra que el bajo contenido de leucina no es un aminoácido limitante (4).

Los datos sobre el valor protéico del amaranto, en comparación con el maíz, sorgo, arroz y trigo se muestra en la tabla 3 (expresados como porcentaje del valor de caseína). Estos datos confirman que la calidad de la proteína del Amaranto es mayor que la de los demás cereales, lo que confirma que se puede utilizar para suplementar la proteína de los cereales(4).

Tabla N. 3
CALIDAD PROTEICA (% CASEINA)

GRANO	SOLO GRANO	SOLO AMARANTO	DIFERENCIA
ARROZ	72	95	23
MAIZ	58	95	37
TRIGO	32	95	63

Varios estudios se han realizado sobre los efectos del procesamiento en la calidad de la proteína del Amaranto. Todos los procesos como cocción en húmedo, nixtamalización, extrusión, etc., se han relacionado con un aumento en la calidad de proteína(4).

C. SEMILLA

1. Morfología. La semilla del amaranto tiene una forma lenticular, de aproximadamente 1.0 a 1.5 mm de diámetro y con 1,000 semillas pesando 0.6-1.0 gramos(8). A continuación se presenta el análisis proximal del grano de amaranto(1):

Tabla N.4
ANÁLISIS PROXIMAL DEL GRANO DE AMARANTO

PARÁMETRO	G / 100 g
CARBOHIDRATOS	65.0
FIBRA CRUDA	7.0
PROTEINA	18.0
CENIZAS	3.0
GRASA	7.0

2. Proteína. El contenido de proteína es alto en el grano de amaranto (18.0 %). La proteína contiene un buen balance de aminoácidos esenciales, en particular en aminoácidos azufrados y lisina, que son relativamente altos comparados con las cantidades que se encuentran en los cereales. Esta se utiliza como un ingrediente funcional en comidas formuladas. Entre los atributos se incluyen la absorción y enlazamiento de agua y grasa, viscosidad, emulsificación y otros. Correa et.al. extrajeron la proteína de cinco diferentes especies de amaranto y al fraccionarla, encontraron un promedio de 65 % de albúmina, 17 % globulina, 11 % de prolamina y 7 % de glutelina (7,9).

3. Carbohidratos. El carbohidrato más importante y abundante es el almidón en niveles de 69 + 3 %, estos han sido descritos como gránulos pequeños de amilopectina con diámetro de 1 a 3 μ m. Contiene una porción de amilosa de un 4.8 % a 6,9 %. La porción de almidón del grano de amaranto puede contener 0.49 % de proteína y 1.1 % de grasa. Otros carbohidratos como sucrosa, rafinosa, estaquiosa y maltosa están contenidos en pocas cantidades. Posibles usos del almidón del amaranto pueden incluir espesor de alimentos, aerosoles no alérgicos, almidón para lavandería y usos potenciales como comida y combustible (2,9).

4. Lípidos. Estudios realizados de la composición de lípidos y ácidos grasos en la semilla del amaranto han demostrado un contenido de lípidos de 1–8%. Se ha encontrado un alto grado de insaturación con aproximadamente 70 % de ácido oléico, 1 % de ácido linoléico y 20 % de ácido esteárico (13). El aceite del grano o semilla de amaranto no es único debido a que es similar en composición al del maíz y al del algodón. (9). El aceite de amaranto contiene más cantidad de escualeno que de otro aceite vegetal común. El escualeno es un ingrediente importante y caro para cosméticos de la piel. Este se puede extraer fácilmente del grano de amaranto mediante una destilación al vacío (9).

5. Minerales. El contenido de cenizas es alto comparado con los cereales. La mayor cantidad de los minerales se concentran en la cubierta y en el germen. Minerales como hierro, cobre se encuentran en el germen y se encuentran también en la cubierta

calcio, sodio y manganeso (2). Los niveles de estos elementos son en general más altos que los niveles encontrados en los granos de cereales comunes (2,9).

6. Vitaminas. La mayoría de las vitaminas están concentradas en el germen. Hay una mayor concentración vitamínica en las partes de la planta que en las semillas (13). Los niveles de riboflavina y niacina encontrados, son adecuados y el ácido ascórbico se tiene en cantidades elevadas (13).

7. Aspectos antinutricionales del amaranto. Son muy pocos los aspectos antinutricionales que pueden encontrarse en el grano de amaranto que limitan sus usos como fuente alimenticia. Autores como Singhal y Kulkarni han informado sobre pequeñas cantidades de nitratos y oxalatos en la semilla pero estos factores no representan ningún problema significativo (12). Otros factores antinutricionales o tóxicos que se han propuesto son saponinos y fenólicos, ácido fítico, polifenoles, lecitinas inhibidores de tripsina, alcaloides, aflatoxinas, acumulaciones de aluminio y esteroides. Procesos térmicos como calentamiento húmedo, cocimiento atmosférico, autoclave, tostado, secado de tambor entre otros, son los mejores métodos para reducir el efecto de antinutrientes solubles en agua (9).

D. EFECTO DEL TRATAMIENTO CON CAL DEL AMARANTO

El grano de amaranto ha recibido una mayor atención gracias a su adaptabilidad a diversos ambientes, producción con alto rendimiento, metabolismo C4 de fotosíntesis y buena composición química particularmente en contenido de grasa y proteína, con altos niveles de lisina, triptófano y metionina (Saunders and Becker, 1984; Teutonico and Knorr, 1985; National academy of Sciences, 1984.) El modelo excepcional de aminoácidos balanceados en la proteína del amaranto resulta en una alta calidad de proteína (Becker & Bressani et.al., 1987.) Además, debido al relativo alto nivel de lisina, este tiene un efecto suplementario en granos de cereal deficientes en lisina. Respecto a esto, una posible aplicación puede ser el uso del tratamiento con cal del maíz para la preparación de tortillas (Tovar & Carpenter, 1982; Vargas-López et.al. 1990.) El problema es que ambos granos no pueden ser procesados juntos eficientemente desde que hay una diferencia significativa en el peso del grano, con el amaranto que pesa cerca de

0.9mg/semilla (Bressani et.al., 1987) y el maíz que pesa alrededor de 0.27 g/semilla (Bressani and Mertz, 1958). El proceso del tratamiento con cal o nixtamalización como usualmente se le llama, puede resultar en pérdidas durante la operación del lavado del grano cocido con cal (Gómez et.al., 1987.) El uso del amaranto como suplemento al maíz cocido con cal para producto de tortilla, requiere una cocción del amaranto, en forma separada.

Recientemente (Vargas-López et.al., 1990) evaluó el efecto de la temperatura, de la concentración de hidróxido de calcio y el tiempo de cocción en las propiedades fisicoquímicas de harina de amaranto para fabricar tortillas. Ellos encontraron que la temperatura y tiempo de cocción afectan significativamente el índice de absorción de agua (WAI), color y propiedades de flujo, mientras que la concentración de hidróxido de calcio afecta sólo las propiedades de flujo de masa. Al incrementar la temperatura y el tiempo de cocción, aumenta el pH, WAI y el color. Estos estudios fueron realizados con una temperatura de cocción de 80-90°C, concentración de cal de 0.8-1.0 g/ 100g de grano de amaranto y tiempos de cocción de 10-20 min. Estos autores concluyeron que la preparación con cal del amaranto en harina, puede ser usada para la preparación de tortillas y productos similares.

