



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

---

---

**FACULTAD DE QUIMICA**

**“Desarrollo de alimentos formulados con  
concentrado proteínico de amaranto:  
estudio fisicoquímico y propiedades de  
textura.”**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**QUIMICA DE ALIMENTOS**  
P R E S E N T A  
**FABIOLA HUERTA HERNANDEZ**



Facultad de Química  
UNAM

**MEXICO, D.F.**



**2004**

EXAMENES PROFESIONALES  
FACULTAD DE QUIMICA



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.


**JURADO ASIGNADO:**

|            |   |
|------------|---|
| Presidente | Prof. María de los Ángeles Valdivia López |
| Vocal      | Prof: Francisco Javier Casillas Gómez     |
| Secretario | Prof: Alfredo Salazar Zazueta             |
| 1er sup    | Prof: José Mendoza Balanzario             |
| 2do sup    | Prof: Karla Mercedes Díaz Gutiérrez       |

**Sitio donde se desarrolló el tema:**

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química,  
Departamento de Alimentos y Biotecnología,  
Laboratorio 322-323.


**ASESOR DEL TEMA:**



---

M.C. Ma. de los Ángeles Valdivia López


**SUPERVISOR TÉCNICO:**



---

Prof. Bertha Julieta Sandoval Guillén

**SUSTENTANTE:**



---

Fabiola Huerta Hernández

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México que me ha permitido cumplir una de mis más grandes metas en la vida.

A la M. C. María de los Ángeles Valdivia López por haberme asignado un proyecto tan importante y por su asesoramiento.

Al Dr. Alberto Tecante Coronel por su colaboración en el desarrollo de este trabajo.

Al Profr. Enrique Martínez Manrique por su ayuda en la realización de este trabajo.

A la Lic. Nérida Silva por su valiosa aportación a esta investigación.

A la Q.F.B. Julieta Sandoval Guillén por su asesoría y apoyo incondicional en esta investigación.

Al Departamento de Alimentos y Biotecnología de la Facultad de Química por todo el apoyo técnico hacia este trabajo.

## **DEDICATORIAS**

A mi padre, por ser mi plataforma de despegue, mi viento favorable y mi compañero de vuelo y después por dejarme volar sola. Sin ti no hubiera llegado.

A mi madre, por aceptar, comprender y compartir mis sueños.

A mis hermanos Martha, Oscar y Kathia Carolina, por ser parte de mi vida y por compartir cada momento de adversidad y felicidad.

A mi hermana Miriam, por ser mi compañera de clase, mi amiga y ahora mi colega.

A Claudia, por esa amistad lejana por la distancia, pero muy cercana en nuestro pensamiento.

A la Profra. Alma Esther por enseñarme el camino...tenías razón no puedo hablar de lo que no conozco.

A mis compañeros de laboratorio: Ernesto, Miriam, Elisa y Joanna por los buenos momentos que pasamos durante nuestra estancia en nuestro segundo hogar.

**“Visión sin acción es solo un sueño...  
Acción sin visión es solo pasar el tiempo...  
!Pero la acción con visión puede cambiar al mundo!”  
Nelson Mandela**

Que difícil parecía caminar hacia ese día, que pensaba ya no llegaría  
más y hoy el alma va desnuda más liviana ya sin dudas y mis pasos  
son dos ríos hacía el mar.

No me importa lo que cuesta mantenerme en la cubierta de esta barco  
que amenaza a naufragar, en mi rostro no hay penumbras hay un faro  
que me alumbra y un San Judas apretado al corazón

**ÍNDICE**

|   |    |
|---|----|
| <b>Introducción</b>   | 1  |
| <b>Objetivos</b>  | 3  |
| <b>Capítulo I. Antecedentes</b>   |    |
| 1.1 Antecedentes históricos   | 4  |
| 1.2 Características físicas, químicas y nutricionales                   | 8  |
| 1.2.1 Composición nutricional   | 14 |
| 1.3 Botanas   | 15 |
| 1.3.1 Definición  | 15 |
| 1.3.2 Las Botanas y la alimentación                                     | 16 |
| 1.3.3 Clasificación de botanas  | 17 |
| 1.4 Almidón   | 21 |
| 1.4.1 Gelatinización del almidón  | 23 |
| 1.4.2 Características de almidones utilizados en elaboración de botanas | 23 |
| 1.4.3 Botanas expandidas-indirectamente                                 | 25 |
| 1.4.4 Envasado de botanas   | 25 |
| 1.5 Propiedades de textura instrumental de botanas tipo fritura         | 26 |
| <b>Capítulo II. Materiales y Métodos</b>                                |    |
| Diagrama general de trabajo   | 28 |
| 2.1 Preparación de la muestra   | 29 |
| 2.2 Obtención del concentrado de amaranto                               | 29 |
| 2.2.1 Caracterización química de las fracciones                         | 29 |
| 2.2.2 Selección de las fracciones                                       | 30 |
| 2.3 Desarrollo de frituras  | 31 |
| 2.3.1 Estudio de ingredientes   | 31 |
| 2.3.2 Formulaciones   | 31 |

---

|  |    |
|--|----|
| 2.3.3 Pruebas fisicoquímicas   | 33 |
| 2.3.4 Análisis sensorial   | 33 |
| 2.3.5 Pruebas de textura instrumental de botanas tipo fritura                    | 34 |
| 2.3.6 Evaluación nutricional de la calificación química de las botanas           | 35 |
| <br>   |    |
| <b>Capítulo III. Resultados y discusión</b>                                      |    |
| 3.1 Molienda y tamización de la harina   | 38 |
| 3.2 caracterización química de las fracciones obtenidas y del aislado proteínico | 39 |
| 3.3 Obtención del aislado proteínico   | 40 |
| 3.4 Desarrollo de botanas  | 41 |
| 3.4.1 Elaboración de botanas   | 41 |
| 3.4.2 Pruebas fisicoquímicas a las botanas seleccionadas                         | 47 |
| 3.4.3 Análisis sensorial   | 50 |
| 3.4.4 Pruebas de textura   | 51 |
| 3.4.5 Evaluación nutricional de las botanas                                      | 54 |
| <br>   |    |
| <b>Conclusiones</b>  | 62 |
| <br>   |    |
| <b>Bibliografía</b>  | 64 |
| <br>   |    |
| <b>Anexo</b>   | 68 |



## INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos en México y en el mundo enfrenta una problemática muy compleja. Por una parte el aumento de la población impone nuevos retos para la producción; por otra, los cambios en los patrones culturales y la tecnificación de la agricultura han llevado a la reducción del espectro de los recursos vegetales utilizados en la alimentación del hombre. En este contexto el amaranto ha capturado el interés en las últimas décadas de quienes se han dado a la tarea de recuperar y revalorar algunos cultivos que por diferentes razones han caído en el olvido y que tienen un prometedor potencial de explotación. Una de las características más importantes del amaranto es, sin duda, su alto valor nutritivo, sobre todo cuando se compara con los cereales de uso convencional como el maíz y el trigo.

Se han reportado contenidos de proteína en amaranto que van de 15 a 17%, pero su importancia no radica sólo en la cantidad sino en la calidad de la proteína, ya que presenta un excelente balance de aminoácidos. Por su composición, la proteína del amaranto se asemeja a la de la leche y se acerca mucho a la proteína ideal propuesta por la FAO para la alimentación humana. Tiene un contenido importante de lisina, aminoácido esencial en la alimentación humana y que comúnmente es el limitante en otros cereales.

En México se tiene la ventaja de que el amaranto es identificado con la golosina conocida como "alegría", la cual se ha consumido desde hace muchos años. Sin embargo, existe la necesidad de introducir la semilla de amaranto en los sistemas de producción a través de la diversificación de su uso.

Recientes estudios sobre el consumo de botanas a nivel internacional indican que México tiene un consumo *per capita* de 2.51 kg/año y Estados Unidos 9.95 kg/año.

Las botanas son alimentos que han incrementado su producción y venta en nuestro país durante los últimos diez años, su popularidad ha crecido de manera muy importante. A pesar de la desaceleración del canasto de golosinas, la categoría de las botanas, se presenta estable, después de un fuerte crecimiento en el 2001, con una producción de 101 toneladas.

En el Distrito Federal, la tendencia fue que el consumidor final disminuyó el volumen de compra por ocasión, pero aumentó la frecuencia de sus adquisiciones.

Los productos fabricados con papa o sus derivados muestran una permanencia en el gusto, en tanto que los productos de extrudidos de queso van a la alza. No obstante las palomitas, por diversas circunstancias, están perdiendo importancia para los consumidores. Al igual que estas botanas, los chicharrones son parte de una tradición cultural relacionada con influencias regionales y étnicas.

Debido a que la industria de las botanas tiene repercusión importante en los consumidores, se ha considerado la posibilidad de enriquecer estos alimentos con el único objetivo de aumentar su valor nutritivo, rompiendo con todos los mitos y prejuicios que se han formado alrededor de estos alimentos divertidos y energéticos. Se ha menospreciado el valor de las botanas en la alimentación diaria, sin embargo, éstas aportan importantes nutrientes, que por supuesto deben combinarse con otros tipos de alimentos para lograr una dieta equilibrada.

En esta investigación se sugiere que el enriquecimiento se lleve a cabo con fracción de amaranto rica en proteína que proporcionen un elevado contenido de nutrientes y al mismo tiempo los gastos en la suplementación sean menores, logrando con esto que las propiedades funcionales y sensoriales no se distingan alteradas con respecto a las botanas tradicionales.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Desarrollar formulaciones para elaborar botanas utilizando concentrado proteínico de amaranto que aseguren las propiedades funcionales y sensoriales que caracterizan a estos productos.

### Objetivos particulares

- Establecer condiciones de proceso para la obtención de un concentrado proteínico de amaranto, utilizando semilla de amaranto *Amaranthus hypocondriacus*.
- Probar el concentrado y establecer las formulaciones adecuadas sustituyendo un porcentaje alto de harina de trigo o maíz por concentrado de amaranto sin afectar las propiedades funcionales que caracterizan al producto.
- Evaluar atributos sensoriales a través de pruebas con consumidores.
- Evaluar propiedades mecánicas de las botanas.
- Conocer el valor nutricional de las botanas desarrolladas mediante análisis de aminoácidos.

## 1 Antecedentes

### 1.1 Antecedentes históricos

El amaranto fue un cultivo fundamental entre las civilizaciones prehispánicas del Nuevo Mundo. Su presencia data de cerca del año 400 A.C., en la región del valle de Tehuacan, México.

Moctezuma, gobernante azteca, exigía un tributo de 40,000 toneladas de este grano a su vasto imperio. Los aztecas lo nombraban "huauhtli". Era utilizado para tradiciones religiosas de los antepasados, mezclando la semilla con sangre para la elaboración de ídolos como Huizilopochtli o los grandes sacerdotes lo usaban como fuente de fuerza e iluminación mística. Con la llegada de los españoles, debido a las costumbres religiosas, los sacerdotes de aquella época ordenaron la exterminación del cultivo por la semejanza del culto religioso del pueblo indígena con la de la celebración de la comunión. También formaba parte de la alimentación de los que realizaban labores pesadas (Congreso Internacional del Amaranto 1991).

Sin embargo los vencidos mantuvieron en el mayor de los secretos el cultivo del amaranto, arriesgándose y sufriendo en ocasiones la pena de muerte decretada por Hernán Cortés.

En México el amaranto constituyó uno de los cultivos básicos en la alimentación junto con el maíz, frijol, calabaza y chiles de diferentes especies.

### Origen

Pertenece a la familia Amaranthaceae. El género *amaranthus* está compuesto por 50 especies, pero después de varios estudios se ha llegado a la conclusión de que las especies de semillas comestibles se reducen a: *Amaranthus hypocondriacus*, *Amaranthus cudautus* y *Amaranthus cruentus* (National Academy of Sciences, 1975 en Flores, 1994).

De las tres especies anteriores, solo *Amaranthus cruentus* y *Amaranthus hypocondriacus* se cultivan en México y *Amaranthus caudatus* en Sudamérica (Trinidad et al., 1986).

Clasificación botánica y descripción de la planta (Becker et al., 1981,1984)

|              |                                  |
|--------------|----------------------------------|
| Reino:       | Vegetal                          |
| División:    | Embryophyta Syphonograma         |
| Subdivisión: | Angiospermae                     |
| Clase:       | Dicotiledonea                    |
| Subclase:    | Archiclomidae                    |
| Grupo:       | Thalamifloreae                   |
| Orden:       | Caryophyllales                   |
| Género:      | Amaranthus                       |
| Especie:     | <i>Amaranthus hypocondriacus</i> |

Son plantas herbáceas de 1 a 1.5 metros, con hojas largamente pecioladas, oblongo-elípticas u ovals, angostadas en ambas extremidades y de color rojo morado. Las flores son pequeñas de color carmesí y se presentan en espigas muy apretadas o panículas. Esta es una planta tropical. Algunas especies poseen espinas u en los tallos pecíolos se aprecia y se acentúa más esta coloración rojiza. Esta coloración se debe a la presencia de betalainas (FAO, 2001).

Las flores son escariosas, es decir sin corolas; presentan 5 estambres, y toda la inflorescencia aparece en colores rojizos. Las semillas son lenticulares o globosas, negras y brillantes, con bastante endospermo. México es centro de origen de varias especies del género *Amaranthus* (Espitia, 1994).



Fig 1. Planta de amaranto

### **Características generales del cultivo**

El amaranto es una planta eficiente en su proceso fotosintético, ya que es una planta C4, mecanismo de fijación de carbono que supera la eficiencia al resto de las plantas CAM y C3. Las plantas con ruta C4 crecen, en general más rápidamente y responden bajo condiciones ambientales adversas. Hacen uso más eficiente del agua consumida para formar biomasa, en comparación con las plantas C3. El cultivo de amaranto se desarrolla mejor cuando la temperatura es alta, alcanzando cuando menos los 21°C, con un óptimo de temperatura para la germinación entre los 16 y 35°C. Su nivel de rapidez de maduración se incrementa cuando las temperaturas alcanzan el límite superior de este intervalo.

*Amaranthus hypocondriacus* y *Amaranthus cruentus* toleran temperaturas altas y no resisten temperaturas bajas ni heladas, su crecimiento cesa a los 8°C y las plantas se dañan a los 4°C (National Research Council, 1984 en Flores Maribel, 1994).

El amaranto por ser un cultivo de ciclo corto, tolerante a la sequía, con un alto valor nutritivo y con múltiples usos y formas de aprovechamiento se considera como un cultivo de alternativa para muchos lugares donde hay escasez e irregularidad de lluvias y donde incluso, se presentan problemas de abasto de alimentos que dañan la salud poblacional (INIFAP Tomo 1, 1997 y 1998).

### **Distribución nacional**

Las zonas de México donde se está cultivando el amaranto es en la Sierra Madre Occidental, llanura costera del Golfo de California y del Pacífico; altiplanicie mexicana y Sierra madre del Sur.

Hoy en día aunque el cultivo del amaranto ha desaparecido de muchas comunidades, existen lotes para autoconsumo familiar y a pequeña escala comercial en varios lugares de los valles altos de la mesa central como: Tlaxcala, Morelos, Distrito Federal Puebla y Michoacán (Trinidad et al., 1986).

Actualmente la producción comercial de amaranto se concentra en 4 regiones productoras, todas ellas de temporal (Espitia, 1990).

1. San Miguel del Milagro, Nativitas, San José Atoyatenco y San Felipe Ixtacuixtla en el estado de Tlaxcala.
2. Huauzulco, Amilcingo, Jantetelco y Ameyulca en el estado de Morelos.
3. Tulyehualco, Nativitas, Milpa Alta y Xochimilco en el Distrito Federal.
4. Huauquechula, Santiago Tecla y Tulcongo del Valle en el estado de Puebla.

En el año agrícola 1990-1991 la superficie nacional sembrada con amaranto fue de 662 has. Fueron diez las entidades que presentaron ese cultivo, destacando por su participación Puebla con 446 has que representaron 70% de la superficie sembrada con esta amarantacea.

Las nueve entidades restantes en su conjunto aportaron una superficie de 197 has sembradas de amaranto. La producción nacional en el año de referencia fue de 426 toneladas y los rendimientos promedio nacionales, en ton/ha, fueron 0.702 en el ciclo primavera-verano y de 0.771 en el ciclo otoño - invierno.

## 1.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y NUTRICIONALES

Técnicamente el grano de amaranto es considerado como un pseudocereal, ya que tienen características similares a las de los granos de cereales verdaderos como los de la monocotiledóneas (Breene, 1991). Al igual que éstos, tienen cantidades importantes de almidón, con la diferencia de que este se encuentra almacenado en el perispermo y el embrión ocupa gran parte del grano, conformando así una buena fuente de lípidos y también de proteínas. Sin embargo, por ser una dicotiledónea, no es considerado como un cereal verdadero. Las semillas de amaranto son muy pequeñas, generalmente miden de 1.0 a 1.5 mm de diámetro, son de forma lenticular y llegan a pesar de 0.6-1.0 g/1000 semillas.

El germen y el salvado constituyen el 26% del peso total de la semilla y el 74% restante corresponde al endospermo. El germen puede contener como máximo 30% de proteína y un 20% de aceite. El salvado tiene un alto contenido de proteína, fibra cruda, vitaminas y minerales, ya que cuando la semilla es sometida a proceso de molienda estos nutrientes se concentran en el mismo salvado.

El almidón es el componente más abundante de la semilla y se localiza en el perispermo; constituido principalmente por pequeños gránulos (aproximadamente de una micra de diámetro) de estructura dodecahédrica de amilosa y amilopectina, esta última se encuentra en mayor proporción y sólo 5-7% de amilosa. Estos gránulos de almidón tienen una gran capacidad de absorción de agua.



Dependiendo de la variedad, la semilla de amaranto es una fuente excepcional de proteína, que va de 14-16% (Becker et al., 1984).

**Tabla 1. Composición química de la semilla de *Amaranthus hypocondriacus***  
(base seca g/100g)

| Nitrógeno<br>(%)  | Proteína <sup>a</sup><br>% | Grasa<br>% | Fibra<br>% | Cenizas<br>% |
|-------------------|----------------------------|------------|------------|--------------|
| 2.97 <sup>b</sup> | 17.4                       | 8.0        | 4.3        | 3.0          |
| 2.67 <sup>c</sup> | 15.6                       | 6.1        | 5.0        | 3.3          |

a N x 5.85

b Becker et al., 1981.

c Cheeke and Bronson, 1981..

Referencia: Saunders y Becker, 1983.

La composición química de la semilla es comparada con variedades convencionales como son trigo (12-14%), arroz (7-10%), maíz (9-10%) y otros cereales altamente consumidos (ver tabla 2).