La cocción con cal del maíz reportó pequeñas pérdidas de triptófano así como en el contenido de lisina (Bressani et.al., 1990; Ortega et.al., 1986), sin embargo, mejoró la calidad de la proteína de maíz crudo. Efectos similares toman lugar con el amaranto. No obstante una semilla significativamente pequeña, cocida a un pH alcalino puede inducir grandes pérdidas en la calidad nutricional. El propósito de este estudio fue obtener más detalle de la información química y nutricional de la cocción con cal de la semilla de amaranto y para aprender si el proceso reduce el desarrollo de acidificación de la grasa después de que se reportó que el aceite de grano de amaranto tiene un alto grado de acidez (García et.al., 1987), el cual puede causar problemas en la aceptabilidad de la semilla.

Los estudios fueron realizados con variedad GUA-17 de *Amaranthus cruentus*. Porciones de 1.0 Kg de grano (en duplicado) fueron usadas para la preparación de la muestra. Las muestras, incluyendo una harina cruda preparada por molienda con un pulverizador Raymond en un mesh de 60; una muestra procesada por cocción en agua a

presión atmosférica durante 10 y 20 minutos sin adición de cal y muestras de peso igual procesadas como se indica arriba pero con adición de 0.2, 0.4 y 0.6 % de cal en base al peso del grano. Después de la cocción, el material se mantuvo en un cuarto fresco a 26°C y el pH fue medido.

Luego cada preparación se lavó 3 veces con agua y fue pesada. El grano cocido fue separado de las aguas de lavado con una tela para minimizar pérdidas. Después se colocó en bandejas para secar el producto a peso constante y con aire a 60°C. Una vez ya seco, éste se pesó y se molió. Esto permitió estimar las pérdidas de peso debido al procesamiento.

Todas las muestras fueron analizadas en humedad, proteína, grasa, acidez por métodos de AOAC(1984). El pH de la harina fue obtenido suspendiendo 5 gramos en 15 ml de agua destilada y el pH fue medido después de 15min. Los minerales fueron medidos por absorción atómica. La lisina reactiva fue medida de acuerdo a la técnica de Hussell et.al. (1979) y triptófano como sugiere Villegas et.al (1982). Las muestras fueron también analizadas por WAI y por el índice de solubilidad en agua (WSI). WAI es una medida indirecta del grado de gelatinización del almidón en la cocción y éste es expresado en peso del gel obtenido por grano de muestra seca. WSI representa la cantidad de solutos en la solución del análisis WAI, expresada como porcentaje de sólidos secos por el método de Anderson et.al (1969). Para la evaluación biológica, se usó el método de radio neto de proteína (NRP). Se usaron raciones de amaranto con 10% de proteína.

E. NIXTAMALIZACION

Desde la civilización maya, azteca y otras poblaciones de América, se aplicaba el método de cocción alcalina en el maíz, para convertir el grano en un material útil para la preparación de distintos productos alimenticios. Este proceso alcalino, conocido como nixtamalización, ha mostrado que sus principales variaciones radican en el nivel de cal agregado al grano y en el rango de tiempo y temperatura de cocción durante el proceso.

En Guatemala el proceso de nixtamalización casero discutido por Bressani, et.al.,1990, consiste básicamente en la cocción del maíz en un agua alcalina, con una concentración de cal (hidróxido de calcio) a un nivel que varía entre 0.4 a 1.3% del peso

de grano; siendo la razón grano/agua de 1:1.2. Dicha mezcla se cocina a una temperatura de 94°C por un intervalo de tiempo de 46-67 min. Una vez cocido, el producto se deja reposar por un período de 12-14 horas. En este tiempo se reduce la temperatura de cocción a la del medio ambiente y el maíz permanece en un medio alcalino a un pH de 7.5 hasta 9.0(7).

Al finalizar el reposo, el producto cocido es lavado tres o cuatro veces con agua, removiéndose el exceso de cal, un líquido amarillo, la cáscara, el germen, la capa aleurónica e impurezas presentes. El “nixtamal” (maíz cocido y lavado) como se le denomina al producto obtenido, se convierte en una masa utilizando una piedra de moler, un molino de piedra o de discos (6,10). En el proceso de molienda se desarrollan las propiedades cohesivas de la masa. Los gránulos hinchados de almidón gelatinizado se rompen y se distribuye el almidón hidratado y la proteína, alrededor de las porciones de maíz no gelatinizado, formándose una masa(14).

De esta masa pueden obtenerse tortillas, tamales, tamalitos, tortilla chip. Las características químicas nutritivas y sensoriales de cada producto dependerá del distinto efecto que la cocción alcalina tenga sobre el grano y del distinto proceso que se le aplique a la masa nixtamalizada. En general, las condiciones del proceso (tiempo de cocción, nivel de cal, temperatura y tiempo de remojo) están íntimamente relacionadas con el producto que se obtiene al final (14).

F. PRODUCTOS FRITOS.

En tiempos antiguos, los aztecas tostaron tortillas en una plancha caliente para prolongar su vida útil. Luego se volvió una práctica común en amas de casa, las cuales freían tortillas para darles un sabor agradable, lo cual se convirtió eventualmente en tortilla chip.

En Estados Unidos la fritura se expandió al mercado de productos a base de masa porque el producto final tenía un excelente sabor, textura y largo tiempo de vida. Los dos productos más populares, tortilla chips, y corn chips, fueron producidos de masa gruesa aunque pocos restaurantes la produjeron de masa fina. Los corn chips son producidos directamente de masa y contienen más aceite que la tortilla chips. Debido al horneado, la

tortilla chips absorbe menos aceite, tiene textura firme y termina con un fuerte sabor alcalino.

La masa de la tortilla chips se corta usualmente en triángulos o círculos pequeños, es horneada, frita, salada y saborizada para producir snacks. Por otra parte, para la producción de corn chip, la masa es extruída o laminada en pequeñas fajas que son llevadas directamente al freidor. El producto es salado y en algunos casos saborizado.

1. **Cocido y enfriado.** El nixtamal que será procesado en productos fritos tiene menos cocimiento que las tortillas. Para prevenir el exceso de agua después de cocido, el procesador de snacks usualmente enfría el producto a 68-73 C (154-163 F). La masa con bajo contenido de humedad produce chips con poco contenido de aceite.

2. **Molienda.** Mucha de la masa usada para producir productos fritos es más gruesa que la usada en tortillas. Las grandes partículas en una masa gruesa permiten que escape vapor durante el horneado y fritura. Si la masa fina se fríe, el producto forma burbujas, lo que se considera un serio problema en calidad. Los chips con burbujas son frágiles, se pueden quebrar durante el empaque y tienen un alto contenido de aceite.

3. **Formación.** Existen diferentes tipos de cortadores de masa para producir snacks de diversas formas. Para producir corn chips, la masa es puesta en un extrusor que consiste en un pistón hidráulico que fuerza a la masa a través de un molde. La masa en tiras es cortada por cuchillas rotativas.

4. **Horneado.** En nuestros días, muchos de los productos fritos son horneados antes de freírlos. El horneado aumenta el sabor de la tortilla y reduce la absorción de aceite durante la fritura. Durante el horneado la masa pierde alrededor de un 10 % de humedad, por lo tanto el producto antes de freírlo tiene de 38 – 42 % de humedad.