**Tabla2. Composición aproximada del grano de amaranto y de algunos cereales.** (base seca g/100g)

| Composición    | amaranto          | trigo             | maíz              | sorgo             | arroz            |
|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Humedad        | 8.0               | 12.5              | 13.8              | 11.0              | 11.7             |
| Proteína cruda | 15.8 <sup>b</sup> | 14.0 <sup>c</sup> | 10.3 <sup>d</sup> | 12.3 <sup>e</sup> | 8.5 <sup>d</sup> |
| Grasa          | 6.2               | 2.1               | 4.5               | 3.7               | 2.1              |
| Fibra          | 4.9               | 2.6               | 2.3               | 1.9               | 0.9              |
| Cenizas        | 3.4               | 1.9               | 1.4               | 1.9               | 1.4              |
| Calorías/100 g | 366               | 343               | 352               | 359               | 353              |

a. Nx5.85

b. Nx5.7

c. Nx6.25

d. Nx5.8

Referencia: Paredes et al. (s/f)

Se debe considerar que la semilla de amaranto contiene niveles elevados de lisina y triptófano que son aminoácidos deficientes en cereales de uso convencional.

**Tabla 3. Aminoácidos esenciales de *Amaranthus caudatus* en comparación con otros cereales (gramos de AA/16 gramos de N.).**

| AMINOÁCIDO | AMARANTO | TRIGO | MAÍZ | SORGO | ARROZ | AVENA |
|------------|----------|-------|------|-------|-------|-------|
| Cistina    | 2.3      | 2.0   | 1.3  | 1.7   | 1.3   | 2.0   |
| Isoleucina | 3.6      | 4.0   | 4.6  | 5.4   | 4.5   | 4.8   |
| Lisina     | 5.1      | 2.6   | 2.9  | 2.7   | 3.8   | 3.4   |
| Leucina    | 5.3      | 6.3   | 13.0 | 16.1  | 8.2   | 7.0   |
| Metionina  | 22       | 1.4   | 1.9  | 1.7   | 1.7   | 1.4   |
| Treonina   | 3.4      | 2.7   | 4.0  | 3.6   | 3.7   | 3.1   |
| Triptófano | 0.9      | 1.2   | 0.6  | 1.1   | 1.0   | 1.2   |

Fuente: **BRESSANI & ELIAS**, 1961 citado por **GUILLEN**, 1990.

Además contiene niveles apreciables de ácido oleico, linoléico, linolénico y araquidónico.

**Tabla 4. Composición de ácidos grasos**

| g/100g de grasa |                    |                   |
|-----------------|--------------------|-------------------|
| Ácidos grasos   | % de ácidos grasos | %de metil ésteres |
| Palmítico       | 18.1               | 13.4              |
| Estearico       | 4.6                | 2.7               |
| Oleico          | 26.7               | 20.4              |
| Linoleico       | 49.4               | 62.1              |
| Linolénico      | 0.90               | 1.06              |

Referencia: Carlsson, 1980

El contenido de azúcares encontrados en la semilla es casi el doble de los encontrados en el trigo, cebada y mijo (1.65%).

Los azúcares presentes en la semilla de amaranto son: rafinosa en un 0.84%, maltosa en un 0.22%, estaquiosa en un 0.06%; estos pueden ser indicadores de la actividad amilásica en el periodo de postcosecha de la semilla. (Becker *et al*, 1984).

El contenido de Nitrógeno proviene del fertilizante adicionado para el mejoramiento del cultivo y la cantidad encontrada en la semilla es muy variable.

Es importante mencionar que Jones, propone un factor de conversión para la proteína de 5.8, más tarde Becker propone 5.85 aunque en otras especies se reportan valores de 6.25, otros autores como Carlsson, reportan 5.2-5.6 (National Research Council,1984).

**Tabla 5. Contenido de aminoácidos en la semilla**

| Aminoácido      | g/16g N           |                  |                  |                  |                  |
|-----------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Isoleucina      | 3.85 <sup>1</sup> | 3.9 <sup>2</sup> | 4.9 <sup>3</sup> | 3.4 <sup>4</sup> | 3.9 <sup>5</sup> |
| Leucina         | 5.98              | 5.7              | 7.5              | 6.0              | 6.0              |
| Lisina          | 5.80              | 5.5              | 7.0              | 4.3              | 6.0              |
| Metionina       | 1.95              | 2.6              | -----            | 1.6              | 2.2              |
| Cisteina        | 2.20              | 2.1              | -----            | -----            | 1.2              |
| Fenilalanina    | 3.96              | 4.0              | 10.1             | 6.9              | 4.4              |
| Tirosina        | 2.97              | 3.3              | -----            | -----            | 3.8              |
| Treonina        | 3.93              | 3.6              | 4.5              | 5.2              | 3.7              |
| Triptófano      | 1.04              | ----             | 1.6              | 0.8              | ----             |
| Valina          | 4.40              | 4.5              | 5.5              | 3.8              | 4.5              |
| Alanina         | 5.12              | ----             | 4.9              | ----             | 3.9              |
| Arginina        | 7.37              | -----            | 13.0             | 5.5              | 10.5             |
| Acido aspártico | 8.35              | -----            | 11.0             | ----             | 8.9              |
| Ácido glutámico | 15.88             | -----            | 22.1             | ----             | 17.9             |
| Glicina         | 9.04              | 7.4              | 10.5             | -----            | 8.5              |
| Histidina       | 161               | 2.5              | 3.6              | 2.2              | 2.9              |
| Prolina         | 5.34              | -----            | 5.6              | -----            | 4.5              |
| Serina          | 7.34              | 6.3              | 8.4              | -----            | 6.7              |

1 Saunders et al., 1984

2 Carlsson, 1980

3 Tovar, Brito, Takahasshi y Soriano, 1987

4 Sánchez Marroquín, 1980

5 Tovar, Barrios, Valdivia, 1984

Los niveles de Fósforo, Calcio y Magnesio contenidos en las semillas son más altos que los niveles encontrados en los cereales consumidos tradicionalmente. La relación P/Ca es de interés y varía entre 1.9 a 2.6. Es importante señalar con fines nutrimentales, el alto nivel de hierro, que es más alto una vez más que el encontrado en granos de cereales. (Ver Tabla 6).

**Tabla 6. Contenido de minerales en la semilla**  
(base seca)

| Mineral   | mg/100 g |
|-----------|----------|
| Fósforo   | 600      |
| Potasio   | 563      |
| Calcio    | 244      |
| Magnesio  | 342      |
| Sodio     | 23       |
| Fierro    | 53       |
| Cobre     | 2.40     |
| Manganeso | 3.5      |
| Zinc      | 3.8      |

Referencia: Bressani et al., (1987)

El contenido de vitaminas como la tiamina y la niacina se encuentran en una concentración más baja que en los granos de cereales. Sin embargo, la riboflavina está presente en altas cantidades. (Ver Tabla 7).

**Tabla 7. Contenido de vitaminas en la semilla**

| Vitamina        | mg/100g     |
|-----------------|-------------|
| Tiamina         | 0.14 - 0.25 |
| Riboflavina     | 0.29 - 0.32 |
| Niacina         | 1.00 - 1.15 |
| Biotina         | -----       |
| Ácido fólico    | -----       |
| Ácido ascórbico | 2.8 - 3.0   |

Referencia: Paredes et al. (s/f)

### 1.2.1 Composición nutricional.

Fue en 1972 cuando Dowton , (National Research Council,1984) fisiólogo australiano, dedicado a la investigación encontró que el valor nutritivo de las semillas de amaranto es muy elevado, sobre todo por el balance de aminoácidos esenciales que contiene y que son importantes para la dieta del hombre, precisamente por el elevado contenido de lisina respecto a los demás cereales convencionales lo hace muy atractivo.

**Tabla 8. Calificación química de los cereales.**

| <b>Cereal</b>       | <b>Calificación<br/>%</b> |
|---------------------|---------------------------|
| Maíz                | 44                        |
| Trigo               | 60                        |
| Soya                | 68                        |
| Leche de vaca       | 72                        |
| Semilla de amaranto | 81                        |

Como se puede observar en la tabla 8, la calificación química o valor biológico de la semilla de amaranto es de 81% (Pomeranz., 1978), superior a los cereales de mayor consumo como son el trigo, maíz e inclusive la leche, que desde el punto de vista nutricional es considerada en segundo término uno de los alimentos indispensables. Si se combina maíz con semilla de amaranto en forma de harina para elaborar tortilla, el valor teórico que alcanza el producto final es cercano a 100%, una calificación casi perfecta ya que al hacer referencia al balance de aminoácidos en la suplementación, se encuentra que esta es bastante satisfactoria pues mientras el amaranto es abundante en lisina, el maíz lo es en leucina, sobre todo este último que ha sido considerado como limitante en el amaranto por algunos autores (Soriano, 1987).

Por otro lado el valor encontrado de PER para la semilla de amaranto es de 1.5 – 2.0 (el valor para la caseína es de 2.5), esto es ligeramente inferior al valor de la caseína.

Respecto a los factores antinutricionales como son las saponinas, inhibidores de tripsina y taninos que se encuentran en la semilla de amaranto están en niveles similares a los que se localizan en algunas leguminosas y otros granos como el sorgo. Lo que lleva a pensar que pueden ser inactivados fácilmente por ser termolábiles. Aunque se hace necesaria mayor información sobre estos componentes, pero por el momento no hay consideración alguna para presentar algún peligro a nivel nutricional.

Se debe tomar en cuenta que la semilla de amaranto cocinada es 90% digerible. Adicionalmente hay que mencionar que el valor nutricional de la semilla de amaranto de manera general resulta de gran interés pues además de la proteína, hay que hacer notar que los ácidos grasos, vitaminas y minerales, se encuentran en cantidades lo suficientemente elevadas para ser considerado un alimento completo.

## **1.3 BOTANAS**

### **1.3.1 Definición**

Se le llama botana a los productos de pasta de harinas, de cereales, leguminosas, tubérculos o féculas; así como de granos, frutas, frutos, semillas o leguminosas con o sin cáscara o cutícula, tubérculos; productos nixtamalizados y extrudidos o tostados, adicionados o no con sal y otros ingredientes opcionales y aditivos para alimentos. (PROY-NOM-216-SSA1-2002).