5. **Enfriamiento o equilibración.** La tortilla chip es equilibrada unos 20 min. antes de freírla. Esto produce una consistencia uniforme y reduce la formación de burbujas durante la fritura. Durante el enfriamiento, la tortilla pierde adicionalmente un 3 % de humedad y también la humedad se distribuye en forma homogénea.

6. Fritura. La temperatura para freír y el tiempo de residencia dependen del tipo de producto. La masa de maíz amarillo requiere menos temperatura de fritura y más tiempo de residencia que una masa de maíz blanco o combinación de blanco y amarillo. El corn chips de masa amarilla es frito a 160 C (320 F), el de masa amarilla/blanca se fríe a una temperatura de 210 C (410 F) durante 60 – 90 seg. La tortilla chips es generalmente frita a una temperatura de 178-185 C (352-365 F) durante 60 – 120 seg.

7. Aplicación de sal y agentes saborizantes. La aplicación de sal y agentes saborizantes se realiza después de la fritura. Los chips calientes pasan a un tambor continuo que consiste en un cilindro giratorio inclinado, donde el líquido sazonador es esprayado sobre los chips. Generalmente, la mezcla líquida consiste en aceite caliente, sal, sazonadores, agentes saborizantes y colorantes, los cuales son esprayados. Luego del enfriamiento, el aceite se cristaliza formando la capa sazonadora. La sal puede ser depositada en la tortilla chip usando sprays líquidos o con un dispensador de sal granulada colocado sobre las bandas transportadoras después de la operación de volteo.

Los productos fritos tienen una larga vida de anaquel debido a su bajo contenido de humedad (1 – 2 %). Sin embargo, la oxidación del aceite o rancidez limita la vida de anaquel. Los principales factores que afectan la auto oxidación son: 1) Grado de insaturación y condición de fritura del aceite; 2) condiciones de almacenamiento del producto; 3) características de empaque como la rapidez de transmisión de luz y la permeabilidad del oxígeno; y 4) uso de antioxidantes, gases inertes y agentes quelantes. Estos últimos prolongan eficientemente la vida de los productos fritos pero son generalmente evitados debido a la preferencia por los alimentos naturales.

El color, la consistencia, la textura y la cantidad de aceite absorbido por el maíz y la tortilla chip, son grandemente influenciados por el contenido másico de humedad, el grosor de los chips, la temperatura de fritura y el tiempo de residencia. El contenido de aceite puede ser rápidamente estimado por medio de una prensa hidráulica (por extracción con éter), que ha sido usada para determinar el contenido total del mismo.

Las prácticas de fritura afectan la vida de anaquel del aceite y del producto terminado. Los ácidos grasos libres, el valor de peróxido, la polimerización y el método de oxígeno activo (AOM), determina la condición y estabilidad del aceite y de los

productos fritos. Nuevos aceites contienen 0.05 % FFA, el cual se incrementa a un nivel máximo aceptado para el procesamiento de maíz y tortilla chip de 0.4 a 0.5 % FFA. Factores como la temperatura del aceite, el tipo de aceite, la filtración y las aereaciones, afectan significativamente la vida de anaquel.

III. JUSTIFICACION

En el mundo actual, la desnutrición y el hambre son dos flagelos que amenazan constantemente a la humanidad. El desarrollo tecnológico ha permitido la optimización de los recursos disponibles para mejorar la dieta media de nuestra nación. Sin embargo, estos recursos no han sido totalmente explorados, lo cual motiva a una constante investigación para encontrar alimentos con valor nutritivo y precio económico. Este es el caso del amaranto. El amaranto ofrece la parte vegetativa como un producto hortícola, la planta entera como un forraje y el grano como un cereal. El amaranto ofrece ventajas nutricionales que otros granos y cereales no poseen, debido a que su grano tiene un alto contenido de proteína de alta calidad nutritiva. Esto lo convierte en una opción complementaria a los productos de uso común en Guatemala.

El procesamiento de los alimentos debe ser práctico, sencillo y de fácil aprendizaje. El tratamiento con cal o nixtamalización, es un procedimiento que cumple con estos requerimientos. Es importante encontrar aquellas condiciones bajo las cuales se pueda aplicar la nixtamalización, sin perjudicar significativamente el valor nutricional del amaranto.

Así, al elaborar una hojuela frita con el grano de amaranto se estará ampliando el repertorio alimenticio guatemalteco, por medio de la utilización de una tecnología tradicional americana.

IV. OBJETIVOS

A. Objetivo General.

Preparar una hojuela frita en base al grano de amaranto.

B. Objetivos Específicos

1. Determinar el efecto del nivel de cal y del tiempo de cocción apropiado para la nixtamalización del grano de amaranto para fines de fritura.
2. Caracterizar químicamente el producto frito de amaranto.
3. Comparar la hojuela frita hecha de grano de amaranto contra la elaborada de maíz.
4. Evaluar la aceptabilidad de la hojuela frita.

V. HIPOTESIS

Se puede utilizar el grano de amaranto para la elaboración de una hojuela frita.

VI. MATERIALES Y METODOS

A. Procedimiento general

1. Caracterización del grano: El grano de amaranto se caracterizará con base en los siguientes parámetros:

Humedad	(Método AOAC, 1984)
Grasa	(Método AOAC, 1984)
Proteína	(Método AOAC, 1984)
Digestibilidad en vitro de proteína	(Método AOAC, 1984)

2. Nixtamalización

- a. Para la nixtamalización se trabajará una cantidad de 250 gr de grano por muestra. Se usarán 0.3 %, 0.4% y 0.5 % de cal en muestras diferentes. Para la muestra de maíz se usará la misma cantidad de grano con 1.2 % de cal.
- b. La cocción del grano de amaranto se trabajará en tres tiempos diferentes (10, 15 y 20 minutos) y el grano de maíz a un tiempo de 75 minutos. Luego a estas muestras se les tomará la humedad.
- c. Las muestras de amaranto se dejarán en remojo de 2-3 horas y la muestra de maíz, durante 8 horas.
- d. Luego de la etapa de remojo, se tomarán las humedades de cada una de las muestras anteriores.
- e. La molienda será gruesa y para cada una de estas muestras se determinará la humedad.

3. Moldeado

- a. A cada una de las muestras de masa, se les reducirá la humedad a un rango de (35–38 %).
- b. Se extenderá una tortilla y se cortará en tiras.

4. Fritura

- a. Las tiras de masa se dejarán caer en aceite con una temperatura de 160–180 oC durante 45 segundos.
- b. Luego de ésto, se retirarán del aceite inmediatamente y se dejarán enfriar.

Al producto ya frío se le agregará sal y se procederá a su análisis.

5. Evaluación del producto: Las muestras de hojuela frita se analizarán con base en los siguientes parámetros:

Humedad	(Método AOAC, 1984)
Grasa	(Método AOAC, 1984)
Proteína	(Método AOAC, 1984)
Digestibilidad en vitro de proteína	(Método AOAC, 1984)

Además el producto se evaluará sensorialmente.

B. Métodos de análisis químicos

1. Humedad

- a. Se pesan 15 gramos de muestra y se colocan en recipientes previamente pesados.
- b. Se introducen en un horno al vacío por 16 horas.
- c. Se pesa nuevamente la muestra y la diferencia de pesos se convierte en porcentaje de humedad.

2. Grasa

- a. Se pesan 10 gramos de muestra y se envuelven bien en Kimwipes.
- b. Se coloca en el tubo del equipo de Soxlet.
- c. Se pesa el balón vacío y ya armado el equipo, se destila durante 16 horas.
- d. Al terminar, se coloca el balón en el horno, por una hora a 70 C.