### 1.3.2 Las Botanas y la alimentación

Las botanas, como alimento, contienen ciertos nutrimentos que no pueden despreciarse, a pesar de las opiniones que se han empeñado en descalificarlas. Pueden aportar elementos valiosos, pero necesariamente deben combinarse con otros alimentos para construir una dieta correcta.

La sal contenida en las botanas es fuente de preocupación entre los consumidores. Se recomienda que la ingesta diaria no exceda los 2.400 miligramos. Hay botanas que contienen cantidades pequeñas, como las frutas deshidratadas y las semillas en forma natural. El sodio es indispensable en el equilibrio de los líquidos corporales y la transmisión de los impulsos nerviosos, así como la regulación de la presión arterial. Sin embargo, el consumo excesivo de este nutriente puede causar hipertensión en personas susceptibles.

Debido a que la fritura es uno de los métodos de cocción predilectos entre los productores de botanas, el contenido de lípidos es alto. Hay otros métodos de cocción, como el tostado, el asado y la deshidratación que van ganando popularidad en la industria, ofreciendo mayor variedad y menor densidad energética. Cuando se trata de frituras los productores deben privilegiar el uso de ácidos grasos monoinsaturados, como el que se encuentra en el aceite de canola.

Las botanas son generalmente una buena fuente de energía. La energía es necesaria para vivir, crecer y desarrollar actividad física. El monto de la energía proporcionada depende de la cantidad de hidratos de carbono, aminoácidos y de ácidos grasos.

El requerimiento o las necesidades de energía dependen de cada persona, de acuerdo al sexo, edad, tamaño corporal y actividad física, que desarrolle etc. Durante la etapa de crecimiento del ser humano, los requerimientos energéticos son muy altos, en tanto que al llegar a la vida adulta van disminuyendo a razón de 2 por ciento cada década.



Sin importar la fuente que genere la energía, lípidos proteínas o carbohidratos, la energía que no se utiliza se almacena en forma de grasa corporal. De esta manera se ha determinado que la obesidad se produce no por el consumo de un alimento en particular, sino por que el total de la energía que se ingiere sobrepasa el total de la utilizada y por tanto se produce un excedente que se almacenará. Sin embargo, la alimentación rica en lípidos, promueve aun más la acumulación excesiva de energía.

Las botanas son alimentos que han incrementado su producción y venta en nuestro país durante los últimos diez años, su popularidad ha crecido de manera muy importante.

Estudios recientes sobre el consumo de botanas a nivel internacional indican que México tiene un consumo *per capita* de 2.51 kg/año y Estados Unidos 9.95 kg /año.

A pesar de la desaceleración del canasto de golosinas, la categoría de las botanas, se presenta estable, después de un fuerte crecimiento en el 2001, con una producción de 101 toneladas. (Directorio Nacional de Fabricantes de Botanas, 2003).

### **1.3.3 Clasificación de botanas**

La industria productora de botanas de cereales es cada día más grande e importante. En general, la manufactura de botanas se puede dividir en tres grandes categorías:

- 1) Productos enteros
- 2) Productos nixtamalizados
- 3) Productos extrudidos

Esta última categoría se puede subdividir en productos expandidos directos, productos obtenidos a través de "pellets" y masas formadas en el extrusor para ser posteriormente freídas y terminadas con otro tipo de tratamiento térmico (generalmente freído).

### **1.3.3.1 Productos enteros**

Indudablemente, las palomitas o rosetas de maíz constituyen el producto más importante de esta categoría. Las palomitas son consideradas como la botana más antigua y en la actualidad sigue siendo ampliamente consumida y comercializada. Se tienen claras evidencias del uso del maíz reventado por las culturas antiguas inca y norteamericana (Serna, 1996).

Las palomitas, a diferencia de otras botanas, han recibido buena aceptación entre nutriólogos dado su bajo contenido de aceite, alta cantidad de carbohidratos complejos y apropiado contenido de fibra dietética.

La calidad del producto reventado está fuertemente dictaminado por el genotipo y condición del grano. El volumen de expansión es indudablemente el factor de calidad más crítico dado que las palomitas son generalmente vendidas por volumen y no por peso. Además, una buena expansión se traduce en una buena textura. Un buen maíz palomero tiene un volumen de expansión de 30 –40 veces. El maíz palomero es de clase no dentada, generalmente de color amarillo y endospermo de textura vítrea.

El pericarpio es grueso y sirve como olla de presión en el momento en que el grano es reventado. El porcentaje de humedad del grano definitivamente influye en la cantidad de granos que revientan y también en su tasa de expansión. Generalmente, el grano tiene un buen comportamiento cuando contiene de 12-13% de humedad. (Serna, 1996).

### 1.3.3.2 Productos nixtamalizados

La nixtamalización es el proceso en el cual los granos, generalmente maíz, son cocidos con agua y cal para formar nixtamal. Este proceso fue primeramente utilizado por las culturas mesoamericanas para la manufactura de muchos alimentos típicos que fueron y son el sustento principal de los pueblos mexicanos y centroamericanos.

La popularidad de estos productos prácticamente ha alcanzado todo el mundo. El mercado de botanas nixtamalizadas se han incrementado drásticamente durante los últimos 10 años. En Estados Unidos, las botanas nixtamalizadas ocupan actualmente el segundo lugar, después de las papas fritas, en volumen de producción (500,000 ton de producto), segmento del mercado (25.8%) y ventas, las cuales en 1993 alcanzaron 3500 millones de dólares. Las estadísticas de los últimos 10 años indican que el índice de crecimiento en ventas es más alto (7% de crecimiento anual) que el de papas fritas, lo que puede ocasionar que en algunos años las botanas nixtamalizadas puedan alcanzar incluso desplazar al mercado de las papas fritas.

Básicamente existen dos tipos de botanas nixtamalizadas: las manufacturadas a partir de masa y aquellas obtenidas a partir de tortillas.

Para la producción de fritos nixtamalizados, la masa resultante es formada en la configuración deseada por medio de un sistema de pistón hidráulico que opera como extrusor, la cual fuerza a la masa a través de un dado. Los pedazos de masa con 52-54% de humedad son freídos a temperaturas de 165-180°C por 50-70 seg. Durante el freído, la masa pierde casi toda la humedad, solidifica y absorbe entre 34-38% de aceite. El producto finalmente es salado y, o saborizado, enfriado a temperatura ambiente inmediatamente envasado en bolsas aluminizadas e impermeables.

Para la producción de botanas a partir de tortillas, la masa gruesa con 54% de humedad es laminada y cortada en diferentes configuraciones (triángulos, pequeños círculos) para posteriormente circular a través de un horno de tres pasos para producir tortillas. El uso de masa gruesa, la cual permite escapar al vapor de agua, aunado con un buen gradiente de temperatura resulta un buen producto para freír. Los pedazos de tortilla con aproximadamente 36-42% de humedad son enfriados equilibrados y freídos.

Esta última operación generalmente se realiza en freidores continuos, los cuales operan a temperaturas de 180°C y están regulados para dar un tiempo de residencia de aproximadamente un minuto. El producto final con 1.5% de humedad y 20-24% de aceite tiene un sabor más fuerte que el de los fritos nixtamalizados debido al desarrollo de compuestos saborizantes (reacciones de oscurecimiento) durante el horneado. Al igual que los fritos, los tostitos son salados y, o saborizados inmediatamente de ser freídos. (Serna, 1996).

### **1.3.3.3 Productos extrudidos**

Existen dos tipos de extrusión aplicada hacia la producción de alimentos: extrusión en frío y termoplástica. Indudablemente, el proceso más popular y versátil es la extrusión termoplástica, donde la combinación de calor y esfuerzos mecánicos propician la gelatinización y dextrinización de los gránulos de almidón, la desnaturalización de las proteínas, la inactivación de enzimas que afectan negativamente la vida de anaquel, la destrucción de compuestos antinutricionales y la drástica o total eliminación de cuentas microbianas en el producto a la salida del extrusor. Los cambios en las propiedades del almidón y la proteína resultan en la formación de un material plástico capaz de ser formado o reestructurado.

Desde el punto de vista funcional, la extrusión termoplástica se puede subdividir en dos grandes ramos: extrusión de productos expandidos y extrusión de productos intermedios o "pellets". En la primera aplicación, el extrusor se usa

para expandir directamente el material de alimentación, el cual es un producto casi terminado. En el proceso de producción de comprimidos generalmente se usan dos extrusores: uno cocedor y otro formador. Los productos resultantes, industrialmente llamados pellets o "productos intermedios", que han sido definidos como alimentos que una vez que son freídos en aceite, expanden rápidamente en un producto de baja densidad, requieren otros procesos adicionales para llegar al consumidor. Las operaciones adicionales al proceso de extrusión incluyen tamizadores, tambores recubridores o aplicadores de saborizantes, sistemas de aspersion, secadores, máquinas infladoras de comprimidos integrados a hornos, freidores y sistemas de envasado y embalaje (Serna, 1996).

#### 1.4 ALMIDÓN

La mayor reserva de energía en casi todas las plantas es el almidón, siendo muy abundante en semillas, raíces y tubérculos. De todos los polisacáridos, es el único producido universalmente en pequeños agregados individualmente, denominados gránulos (Fennema, 1993).

Químicamente el almidón consta de dos polisacáridos: amilosa y amilopectina.

La amilosa es una cadena lineal que contiene hasta 4,000 restos glucosilo, unidos a través de enlaces  $\alpha$ -1,4 glucosídicos (Fig 2).