- e. Se pesa el balón y por diferencia se obtiene el porcentaje de grasa.

3. Proteína

- a. Se pesa 0.1 gramos de muestra y se colocan en un tubo de digestión.
- b. Se le agrega 0.1 gramo de sulfato cúprico, 1.5 gramos de sulfato de sodio y 2 ml de ácido sulfúrico.
- c. Se coloca en el equipo de digestión durante 45 minutos y luego se deja enfriar.
- d. Se agregan aproximadamente 200 ml de agua y se colocan en el matraz del sistema de destilación.
- e. Se le agrega también 5 ml de NaOH por cada ml de ácido.
- f. Se recibe el destilado en un beaker conteniendo 75 ml de ácido bórico al 4 % y unas gotas del indicador rojo de metilo.
- g. Se destila hasta que el destilado no dé alcalinidad.
- h. El destilado se titula con una solución 0.1N de HCl.
- i. El porcentaje de proteína se calcula con la siguiente fórmula:

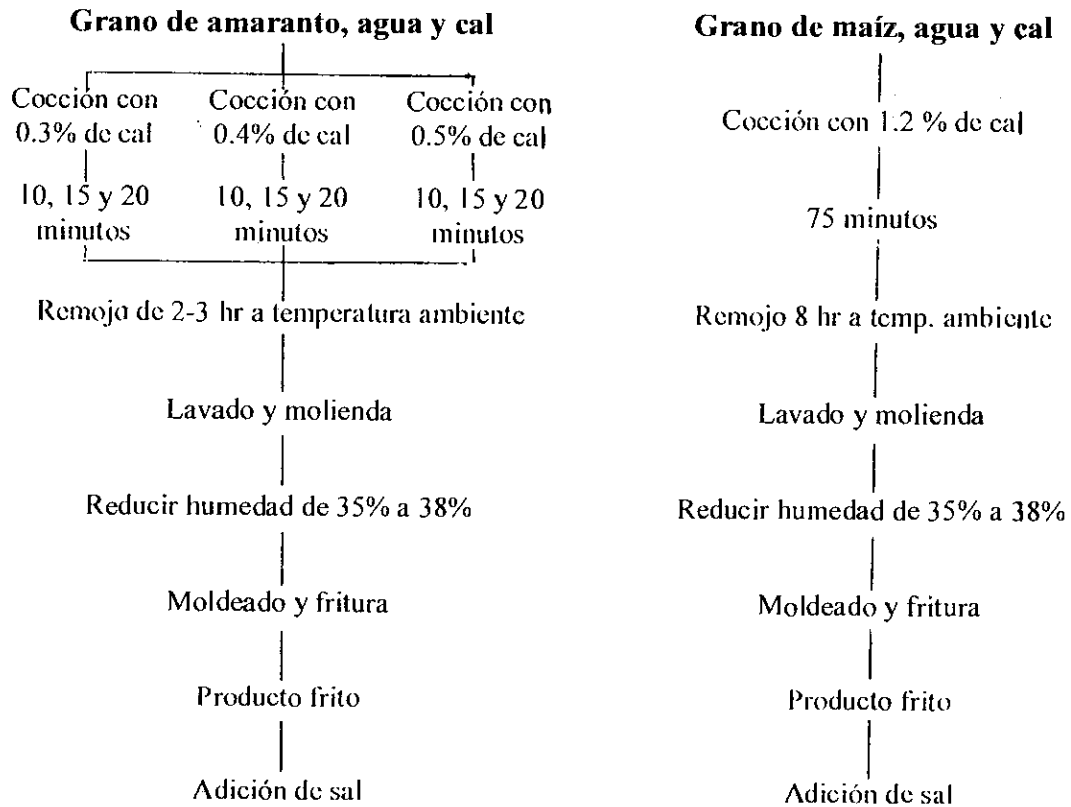
$$\% \text{ de proteína} = \frac{\text{ml HCl} \times 0.1 \times 0.014 \times 6.25 \times 100}{\text{gramos de muestra}}$$

4. Digestibilidad en vitro de la proteína

- a. Pesar 1 gramo de muestra y desgrasarla en un equipo de soxlet.
- b. Incubar la muestra con constante agitación y durante 16 horas, en 150 ml de una solución de pepsina y HCl.
- c. Luego filtrar la muestra y secar en horno el papel filtro.
- d. Pesar 0.1 de la muestra seca y proceder con la determinación de proteína como anteriormente se describió.
- e. El porcentaje de proteína encontrada es la proteína no digerida y por diferencia se obtiene el porcentaje de digestibilidad en vitro.

C. Plan de estudio

Figura No. 1: Diseño Experimental



D. Análisis estadístico

Todas las muestras serán analizadas en duplicado. Los datos serán tratados con un análisis de varianza (ANOVA) con prueba de Tukey y corresponden a un cuadrado latino. Las variables en consideración serán:

- a. Nivel de cal
- b. Tiempo de cocción

Para la primera variable se planteará la siguiente hipótesis nula: "El nivel de cal no afecta los valores de los parámetros evaluados (humedad, grasa, proteína) ni la aceptación del producto.

Factor: Nivel de cal (0.3 %, 0.4 % y 0.5 %)

Para la segunda variable se planteará la siguiente hipótesis nula: “El tiempo de cocción no afecta los valores de los parámetros evaluados (humedad, grasa proteína) ni la aceptación del producto”.

Factor : Tiempo de cocción (10 min, 15 min y 20 min)

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de aceptabilidad, se determinarán las diferencias significativas al comparar las muestras.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El amaranto es un pseudo cereal con un alto valor nutritivo por lo que tiene muchas aplicaciones en el área alimenticia. La aplicación que se estudió en este trabajo fue la elaboración de una hojuela frita, a través del proceso de nixtamalización y fritura.

El análisis químico parcial del amaranto (Tabla No.1) muestra que el nivel de proteína en esta semilla es alto, esto es un aspecto muy importante ya que ésto permite un producto con un valor nutritivo mayor, a los productos elaborados a partir del maíz, los cuales en general contienen alrededor de 8.5 % de proteína.

Tabla No. 1: Análisis Proximal Del Grano De Amaranto

ANALISIS	MUESTRA 1	MUESTRA2
Humedad	8.5%	10.1%
Grasa	6.9%	7.1%
Proteína	13.6%	13.4%

Como se indicó en el diseño experimental, se inició el proceso de nixtamalización de la semilla de amaranto con 2 variables de estudio: Tiempo de cocción (10, 15, y 20 min.) y Porcentaje de cal (0.3, 0.4 y 0.5 %), que suman un total de 9 muestras para estudiar. Al cocinar la semilla de amaranto se observó que ésta se oscureció desprendiendo bastante almidón. La humedad de la masa (Tabla No. 2) y posiblemente la gelatinización del almidón, dieron como resultado una masa pegajosa (chiclosa), poco manejable y no homogénea, ya que se visualizaban semillas y fibras blancas sin desintegrarse en su totalidad. En general, para cada nivel de cal en cocción, el porcentaje de humedad aumentó con el tiempo de cocción. Estos problemas se vieron reflejados en los resultados de la hojuela frita (Tabla No. 3) en la cual el porcentaje de humedad y porcentaje de grasa fueron totalmente inadecuados para este tipo de producto, además de que la apariencia y textura no fueron agradables. Por lo general los snacks de maíz contienen de 2-4 % de humedad y de 20-30 % de grasa.

Luego de probar varios procesos para que se desintegraran totalmente los granos de amaranto y las fibras en la masa, se procedió a secar las muestras nixtamalizadas en

horno, éstas se pulverizaron en un molino de ciclón y este proceso permitió que la masa fuera homogénea en donde la humedad se controló mejor.

Tabla No. 2: Determinación De Humedad En Masas Nixtamalizadas

DESCRIPCION	% HUMEDAD	APARIENCIA
0.3 % cal / 10 min	56.5	Grano oscuro
0.3 % cal / 15 min	58.1	Grano oscuro
0.3 % cal / 20 min	60.3	Grano oscuro
0.4 % cal / 10 min	56.9	Grano oscuro
0.4 % cal / 15 min	69.3	Grano oscuro
0.4 % cal / 20 min	70.9	Grano oscuro
0.5 % cal / 10 min	60.4	Grano oscuro
0.5 % cal / 15 min	58.9	Grano oscuro
0.5 % cal / 20 min	63.1	Grano oscuro

Tabla No. 3: Determinación de Humedad y Grasa en Hojuela Frita de Amaranto

DESCRIPCION	% HUMEDAD	% GRASA	APARIENCIA
0.3 % cal / 10 min	13.0	73.2	Hojuela café, gruesa, grasosa, suave, hinchada
0.3 % cal / 15 min	16.4	77.1	Hojuela café, gruesa, grasosa, suave, hinchada
0.3 % cal / 20 min	15.3	80.3	Hojuela café, gruesa, grasosa, suave, hinchada
0.4 % cal / 10 min	11.6	75.1	Hojuela café, gruesa, grasosa, suave, hinchada
0.4 % cal / 15 min	13.9	78.5	Hojuela café, gruesa, grasosa, suave, hinchada
0.4 % cal / 20 min	14.2	74.2	Hojuela café, gruesa, grasosa, suave, hinchada
0.5 % cal / 10 min	15.1	75.1	Hojuela café, gruesa, grasosa, suave, hinchada
0.5 % cal / 15 min	13.5	76.2	Hojuela café, gruesa, grasosa, suave, hinchada
0.5 % cal / 20 min	14.8	75.9	Hojuela café, gruesa, grasosa, suave, hinchada

Los datos del producto obtenido se muestran en la Tabla No. 4. En estos resultados se observa que la humedad y porcentaje de grasa, bajaron considerablemente alrededor del 50 % pero sin poder mejorar la textura de la hojuela ya que de nuevo fue suave presentando una capa hinchada y muy frágil.

Tabla No. 4: Determinación de Humedad y Grasa en Hojuela Frita de Masa de Amaranto Seca/Molida

DESCRIPCION	% HUMEDAD	% GRASA	APARIENCIA
0.4 % cal / 10 min	5.8	35.1	Hojuela café opaco, suave, hinchada
0.4 % cal / 15 min	5.0	39.5	Hojuela café opaco, suave, hinchada
0.4 % cal / 20 min	5.6	40.1	Hojuela café opaco, suave, hinchada

Tomando en cuenta todos estos resultados además de que el producto no tenía un sabor competitivo (sabor arenoso) en comparación con otros productos fritos, se decidió combinar las tres muestras, con dos diferentes porcentajes de masa de maíz (50% y 75%).

La primera prueba se realizó cocinando el grano de amaranto por los tres tiempos de cocción con 0.4 % de cal y con los dos porcentajes de masa de maíz ya indicados. En este caso, las mezclas de las dos harinas fueron humedecidas con agua fría y luego sometidas a la fritura. Estos resultados se describen en la Tabla No. 5. Se observó que la masa con un porcentaje de 25% amaranto /75% de maíz, tiene una apariencia mejor en todas las muestras; sin embargo los resultados en textura presentaron nuevamente problemas.

Tabla No. 5: Determinación de Humedad y Grasa en Hojuela Frita de Masa de Amaranto Combinada con Masa de Maíz

DESCRIPCION	% HUMEDAD	% GRASA	APARIENCIA
50%/50% (10 min)	8.4	34.9	Hojuela más clara, suave, hinchada
25%/75% (10 min)	8.6	35.7	Hojuela beige oscuro, suave, hinchada
50%/50% (15 min)	10.6	36.8	Hojuela más clara, suave, grasosa
25%/75% (15 min)	10.8	37.3	Hojuela beige oscuro, suave hinchada
50%/50% (20 min)	10.6	40.1	Hojuela más clara, suave, grasosa
25%/75% (20 min)	10.7	39.3	Hojuela beige oscuro, suave, hinchada

Al realizar la segunda prueba con estas mismas condiciones, se obtuvieron resultados mucho mejores, éstos son mostrados en las Tablas No. 6, 7 y 8 según el tiempo de cocción aplicado al grano de amaranto. En la Tabla No. 6, con un tiempo de cocción de 10 minutos, los porcentajes de humedad y grasa no tienen una relación específica ya que por ejemplo: al tener una humedad baja, unas hojuelas pueden absorber más o menos grasa y de la misma forma ocurre con una humedad alta. Esto también se ve en los resultados estadísticos en donde las probabilidades F son un poco o mucho mayores a 0, en las tres variables estudiadas, demostrando de esta forma que en algunas no hay diferencia pero en otras si la hay, pero sin un patrón definido. Sin embargo, se nota que conforme la mezcla tiene mas maíz, la hojuela tiene menos agua y un porcentaje menor de grasa. La textura y apariencia de estas primeras tres muestras es mejor en la hojuela

con un 25% de amaranto, pero al igual que en todas las muestras se presentó una capa hinchada y frágil, esto hace que el producto se deba manchar con mucho cuidado.

Tabla No. 6: Determinación de Humedad y Grasa en Hojuela Frita (0.4% cal/10 min)

Maíz	Amaranto	No. Muestra	% de Humedad		% de Grasa
			Masa	Hojuela	Hojuela
0%	100%	R1	35.3	4.1	35.3
		R2	36.1	3.9	34.5
		Promedio	35.7	4.0	34.9
50%	50%	R1	36.3	4.3	31.9
		R2	35.4	4.2	33.4
		Promedio	35.9	4.3	32.7
75%	25%	R1	35.8	4.7	30.1
		R2	38	4.6	33.9
		Promedio	37	4.6	32

De esta misma manera se muestran en las Tablas No. 7 y 8, los resultados obtenidos para los otros dos tiempos de cocción 15 y 20 minutos, al igual que como se discutió anteriormente, los resultados no muestran un patrón o guía a seguir y sin mejorar la apariencia y textura. Sin embargo, en la Tabla No. 8, sí se observa una disminución del porcentaje de grasa que está de acuerdo con la disminución del porcentaje de humedad en la hojuela y que está asociado al porcentaje de maíz en la mezcla. Al tener una variedad de datos en tres diferentes tiempos de cocción y porcentajes de harinas se realizó un análisis estadístico de varianza para evaluar el comportamiento del producto en estos tiempos según los porcentajes de harina utilizados. En general se observó que no hay una diferencia significativa en los resultados de porcentaje de humedad y porcentaje de grasa en las diferentes muestras; sin embargo se nota la tendencia de un aumento en la humedad de la masa y hojuela paralelo a la disminución del porcentaje de grasa en éstos.