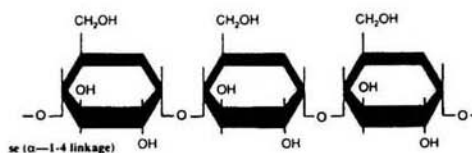


Fig. 2. Estructura de la amilopectina

La amilopectina es un polímero ramificado, constituido por repetidas unidades de glucosa unidas por enlaces  $\alpha$ -1,4 y ramificado a través de enlaces  $\alpha$ -1,6 (Fig 3).

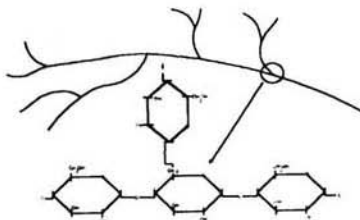


Fig. 3. Estructura de la amilosa

En disolución acuosa, la amilosa se encuentra en su mayor parte en una configuración enrollada al azar y en pequeñas proporciones en una configuración pseudohelicoidal, con un giro a la izquierda (Wong, 1995).

En términos generales, los almidones contienen aproximadamente 17-27% de amilosa y el resto de amilopectina. Algunos cereales como el maíz, el sorgo y el arroz tienen variedades llamadas "céreas" las cuales están constituidas casi únicamente por amilopectina, hay otras que tienen hasta 90% de amilosa. La concentración relativa de estos dos polímeros está regida por factores genéticos típicos de cada cereal.

Tanto la amilosa como la amilopectina influyen de manera determinante en las propiedades sensoriales y reológicas de los alimentos, principalmente mediante su capacidad de hidratación y gelatinización.

### 1.4.1 Gelatinización del almidón

Los gránulos del almidón intactos no son solubles en agua fría, pero puede embeber pequeñas cantidades de agua de forma reversible, ocasionando un pequeño hinchamiento, sin embargo, cuando se incrementa la temperatura, las moléculas del almidón vibran vigorosamente, rompiendo los enlaces intermoleculares y permitiendo así la formación de puentes de hidrógeno con el agua. La penetración del agua, así como la separación progresiva de más y mayores segmentos de cadenas de almidón, aumenta el azar de la estructura general y disminuye el número y tamaño de regiones cristalinas. El calentamiento continuo en presencia de agua abundante resulta en la completa pérdida de cristalinidad, como puede apreciarse por la pérdida de birrefringencia y la naturaleza de la refracción de rayos X. El momento en que desaparece la birrefringencia se conoce como "punto de gelatinización" o "temperatura de gelatinización". Normalmente esta se produce en un estrecho margen de temperatura, gelatinizando primero los gránulos más grandes y por último los más pequeños, si bien éste no es un comportamiento universal.

Como consecuencia de ello, mientras una suspensión de gránulos al 1% en agua fría posee una muy baja viscosidad, por calentamiento se obtiene una pasta viscosa en la que casi toda el agua ha penetrado en los gránulos. Con el hinchamiento los gránulos ejercen una fuerte presión unos contra otros, a modo de celdillas de panal. La viscosidad de la pasta resulta de la resistencia del flujo de los gigantescos gránulos, los cuales ocupan todo el volumen de la pasta formada (Fennema, 1993).

### 1.4.2 Características de almidones utilizados en la elaboración de botanas

Los almidones utilizados en la elaboración de botanas expandidas—indirectamente, requieren de una modificación física llamada pregelatinización.

La pregelatinización consiste en cocer y gelatinizar el almidón para producir un material que se hincha una vez que es hidratado. Los almidones pregelatinizados desarrollan viscosidad una vez que absorben agua para lo que se necesita calor o presión. La viscosidad del almidón mejora las propiedades de operación y formado de la masa usada para la elaboración de botanas expandidas–indirectamente (Ver tabla 9).

Otro ingrediente usado comúnmente para el control de la viscosidad de la masa durante la extrusión es la maltodextrina. Las maltodextrinas son almidones hidrolizados con un DE de 20 o menor.

La adición de maltodextrinas además ayuda a conseguir una expansión constante y una textura crujiente. (Huang, 2001).

**Tabla 9. Características de algunos almidones usados en la industria alimentaria.**

| Tipo                 | Amilopectina (%) | Amilosa (%) | Temperatura de gelatinización °C | Tamaño del gránulo (micras) |
|----------------------|------------------|-------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Maíz                 | 75               | 25          | 62-72                            | 5-25                        |
| Maíz rico en amilosa | 30-45            | 55-70       | 67-80                            | 5-25                        |
| Papa                 | 80               | 20          | 56-87                            | 5-100                       |
| Arroz                | 83               | 17          | 62-78                            | 2-5                         |
| Tapioca              | 81               | 19          | 51-65                            | 5-35                        |
| Maíz céreo           | 99               | 1           | 63-72                            | 5-25                        |
| Sorgo céreo          | 99               | 1           | 67-74                            | 5-25                        |
| Trigo                | 75               | 25          | 58-64                            | 11-41                       |
| Amaranto             | 92.40            | 7.60        |                                  | 1-3                         |

\*Referencia: D. Huang. (2001), Paredes et al. (s/f)



### **1.4.3 Botanas expandidas-indirectamente**

Las botanas expandidas-indirectamente pueden ser formadas usando un extrusor de tornillo simple o mezclando en una batidora y posteriormente dándoles forma con un rodillo, el contenido de humedad en la masa es de 20-30%, la temperatura de calentamiento es de 75 –120°C. Los productos extrudidos se secan hasta llegar a un contenido de humedad de 6 –10% antes de su reconstitución.

La vida de anaquel de los productos intermedios o botanas expandidas-indirectamente es muy estable. Los almidones son usados para proporcionar una distribución de la humedad uniforme, buena capacidad de retención de gas y la estructura no expandida de la extrusión

Aunque la calidad de los productos expandidos depende de muchos factores, como: materia prima, formulación y condiciones de proceso; los almidones juegan un papel muy importante en el control de la textura y la apariencia final del producto. Dependiendo del tipo de producto, los almidones y sus derivados pueden proporcionar control en la viscosidad y la textura, actuando como ligador de la humedad y facilitando el procesamiento (Serna, 1996).

#### **1.4.4 Envasado de botanas**

Existen básicamente dos mecanismos de deterioro de botanas envasadas que son la pérdida de crujencia y rancidez oxidativa. Las botanas se caracterizan por contener un alto contenido de aceite y baja humedad al momento de ser envasadas. El material de envasado debe ser diseñado para impedir la oxidación de los lípidos e impedir la ganancia de humedad del producto. El material de envasado debe ser una buena barrera contra el oxígeno, la luz y la humedad ambiental. Para poder proporcionar estos requerimientos es necesario producir envases multilaminados que están diseñados para que pueda contener una atmósfera inerte que retarde la oxidación de lípidos y minimice la rotura del

producto envasado. Tradicionalmente la mayoría de los productos eran envasados en plásticos multilaminados con películas de polipropileno de alta o de baja densidad recubiertos con cloruro de polivinilo. Este tipo de material de envasado presenta la desventaja de que no impide la entrada de luz ultravioleta. Actualmente se fabrican estos materiales de envasado con compuestos que absorben la luz ultravioleta y dióxido de titanio o con cada día más populares plásticos aluminizados. Estos nuevos materiales prolongan hasta 10 veces más la vida de anaquel de algunos tipos de botanas (Serna, 1996).

### **1.5 Propiedades de textura instrumental de botanas tipo fritura.**

Los términos crujiente (crispy) y crocante (crunchy) se usan como descriptores de textura y son características deseables en un buen número de alimentos. Aunque es difícil establecer una diferencia conceptual clara entre ambos, el primero está generalmente asociado con la idea de que algo es fresco, por ejemplo las verduras y frutas no procesadas, o con lo que se piensa y se espera deben ser características de un determinado producto como por ejemplo, los cereales para desayuno y las botanas en general. El segundo parece ser más usado cuando se hace referencia a alimentos con alto contenido de humedad. Estas características parecen jugar un papel importante en la psicología básica del apetito porque se consideran motivadoras, estimulantes e indicadoras de saciedad. (Vickers, 1987).

La densidad y la humedad son factores que determinan y afectan el carácter crujiente de un producto alimenticio, por ejemplo, en cereales procesados el carácter crujiente desaparece rápidamente con el aumento en su humedad (Roudaut y Dacremont, 1998). Sin duda, la temperatura de transición vítrea juega un papel determinante, sin embargo existe aún poca información al respecto. En el caso de las botanas tipo fritura la densidad está sin duda influenciada por la porosidad de la estructura y probablemente por el contenido de aceite presente en el producto. De esta forma, la relación entre la estructura y el carácter crujiente es

muy compleja y en general sólo es posible hacer inferencias sobre la forma en que la primera determina o afecta al segundo.

Instrumentalmente existen dos técnicas usadas con frecuencia para determinar el carácter crujiente de los alimentos: acústicas y mecánicas. Ambas son usadas bajo la hipótesis de que las cantidades que se miden, intensidad y frecuencia de ondas sonoras en el primer caso y fuerzas y tiempos en el segundo, pueden manejarse e interpretarse para determinar el carácter crujiente. Así por ejemplo, en el caso de las técnicas mecánicas el módulo de Young se considera un índice de la rigidez o tenacidad, mientras que la fuerza máxima (peak force) se toma como la medida de la dureza y la fragilidad. Existe entonces una relación inversa entre el carácter crujiente y la fuerza máxima ya que mientras más crujiente es un alimento menos es la fuerza requerida para fracturarlo, es desde un punto de vista mecánico más crujiente implica más frágil.