Tabla No. 7: Determinación de Humedad y Grasa en Hojuela Frita (0.4% Cal/15 min)

Maíz	Amaranto	No. Muestra	% de Humedad		% de Grasa Hojuela
			Masa	Hojuela	
0%	100%	R1	38.1	4.9	34.6
		R2	37.2	4.0	34.9
		Promedio	37.6	4.4	34.7
50%	50%	R1	39.1	4.6	30.1
		R2	36.0	4.6	32.2
		Promedio	37.6	4.6	31.1
75%	25%	R1	37.0	4.3	31.8
		R2	40	4.2	32.9
		Promedio	39	4.2	32.3

Tabla No. 8: Determinación de Humedad y Grasa en Hojuela Frita (0.4% Cal/20 min)

Maíz	Amaranto	No. Muestra	% de Humedad		% de Grasa Hojuela
			Masa	Hojuela	
0%	100%	R1	36.2	4.8	33.7
		R2	36.1	4.1	32.4
		Promedio	36.1	4.4	33.1
50%	50%	R1	38.9	4.6	31.2
		R2	38.0	3.9	31.1
		Promedio	38.4	4.2	31.1
75%	25%	R1	38.5	4.4	29.7
		R2	36	3.6	30.5
		Promedio	37	4	32

Es importante resaltar que el color de la hojuela se mejoró en las mezclas que se hicieron con maíz, ya que la hojuela sólo de amaranto, tenía un color demasiado café, que daba la apariencia de estar un poco quemado. Sin embargo, la hojuela con amaranto procesado por nixtamalización no llena las cualidades que se requieren en estos productos.

Al obtener estos resultados se procedió a realizar una prueba con amaranto crudo y maíz. En los resultados mostrados en la Tabla No. 9, en general las hojuelas con menor porcentaje de humedad tienen menor porcentaje de grasa. Al igual que en las pruebas anteriores, se observó la capa hinchada y frágil en las hojuelas; ésta característica que

hace al producto poco manejable puede ser causada por la granulometría de harina (se utilizó harina pulverizada) ya que lo fino hace difícil la eliminación de la humedad formando burbujas. Otra causa puede ser que el almidón del amaranto forme algún tipo de enlace fuerte y forma esta capa hinchada.

Tabla No. 9: Determinación de Humedad y Grasa en Hojuela de Amaranto Crudo

Maíz	Amaranto	No. Muestra	% de Humedad		% de Grasa Hojuela
			Masa	Hojuela	
0%	100%	R1	36.7	4.6	27.5
		R2	35.8	3.1	28.1
		Promedio	36.2	3.8	27.8
50%	50%	R1	39.1	4.7	26.7
		R2	38.1	4.5	26.0
		Promedio	38.6	4.6	26.3
75%	25%	R1	38.7	4.7	29.5
		R2	37.8	3.7	27.9
		Promedio	38.2	4.2	28.7
100%	0%	R1	39.2	5.5	32.6
		R2	39.3	3.1	31
		Promedio	39.3	4.3	31.8

Al saber que la proteína es uno de los factores más importantes en el valor nutritivo de este producto, se realizó un análisis de proteína y de digestibilidad *in vitro* de proteína de éste.

El análisis de proteína se realizó en hojuelas fritas con 15 min. de cocción y hojuelas con 25 % amaranto crudo / 75 % de maíz, como se muestra en la Tabla No. 10. Se observó que la hojuela de amaranto al 100% es la que más porcentaje de proteína tiene y éste disminuye conforme disminuye la cantidad de harina de amaranto, esto se confirma en el análisis estadístico en donde la diferencia entre los datos, sí es significativo.

También se hace notar que en los dos datos de hojuelas fritas 25 % amaranto/ 75 % maíz, la nixtamalización del grano, hizo aumentar la cantidad de proteína en el producto comparado con el producto sólo de maíz. Esto muestra que el grano de amaranto sí eleva el nivel nutritivo en esta clase de producto.

Tabla No. 10: Determinación de Proteína en Hojuela Frita

Maíz	Amaranto	% de proteína R1	% de proteína R2	Promedio
0%	100%	12.3	12.8	12.55
50%	50%	10.9	11.3	11.1
75%	25%	9.2	9.6	9.4
100%	0%	7.9	8.3	8.1

El análisis de digestibilidad *in vitro* se realizó en las hojuelas fritas elaboradas con 25% amaranto / 75% maíz por 10, 15 y 20 minutos, para observar el comportamiento de la proteína contra el tiempo de cocción. Los resultados en la Tabla No. 11 y el análisis estadístico muestran que no hay un cambio significativo en las diferentes muestras. Esto indica que el tiempo de cocción con cal del grano de amaranto, no afecta la digestibilidad de la proteína en este producto.

Tabla No. 11: Análisis de Digestibilidad en Vitro de la Proteína en Hojuela 25% Amaranto / 75% Maíz

Tiempo De Cocción	No. Muestra	Proteína Digerida
10 Min	1	76.50%
	2	71.10%
Promedio		73.80%
15 Min	1	71.35%
	2	71.10%
Promedio		71.23%
20 Min	1	71.35%
	2	71.35%
Promedio		71.35%

Al haber obtenido mejores resultados con las hojuelas de amaranto crudo en una mezcla de 25% amaranto / 75% maíz, se realizó una prueba de análisis sensorial del producto. En los resultados que se muestran en los anexos se observa una marcada preferencia de la hojuela de maíz en los tres puntos evaluados (sabor, textura y color) respecto de la hojuela con un porcentaje de 25 % de amaranto. Esto demuestra que

además de los problemas que surgen al procesar el grano de amaranto por nixtamalización o sin ésta, en la elaboración de una hojuela frita, existe un factor muy importante que se necesita mejorar para que el producto pueda ser realmente competitivo y éste es el sabor.

Los resultados de este estudio indican que el proceso de nixtamalización aplicado al grano de amaranto para fines de preparar snacks no es efectivo y aunque mejora al usarlo en mezclas con maíz nixtamalizado, aún así, no da un producto aceptable. Habría que buscar las razones de esto ya que los snacks de maíz se beneficiarían en su contenido de proteína y posiblemente en la calidad de la proteína del producto.

VIII. CONCLUSIONES

- En las primeras muestras, la humedad de la masa y posiblemente la gelatinización del almidón dieron como resultado una masa pegajosa, poco manejable en donde se visualizaban semillas y fibras blancas sin desintegrarse en su totalidad, en general el porcentaje de humedad aumento con el tiempo de cocción por cada nivel de cal.
- El proceso sugerido en el diseño experimental de moler el amaranto en un molino convencional no fue suficiente para desintegrar en su totalidad el grano. Fue necesario secar la semilla y pulverizarla en un molino de ciclón.
- Al realizar cambios en el proceso del grano de amaranto, se mejoró en un 50% el problema de humedad en la masa.
- Para mejorar la apariencia de la hojuela frita, se decidió mezclar la harina de amaranto con harina de maíz con porcentajes de 50 y 75 por ciento de esta última.
- Las hojuelas fritas con mezclas de harina, se realizaron con un nivel de 0.4 % de cal por 10, 15 y 20 minutos; se notó que conforme la mezcla tiene más maíz, la hojuela tiene menos agua y un poco menos de grasa.
- La apariencia fue mejor con la mezcla de 25 % amaranto/75% maíz, ya que la hojuela tenía un color agradable; sin embargo, el problema de fragilidad no se mejoró.
- Al realizar un análisis estadístico de las muestras en conjunto se observó en general que entre más humedad presentaban, menos porcentaje de grasa tenían.
- El problema de una capa hinchada presente en todas las hojuela con amaranto puede ser causada por el tipo de harina que se utilizó (harina pulverizada) o también

porque el almidón forma un tipo de enlace fuerte que al entrar en contacto con el aceite se refleja en una hinchazón.

- La hojuela con amaranto procesado por nixtamalización no llena las cualidades que se requieren en un snacks pero sí aumenta la calidad y contenido de proteína en este tipo de producto.
- La digestibilidad de la proteína no tiene una variación significativa respecto al tiempo de cocción.
- En general, en el análisis sensorial la muestra que más gusto en la evaluación de sabor, textura y color fue la muestra de hojuela frita de maíz respecto de la hojuela frita de 25 % amaranto/75 % maíz.

IX. RECOMENDACIONES

- Investigar una mejor forma de desintegrar el grano de amaranto sin tener que pulverizarlo, para que la granulometría de la masa no sea problema en el caso de la capa hinchada.
- Investigar y probar un método con el cual se pueda mejorar el sabor arenoso que tiene el amaranto para que pueda ser competitivo con los productos de maíz ya que realmente el valor nutritivo de los snacks puede ser mejorado al usar amaranto.

X. BIBLIOGRAFIA

1. Becker, R., L. Wheeler & A. Lorenz. 1981. A compositional Study of Amaranth Grain. J. of Food Science 46: 1175-1180.
2. Betschant, A., D. Irving & D. Shepherd. 1981. Amaranthus cruentus: Milling characteristics, distribution of nutrients within seed components & the effects of temperature on nutritional quality. J. of Food Science 46: 1181-1187.
3. Bressani, R. Amaranth the nutritive value and potential uses of the grain and by products. Food and Nutrition Bulletin. Vol 10, No. 2, 49-59. 1988.
4. Bressani, R. The proteins of grain amaranth. Food Reviews International. Vol 5 No. 1 1-40. 1989.
5. Bressani, R., Sanchez-Marroquín, A., Morales, F. Chemical composition of grain amaranth cultivars and effects of processing on their nutritional quality. Food Reviews International Vol. 8 No. 1, 23-49. 1992.
6. Bressani, R. 1990. Chemistry Technology and Nutritive Value of Maize Tortillas. Food Reviews International. 6: 225-264.
7. Bressani, R. 1990. El Proceso de Nixtamalización. Avances en alimentación y nutrición. 6-7.
8. Irving, D., A. Betschart & R. Saunders. 1981. Morphological Studies on Amaranthus cruentus. J. Food Science 4: 1170-1174.
9. Paredes-López, O., Cárabez-Trejo, A. et.al. 1988. Influence of germination of psychochemical properties of amaranth flour and starch microscopic structure. J. of Food Science. México.

10. Rooney, L.W. Tortillas y alimentos tipo de maíz nixtamalizado. Soya Noticias Oct-Dic, 1-8.
11. Saunders, R. & R. Becker. 1984. Amaranthus: A potential feed resource. Advances in cereal science and technology 6: 357-396.
12. Singhal, R. & P. Kulkarni. 1988. Composition of the seeds of some amaranthus species. J. Agric. Food Science 42 : 325-331.
13. Singhal, R. & Kulkarni. 1988. Review Amaranthus- An underutilized resource. J. Food Science and Technology 23 : 125-139.
14. Valle- vega, P. 1986. Toxicología de Alimentos. Centro Panamericano de Ecología y Salud, ops. México.

XI. APÉNDICES

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

PORCENTAJE DE HUMEDAD EN MASA (10 min)

ANÁLISIS DE VARIANZA

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	1.928223	0.964111	0.7336	0.577
ERROR	2.628418	1.314209		
TOTAL	5.452148			

C. V. = 3.168572 %

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
3	36.975 A
2	35.875 A
1	35.69 A

TUKEY = 5.65

PORCENTAJE DE HUMEDAD EN HOJUELA (10 min)

ANÁLISIS DE VARIANZA

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	0.437752	0.218876	122.863	0.007
ERROR	0.003563	0.001781		
TOTAL	0.456337			

C.V. = 0.984620 %

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
3	4.63 A
2	4.26 B
1	3.97 C

TUKEY = 0.208

PORCENTAJE DE GRASA EN HOJUELA (10 MIN)

ANÁLISIS DE VARIANZA

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	9.162109	4.581055	1.5916	0.338
ERROR	8.634766	2.878755		
TOTAL	17.796875			

C. V. = 5.112376 %

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
1	34.89 A
2	32.665 B
3	32.00 C

TUKEY = 0.0000

PORCENTAJE DE HUMEDAD EN MASA (15 min)**ANALISIS DE VARIANZA**

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	0.861328	0.430664	0.0929	0.915
ERROR	9.274414	4.637207		
TOTAL	10.395508			

C. V. = 5.687092

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
3	38.4 A
1	37.625 A
2	37.57 A

TUKEY = 10.6132

PORCENTAJE DE HUMEDAD EN HOJUELA (15 min)**ANALISIS DE VARIANZA**

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	0.105637	0.052818	0.4631	0.684
ERROR	0.22813	0.114052		
TOTAL	0.52813			

C. V. = 7.634866 %

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
2	4.585 A
1	4.425 A
3	4.26 A

TUKEY = 1.6644

PORCENTAJE DE GRASA EN HOJUELA (15 min)**ANALISIS DE VARIANZA**

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	13.551758	6.775879	6.9959	0.074
ERROR	2.905762	0.968587		
TOTAL	16.45752			

C.V. = 3.003107 %

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
1	34.785 A
3	32.355 A
2	31.175 A

TUKEY = 4.8505

PORCENTAJE DE HUMEDAD EN MASA (20 min)**ANALISIS DE VARIANZA**

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	5.15625	2.578125	2.327	0.3
ERROR	2.21582	1.10791		
TOTAL	9.90625			

C.V. = 2.827218 %

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
2	38.435 A
3	37.075 A
1	36.18 A

TUKEY = 5.1876

PORCENTAJE DE HUMEDAD EN MASA (20 min)**ANALISIS DE VARIANZA**

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	5.15625	2.578125	2.327	0.3
ERROR	2.21582	1.10791		
TOTAL	9.90625			

C.V. = 2.827218 %

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
2	38.435 A
3	37.075 A
1	36.18 A

TUKEY = 5.1876

PORCENTAJE DE HUMEDAD EN HOJUELA (20 min)**ANALISIS DE VARIANZA**

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	0.178528	0.089264	34.3109	0.026
ERROR	0.005203	0.002602		
TOTAL	0.961334			

C.V. = 1.199203 %

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
1	4.45 A
2	4.28 AB
3	4.03 B

TUKEY = 0.2514

PORCENTAJE DE GRASA EN HOJUELA (20 min)**ANALISIS DE VARIANZA**

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	8.955078	4.477539	11.4625	0.039
ERROR	1.171875	0.390625		
TOTAL	10.126953			

C.V. = 1.988546 %

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
1	33.05 A
2	31.14 A
3	30.1 A

TUKEY = 3.0803

ANALISIS DE PORCENTAJE DE HUMEDAD EN MASA CON 100 % DE AMARANTO**ANALISIS DE VARIANZA**

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	4.04834	2.02417	5.169	0.163
ERROR	0.783203	0.391602		
TOTAL	4.837891			