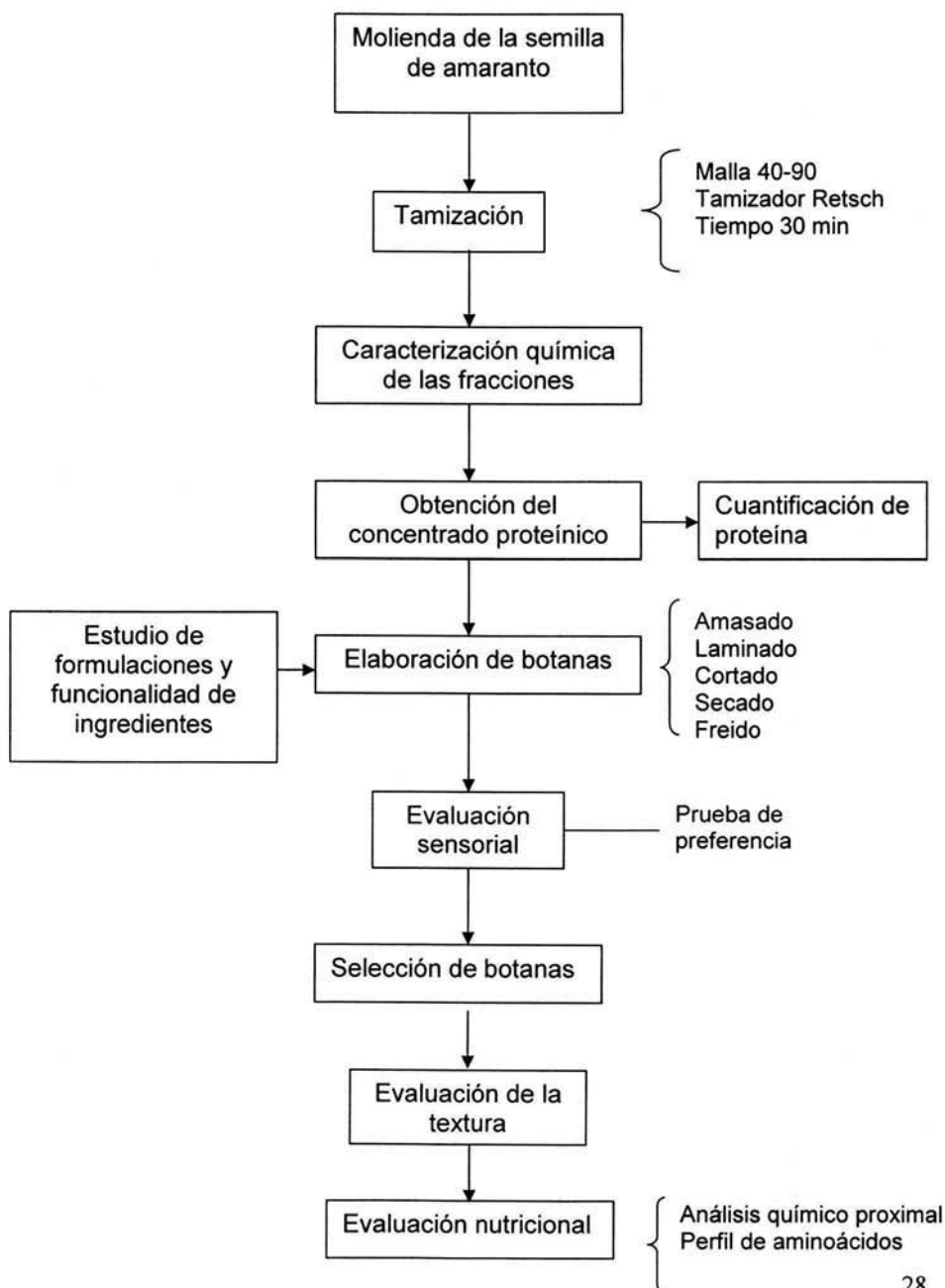
Las dimensiones y la forma del espécimen juegan un papel importante y cuando alguna de las dos no está bien definida la interpretación de los resultados es más difícil. Por otro lado, como en toda prueba mecánica, la forma en que ésta se desarrolla, extensión, torsión, compresión, dobléz, y otras.

Así como las condiciones en la que se efectúa, notablemente la velocidad del sensor, juegan un papel importante porque no se espera obtener los mismos resultados dependiendo del cambio en alguno de estos factores.

## 2. Materiales y métodos.

Para el desarrollo de las formulaciones de botanas se planteó un esquema general de trabajo que se muestra a continuación:

### Diagrama general de trabajo



## **2.1 Preparación de la muestra**

Selección y limpieza de la semilla.

La especie de semillas que se utilizó durante el desarrollo del presente trabajo fue *Amaranthus hypocondriacus*. Las semillas son de color café claro a beige, de forma lenticular y de aproximadamente 1.0 mm de diámetro. Estas semillas fueron adquiridas en Tulyehualco, Distrito Federal.

La semilla fue separada de materia extraña como: tierra, basura y heces de roedor, con un tamiz de malla 40 y posteriormente se hizo una limpieza manual hasta que ésta quedó limpia.

Molienda.

La operación de molienda se llevó a cabo en un Molino con rotor de martillo o tamiz (Marca Chuo Boeki Goshi Kaisha, Modelo SC), pasando la semilla 3 veces con el objeto de obtener un tamaño de partícula pequeño.

Tamización.

Con el propósito de obtener una fracción rica en proteína se elaboró una fracción en función al tamaño de partícula, Se empleó la operación de tamizado, para lo que se requirió un tamizador fijo. Las mallas seleccionadas para el proceso de tamizado fueron de la No. 40 a la No. 90.

## **2.2 Obtención del concentrado de amaranto**

### **2.2.1 Caracterización química de las fracciones.**

A las fracciones obtenidas se les realizó un análisis composicional para cuantificar la cantidad de sus componentes, se llevaron a cabo las siguientes determinaciones.

- Determinación de proteína por Kjeldahl, para lo que se utilizó un Digestor (Marca Tecator, Modelo 1000-0535). (METODO 991.20, AOAC)
- Determinación de extracto etéreo por Goldfish (Marca Labconco, Modelo 35001).
- Determinación de cenizas por incineración, se utilizó una mufla (Marca Thermolyne, modelo PR1415M). (METODO 925.12, AOAC)
- Determinación de humedad, en una estufa de secado (Marca MAPSA, modelo HDT-27). (METODO 927.05, AOAC)
- Determinación de carbohidratos (El cálculo se realizó por diferencia).

### **2.2.2 Selección de fracciones**

Con el objeto de concentrar la proteína y al mismo tiempo darle una mayor estabilidad ante el posible deterioro químico, la harina que se obtuvo anteriormente se desengrasó

La selección de la fracciones para obtener el aislado proteínico se llevó a cabo de las que resultaron con un alto contenido de proteína, las cuales se mezclaron y se obtuvo la harina que posteriormente se utilizó para obtener el concentrado proteínico de amaranto.

Se pesaron 100 g de harina de amaranto (mezcla de las fracciones que tenían un alto contenido de proteína), se colocó en un cartucho de celulosa, el disolvente que se utilizó para extraer la grasa fue éter etílico y la extracción se realizó por 10 –12 horas.

El procedimiento empleado para la elaboración de este aislado fue la extracción etérea de acuerdo al método Soxhlet (Marca Electromantle, Modelo ME) descrito en el A.O.A.C.

Posteriormente a la fracción de harina desengrasada se le cuantificó el contenido de proteína (AOAC, METODO 991.20).

## 2.3 Desarrollo de frituras

### 2.3.1 Estudio de ingredientes

Los ingredientes empleados en el desarrollo de los productos fueron: harina de trigo, harina de maíz, harina de amaranto, sal, agente leudante, almidón de maíz, gluten, adquiridos en el supermercado el concentrado de amaranto fue obtenido previamente en el laboratorio.

### 2.3.2 Formulaciones

Desarrollo de botanas.

Las formulaciones probadas se resumen en la tabla 10 para las frituras con base en harina de trigo y en la tabla 11 las formulaciones con base en harina de maíz.

**Tabla 10. Formulaciones de frituras con base harina de trigo**

| Formulación          | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6    | 7    | 8    | 9   |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|
| Ingredientes         | %   | %   | %   | %   | %   | %    | %    | %    | %   |
| Harina de trigo      | 96  | 76  | 71  | 51  | 65  | 40.2 | 40.5 | 45.5 | 36  |
| Harina de amaranto   |     |     |     |     |     |      |      |      | 40  |
| Concentrado amaranto |     |     | 25  | 25  | 30  | 35   | 35   | 30   |     |
| Almidón de maíz      |     | 20  |     | 20  |     | 20   | 20   | 20   | 20  |
| NaHCO <sub>3</sub>   | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5  | 2.5  | 2.5  | 2.5 |
| Sal                  | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5 |
| Gluten               |     |     |     |     |     | 0.8  | 0.5  | 0.5  |     |

**Tabla 11. Formulaciones de frituras con base harina de maíz.**

| Formulación    | 1   | 2   |
|----------------|-----|-----|
| Ingredientes   | %   |     |
| Harina de maíz | 99  | 74  |
| Aislado de am. |     | 25  |
| Sal            | 1.0 | 1.0 |

### **Procedimiento de elaboración de botanas con harina de trigo**

Se pesaron los ingredientes en la balanza, después se mezcló la harina de trigo, el aislado de amaranto, el almidón de maíz el bicarbonato y la sal dependiendo de la formulación, con agua, se formó una masa ligera la cual se coció a una temperatura de 75 +/-5 °C, durante 20 o 25 minutos agitando constantemente para evitar que se formen grumos y/o que se queme. Una vez eliminada la mayor parte de agua, la masa se dejó reposar por 30 minutos y posteriormente la masa fue laminada a un espesor de 1.0 – 1.50 mm y se cortó en cuadros de 2 x 2 cm, los cuales fueron colocados una charola, dejándose secar a una temperatura ambiente durante 24 horas.

Una vez secas las frituras se procedió a freír en aceite caliente a temperatura de 200-220 °C, por espacio de 10 a 15 segundos, se sacaron y se colocaron en un escurridor.

### **Procedimiento de elaboración de botanas con harina de maíz**

Se pesaron los ingredientes en la balanza, después se mezcló la harina de maíz, el aislado de amaranto y la sal, dependiendo de la formulación, con agua, se formó una masa la cual se extrudió para formar figuras en forma de churros. Una vez formadas las figuras se procedió a freír en aceite caliente a temperatura 180-



200°C, por espacio de 20-30 segundos, se sacaron y se colocaron en un escurridor. En esta parte de la investigación no se hizo desarrollo en las formulaciones ya que ésta se tomó del libro (Serna, 1996) y la formulación se le adicionó concentrado proteínico de amaranto en un 25%.

### **2.3.3 Pruebas fisicoquímicas**

A las botanas que se elaboraron se les realizó un análisis químico proximal llevando los análisis, que se describen en 2.2.1.

### **2.3.4 Análisis sensorial**

Una vez concluido el desarrollo de las botanas, se seleccionaron 4 botanas con base a los atributos evaluados que se muestran en la tabla 16 y se incluyó una botana comercial a la cual se le llamó "control comercial".

Posteriormente se llevó a cabo un análisis sensorial, esto se hizo con el objeto de conocer la preferencia de un grupo de consumidores.

Para las pruebas de preferencia que se realizaron se eligió un grupo de 80 personas que básicamente incluían estudiantes de edades de 20-22 años.

Todas las muestras de los productos desarrollados seleccionados fueron codificadas previamente a la prueba.

La prueba sensorial que se aplicó fue de preferencia. Se le pidió al juez que contestara el cuestionario. Este se muestra en el anexo 1.

Para el análisis se siguió el método de Ranking ya que la prueba sensorial fue de preferencia, a un nivel de significancia del 5%.

Una vez evaluados las botanas de acuerdo a la preferencia por parte del juez, los datos obtenidos en el cuestionario se trataron estadísticamente usando el método para determinar si existe o no diferencia significativa entre las muestras.

Por otro lado en el cuestionario se incluyó una pregunta, que fue formulada para saber que botana era la más crujiente, esto se hizo para tener un comparativo con las pruebas de textura que posteriormente se llevarían a cabo de manera instrumental.

### 2.3.5 Pruebas de textura instrumental de botanas tipo fritura

#### 2.3.5.1 Preparación de la muestra

Se dispuso de cinco lotes con diferente composición. La tabla 3 resume las características de los lotes. Las dimensiones y forma de los especímenes fueron diferentes para un mismo lote y entre lotes. La forma fue irregular con una superficie rugosa, no obstante, el espesor de los especímenes fue aproximadamente 1 a 2 mm. Para las pruebas mecánicas se seleccionaron aquellos especímenes que tuvieran una superficie lo suficientemente regular para hacer contacto con el sensor usado.

**Tabla 12. Características de los lotes**

| Identificación                | Características              |
|-------------------------------|------------------------------|
| Botana control                | Harina de trigo              |
| Botana concentrado            | 25% concentrado de amaranto  |
| Botana concentrado-gluten-0.5 | 35% concentrado, 0.5% gluten |
| Botana concentrado-gluten-0.8 | 35% concentrado, 0.8% gluten |
| Botana concentrado gluten-0.5 | 30% concentrado, 0.5% gluten |

### **2.3.5.2 Pruebas mecánicas**

Se hicieron pruebas de fractura usando un sensor cilíndrico de 1.8 cm de diámetro con una velocidad de descenso de 20 mm/min. En la medida de lo posible la superficie del sensor se colocó sobre la del espécimen y el descenso se inició hasta fracturar el material. Se obtuvo la fuerza de carga y el tiempo de duración de cada prueba. Las pruebas se hicieron a temperatura y humedad relativa ambientes y se examinaron al menos tres especímenes de cada lote.

### **2.3.6 Evaluación nutricional de la calificación química de las botanas**

#### **2.3.6.1 Preparación de la muestra. Hidrólisis de proteína.**

Las botanas que fueron seleccionadas mediante el análisis sensorial con mayor calificación y una formulación elaborada con 40% harina de amaranto fueron las muestras a las cuales se les realizó la evaluación nutricional.

Se pesan 1-2 mg de las muestras previamente desengrasada y se adicionan 200 $\mu$ L de una solución de HCl 6N en el tubo de hidrólisis, posteriormente introduce en la unidad de hidrólisis (Marca Waters, Modelo Workstation), por 22 horas a 105°C, una vez concluida esta etapa se evapora el ácido clorhídrico remanente y las muestras se resuspenden con un amortiguador comercial de dilución de muestra pH 2.0 (Beckman Instruments, Inc.), en un volumen de 100-700  $\mu$ L se homogenizan y se hacen pasar por membranas Millipore tipo HA 0.45  $\mu$ m.

### 2.3.6.2 Determinación de aminoácidos

#### EQUIPO Y MATERIAL

- Autoanalizador de aminoácidos de alta resolución (System 6300 High-Performance Amino Acid Analyzer, Beckman Instruments, Inc.).
- Adaptador para filtración de aguja Millipore (Millipore Corporation Bedford).
- Membranas millipore tipo HA 0.45 $\mu$ m.

#### Reactivos

- Amortiguador comercial de dilución de muestra pH 2.0 (Beckman Instruments, Inc.).
- Amortiguador comercial de elusión (Beckman Instruments, Inc.).
- pH 3.00 agua 97.6%, citrato de sodio 1.7%, HCl 0.7%
- pH 4.30 agua 98.0%, citrato de sodio 1.7%, HCl 0.3%
- pH 6.30 agua 93.0%, citrato de sodio 1.9%, NaCl 5.0%, fenol 0.1%
- Estándar de aminoácidos (Sigma Chem. Co.).

Las muestras obtenidas de las hidrólisis así como el estándar se inyectan en un autoanalizador de aminoácidos de alta resolución (Marca Beckman Instruments, Inc., Modelo System 6300). El volumen de inyección es de 50 $\mu$ L.

**Tabla 13. Parámetros experimentales para la separación de AA libres en el autoanalizador.**

|   |              |                     |
|---|--------------|---------------------|
| Dimensiones de la columna   | 4 mm x 12 cm |                     |
| Temperatura de la columna (C°)  | <b>°C</b>    | <b>Tiempo (min)</b> |
|   | 53           | 11                  |
|   | 75           | 23                  |
|   | 77           | 31                  |
| Temperatura del reactor (°C)  | 135          |                     |
| Flujo de reactivos (ml/hr)  | 21           |                     |
| Presión (psig)  | 1200         |                     |
| Amortiguadores  | <b>pH</b>    | <b>Tiempo (min)</b> |
|   | 3.00         | 23.8                |
|   | 4.30         | 12.2                |
|   | 6.30         | 29.0                |
| Solución lavadora de NaOH   | 13.00        | 2.0                 |
| Amortiguador de regeneración  | 3.00         | 18.00               |
| Detección (nm)  | 570 y 440    |                     |
| Tiempo total de la corrida: 65 minutos + 20 minutos para su regeneración. |              |                     |

Los datos se procesaron mediante el software para cromatografía

### 3 RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1 Molienda y tamización de la harina

Teniendo en cuenta la estructura y morfología del grano de amaranto se llevó a cabo una molienda diferencial que por medio de una fricción intensa se desprende en forma selectiva las distintas partes anatómicas de los granos de diferente composición, lo que permite obtener después de la tamización, las fracciones de harina con mayor contenido de proteína y grasa (Irving et al., 1981), A las fracciones obtenidas se les cuantificó el contenido de proteína y grasa, con la finalidad de identificar cuales contenían el porcentaje más alto de estos componentes. Los resultados se muestran en la tabla 14.

**Tabla 14. Distribución de componentes de la harina de amaranto**

| No. de tamiz     | % Rendimiento | % proteína | % grasa |
|------------------|---------------|------------|---------|
| (Muestra I) 40   | 11.20         | 5.92       | 1.98    |
| (Muestra II) 50  | 28.80         | 11.96      | 3.75    |
| (Muestra III) 60 | 15.04         | 18.89      | 8.78    |
| (Muestra III) 70 | 12.56         | 19.10      | 10.92   |
| (Muestra III) 80 | 14.86         | 19.46      | 11.16   |
| (Muestra III) 90 | 17.51         | 21.08      | 11.60   |

(g/100 g muestra base seca)

En la fracción que correspondió a la malla No. 40, se observó que quedó concentrada la mayor parte del perispermo de la semilla, estructura en donde se localizan los carbohidratos en mayor cantidad. Al mismo tiempo presentó una menor proporción de proteína y de grasa, esto confirmó que en tal estructura solo se encuentra un mínimo porcentaje de la proteína total de la semilla.

Por otro lado la fracción correspondiente a la malla No. 50, presentó una composición con un contenido más alto en proteína y grasa con respecto a la anterior. El rendimiento en la fracciones fue de 11.20 y 28.8%.

Las fracciones de mayor concentración de proteína, separadas por tamización corresponden a las mallas 60, 70, 80 y 90, con rendimientos que no superaron el 17.51%

Si se considera que la máxima cantidad de proteína se encontró localizada en el embrión y capas externas de la semilla en un 60% y un 40% en el perispermo amiláceo, se puede inferir que en estas fracciones se obtuvo la mayor proporción de estas estructuras. Esto se debió seguramente a que presentaron menor resistencia a la fricción en la operación de molienda.