C.V. = 1.714546

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
2	37.625 A
3	36.18 A
1	35.69 A

TUKEY = 3.0842

ANALISIS DE PORCENTAJE DE HUMEDAD EN HOJUELA 100% AMARANTO**ANALISIS DE VARIANZA**

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	0.292038	0.146019	0.652	0.583
ERROR	0.671844	0.223948		
TOTAL	0.963882			

C.V. = 11.052509

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
3	4.45 A
2	4.425 A
1	3.97 A

TUKEY = 2.3323

ANALISIS DE PORCENTAJE DE GRASA EN HOJUELA 100 % AMARANTO**ANALISIS DE VARIANZA**

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	4.271484	2.135742	5.1989	0.106
ERROR	1.232422	0.410807		
TOTAL	5.503906			

C.V. = 1.871820 %

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
1	34.89 A
2	34.785 A
3	33.05 A

TUKEY = 3.1589

ANALISIS DE PORCENTAJE DE HUMEDAD EN MASA 50 % AMARANTO / 50 % MAIZ**ANALISIS DE VARIANZA**

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	6.783203	3.391602	3.9154	0.204
ERROR	1.732422	0.866211		
TOTAL	12.549805			

C.V. = 2.495632 %

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
3	38.435 A
2	37.57 A
1	35.875 A

TUKEY = 4.587

ANALISIS DE PORCENTAJE DE HUMEDAD EN HOJUELA 50 % AMARANTO / 50 % MAIZ**ANALISIS DE VARIANZA**

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	0.13269	0.066345	0.8884	0.501
ERROR	0.224045	0.074682		
TOTAL	0.356735			

C.V. = 6.246385

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
2	4.585 A
3	4.28 A
1	4.26 A

TUKEY = 1.3465

ANALISIS DE PORCENTAJE DE GRASA EN HOJUELA 50 % AMARANTO / 50 % MAIZ

ANALISIS DE VARIANZA

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	3.03125	1.515625	1.3263	0.387
ERROR	3.428223	1.142741		
TOTAL	6.459473			

C.V. = 3.37647 %

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
1	32.665 A
2	31.172 A
3	31.14 A

TUKEY = 5.2686

ANALISIS DE PORCENTAJE DE HUMEDAD EN MASA 25 % AMARANTO / 75 % MAIZ

ANALISIS DE VARIANZA

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	2.53125	1.265625	0.3375	0.738
ERROR	11.25	3.75		
TOTAL	13.78125			

C.V. = 5.166274

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
2	38.4 A
3	37.075 B
1	36.975 C

TUKEY = 0.0000

ANALISIS DE PORCENTAJE DE HUMEDAD EN HOJUELA 25 % AMARANTO / 75 % MAIZ

ANALISIS DE VARIANZA

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	0.366531	0.183266	1.6762	0.325
ERROR	0.328003	0.109334		
TOTAL	0.694534			

C.V. = 7.677803 %

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
1	4.63 A
2	4.26 A
3	4.03 A

TUKEY = 1.6297

ANALISIS DE PORCENTAJE DE GRASA EN HOJUELA 25 % AMARANTO / 75 % MAIZ**ANALISIS DE VARIANZA**

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	5.881348	2.940674	1.0959	0.44
ERROR	8.050293	2.683431		
TOTAL	13.931641			

C.V. = 5.202853 %

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
2	32.355 A
1	32.00 A
3	30.10 A

TUKEY = 8.0735

ANALISIS DE PORCENTAJE DE HUMEDAD EN MASA DE AMARANTO CRUDO**ANALISIS DE VARIANZA**

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	6.385742	3.192871	435.9333	0.002
ERROR	0.014648	0.007324		
TOTAL	7.697266			

C.V. = 0.227017 %

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
3	38.27 A
1	36.25 B
2	28.575 C

TUKEY = 0.4218

ANALISIS DE PORCENTAJE DE HUMEDAD EN HOJUELA DE AMARANTO CRUDO**ANALISIS DE VARIANZA**

DESCRIPCION	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	0.617233	0.308617	1.4591	0.407
ERROR	0.423035	0.211517		
TOTAL	2.26429			

C.V. = 10.868299 %

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
2	4.615 A
3	4.25 A
1	3.83 A

TUKEY = 2.2667

ANALISIS DE PORCENTAJE DE GRASA EN HOJUELA DE AMARANTO CRUDO**ANALISIS DE VARIANZA**

DESCRIPCIÓN	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	5.640625	2.820313	4.6921	0.12
ERROR	1.803223	0.601074		
TOTAL	7.443848			

C.V. = 2.807834 %

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
3	28.7 A
1	27.79 A
2	26.345 A

TUKEY = 3.821

ANALISIS DE DIGESTIBILIDAD DE PROTEINA EN HOJUELA 25 % AMARANTO / 75% MAIZ**ANALISIS DE VARIANZA**

DESCRIPCIÓN	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	8.326172	4.163086	0.8644	0.506
ERROR	14.449219	4.816406		
TOTAL	22.775391			

C.V. = 3.043027 %

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
1	73.785 A
3	71.35 A
2	71.225 A

TUKEY = 10.8163

ANALISIS DE PROTEINA EN HOJUELA DE FRITA (15 min)**ANALISIS DE VARIANZA**

DESCRIPCIÓN	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	COEFICIENTE F	PROBABILIDAD F
TRATAMIENTOS	9.88208	4.94104	59.6273	0.004
ERROR	0.248596	0.082865		
TOTAL	10.130676			

C.V. = 2.616148 %

PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTO	MEDIA
1	12.53 A
2	11.09 B
3	9.39 C

TUKEY = 1.4187

RESULTADOS DE EVALUACION SENSORIAL

PANELISTA	MUESTRA 25 %/ 75 %			MUESTRA MAIZ		
	SABOR	TEXTURA	COLOR	SABOR	TEXTURA	COLOR
1	3	2	2	1	1	1
2	2	2	2	1	1	2
3	1	2	3	2	1	1
4	1	1	1	2	2	4
5	4	2	2	2	2	2
6	2	1	2	1	1	1
7	2	2	2	1	1	1
8	4	3	3	1	1	1
9	3	4	3	1	2	1
10	3	2	4	1	1	3
11	1	2	3	1	1	1
12	3	1	2	2	2	2
13	3	3	3	2	2	2
14	1	2	1	2	2	2
15	3	4	3	2	1	2
16	3	2	1	2	2	2
17	2	2	2	1	1	1
18	1	2	1	1	1	2
19	3	2	2	2	1	2
20	2	2	2	1	1	1
21	2	2	3	2	2	3
22	3	2	1	1	2	2
23	4	3	1	1	2	2
24	1	2	1	1	1	3
25	1	3	3	1	1	2
SUMA	58	55	53	35	35	46

MUESTRA DE BOLETA UTILIZADA EN ANALISIS SENSORIAL

PRUEBA SENSORIAL

Instrucciones: Se le presentan a continuación, dos muestras diferentes de hojuelas fritas. Evalúe en cada una lo siguiente: sabor, textura y color, usando la escala que se indica abajo. Tome agua antes de cada degustación. Luego encierre en un círculo el número de la muestra que más le guste.

Gracias por su colaboración

ESCALA

1. Muy bueno
2. Bueno
3. Agradable
4. Desagradable

Muestra 345

Sabor _____
Textura _____
Color _____

Muestra 510

Sabor _____
Textura _____
Color _____