Con respecto a la humedad, las muestras de los diferentes tamices de harina de amaranto presentaban una humedad de 8-10%, mientras que la semilla contenía un porcentaje de humedad de 11 aproximadamente.

Se seleccionaron las fracciones: 60-90, que presentaron el porcentaje más alto de proteína y grasa así como un rendimiento alto. Se agruparon y se le llamó fracción III.

### **3.2 Caracterización química de las fracciones obtenidas y del aislado proteínico.**

A la muestra III (Ver Tabla 15) correspondiente a las mallas No 60-90, se le realizó un análisis proximal en donde se obtuvo 19.45% de proteína y 9.60 % de grasa y 57.58% de carbohidratos totales, se puede observar que en esta fracción la cantidad de proteína se concentra y disminuye la concentración de los carbohidratos a diferencia de la fracción I, que presenta un porcentaje muy alto en carbohidratos no es así para la proteína que es menor.

Por otro lado como se indica en la tabla 15, la muestra II correspondiente a la malla No. 50, presentó una composición intermedia entre las dos muestras externas.

La semilla entera (muestra IV) tiene una cantidad de proteína por debajo de la muestra III debido a que encuentra como harina integral, es decir sin realizar lo la operación de tamizado.

**Tabla 15. Composición química de las fracciones de harina amaranto**

| Muestra | % Proteína | %Grasa | %Cenizas | % Carbohidratos<br>totales | %Humedad |
|---------|------------|--------|----------|----------------------------|----------|
| I       | 5.38       | 1.80   | 0.717    | 82.84                      | 9.26     |
| II      | 10.93      | 3.43   | 4.54     | 72.46                      | 8.64     |
| III     | 19.45      | 9.60   | 3.92     | 57.58                      | 8.64     |
| IV      | 16.68      | 7.80   | 5.15     | 59.54                      | 10.82    |

Muestra I Tamiz No. 40

Muestra II Tamiz No. 50

Muestra III Tamiz No. 60-90

Muestra IV semilla cruda entera

\* Carbohidratos digeribles + Fibra Dietética Total

### 3.3 Obtención del aislado proteínico

Con base en la cantidad de proteína, se seleccionó la muestra que presentó una cantidad importante de este componente; en este caso la muestra seleccionada fue la III. Posteriormente con el objeto de lograr un aislado proteínico, con un valor aún mayor, de proteína y más estable químicamente, se sometió a un extracción de lípidos, logrando con esto un valor final de 27.06 % de proteína. Ésta fue seleccionada para ser incluida en la formulación de los productos a desarrollar. Se consideró como aspecto fundamental no afectar las propiedades funcionales de los productos elaborados tradicionalmente con harina de trigo o maíz, que son impartidas fundamentalmente por la proteína (gluten).



### 3.4 Desarrollo de botanas

#### 3.4.1. Elaboración de botanas

- **Formulación 1 (comercial)**

Esta formulación a la que se le llamó comercial, debido a que es la formulación tradicional de botanas, se elaboró únicamente con harina de trigo, se laminó y posteriormente fue cortada en cuadros y estos sometidos a secado. A éstos, se les determinó la humedad obteniéndose 12%.

. Los resultados de esta formulación mostraron poca eficiencia en la expansión aproximadamente en un 20%.

#### **Formulación 2**

Para ésta, se mantuvieron las mismas condiciones de proceso de elaboración que en la formulación anterior.

Debido a que las botanas expandían poco en la formulación 1, se propuso adicionar almidón de maíz pregelatinizado.

Los pellets que se obtuvieron tenían una humedad de 10.5% y al freírse expandían en un 100% con respecto al tamaño original. Esto es debido a que en la formulación se incluye almidón y la fracción de amilopectina forma una red en la matriz de la masa provocando mayor expansión. Durante el proceso de gelatinización del almidón un poco de agua es convertida en vapor, el escape de ese vapor ayuda a que la red se expanda dentro dando como resultado una estructura con textura porosa (Wang, 1997). La amilopectina incrementa la capacidad de expansión de una botana, por lo que además contribuye a la crujencia. La proporción de expansión que proporciona un almidón, generalmente aumenta con el incremento de amilopectina. Sin considerar el contenido de amilosa en el almidón o tratamientos fisicoquímicos. (Chinaswamy et al., 1988).

### **Formulación 3**

Para el desarrollo de la formulación 3 se adicionó concentrado de amaranto en un 25%. El resultado fue una masa que después de elaborarse varias veces se observó que ésta requería un tiempo de reposo de 30-50 minutos para que terminara su desarrollo y la matriz tuviera un reacomodo de sus componentes por lo que el laminado era más fácil de realizar, los pellets tuvieron una humedad de 10%, y al ser reconstituidos expandían al doble, con respecto al tamaño original. Este resultado con respecto a la formulación 2 (control) se debe a que también el concentrado de amaranto contiene almidón (92.40%) amilopectina (Chinaswamy et al., 1988).

- **Formulación 4.**

En la elaboración de esta formulación se hizo la siguiente variación, disminuir 20% de harina de trigo y sustituirla por almidón, el resultado fueron pellets de 10% de humedad y al freírse expandían un poco más que las de la formulación 3 (al doble), sin embargo este aumento no fue significativo; esto implica que el almidón que se sustituyó no interfiere en la expansión, es decir que si se adiciona más las botanas no expanden más; sin embargo presenta la ventaja que cuando se determinó el contenido de grasa a esta botana, absorbía menos aceite al ser freída.

- **Formulación 5**

En ésta se sustituyó 30 % de concentrado proteínico de amaranto por harina de trigo. A esta formulación no se le incorporó almidón, se consideró que no era necesario ya que el aumento de la expansión en las frituras no es significativa, como se demostró en la formulación 4. El manejo de la masa fue muy difícil al ser laminada. Sin embargo se obtuvieron pellets con una humedad adecuada 10%, estos al ser freídos resultaron expandidos también al doble, pero presentaron una textura muy delgada y quebradiza.

- **Formulaciones 6, 7 y 8**

En las formulaciones 6, 7 y 8 la variación que se hizo fue distinta de las anteriores. Se adicionó gluten 0.8%, 0.5% y 0.8% respectivamente, se compensó el gluten que se suprime al sustituir el concentrado proteínico de amaranto y almidón por harina de trigo.

El trigo imparte propiedades funcionales diferentes en comparación a las masas elaboradas con otros cereales como el amaranto. Estas propiedades básicamente las proporciona la proteína del gluten, que al formar una red tridimensional es capaz de retener el vapor de agua y otros gases generadores durante la expansión de la fritura.

El resultado de la masa final en los tres casos fue tecnológicamente muy difícil de manipular; los pellets que resultaron fueron de humedad parecida (10%), y estos al ser freídos se observaron mucho más expandidos con respecto a las otras formulaciones, pero también muy delgados y quebradizos. Es decir que con la sustitución del gluten si se logró obtener botanas expandidas, pero con características distintas a las de las botanas tradicionales.

- **Formulación 9**

Se desarrolló adicionando harina de amaranto en un 40% y 20% de almidón de maíz, no manifestó ningún problema en la manipulación de la masa, ni en las operaciones de laminado y secado, la humedad de los pellets fue de 10% y el resultado fueron botanas expandidas al doble con respecto al control.

En la tabla 16 se resumen los atributos a evaluar de cada una de las formulaciones.

**Tabla 16. Atributos evaluados en el desarrollo de botanas**

| Formulación | Humedad % | Manejo de la masa | Expansión | Textura |
|-------------|-----------|-------------------|-----------|---------|
| 1           | 12        | +                 | -         | -       |
| 2           | 10.5      | +                 | +         | +       |
| 3           | 10        | +                 | +         | +       |
| 4           | 10        | +                 | +         | +       |
| 5           | 10        | +                 | +         | -       |
| 6           | 10        | -                 | +         | -       |
| 7           | 10        | -                 | +         | -       |
| 8           | 10        | -                 | +         | -       |
| 9           | 10        | +                 | +         | +       |

+ Aceptable  
- No aceptable

#### **Observaciones tecnológicas en el desarrollo de formulaciones de botanas.**

En general se puede decir que durante el proceso de elaboración de las frituras, uno de los puntos críticos fue el mezclado de los ingredientes con la proporción de agua adicionada a las diferentes formulaciones. Si ésta era mayor a la requerida se obtenía una masa demasiado ligera, la cual al ser sometida al proceso de cocción requería tiempos muy prolongados para evaporar el agua y al mismo tiempo presentaba una sobrecocción. Por otro lado, si la cantidad de agua adicionada a la harina era menor, no se permitía la gelatinización completa del almidón, motivo por el cual se observaron pequeños puntos blancos sobre la fritura seca, que al ser freída no expandía.

El contenido de humedad en las botanas es un factor determinante que afecta la calidad del producto. La humedad recomendada en los pellets generalmente es de 6-10% antes de su reconstitución. De tal modo que la humedad en los pellets debe ser uniforme para que puedan ser freídos bajo las mismas condiciones de temperatura y tiempo.

Una humedad baja da como resultado un producto compacto y duro debido a la incompleta gelatinización del almidón.

El porcentaje en la producción de los pellets, se ve disminuido cuando la humedad es mayor a la recomendada.

El uso de almidón para la elaboración de botanas ayuda a mantener una distribución uniforme de la humedad, ya que actúa como ligador de humedad, proporciona una alta capacidad para retener el gas (agente leudante) en las botanas y se produce una estructura no expandida del extruido (pellets) antes de ser reconstituido (Wang, 1997).

Los almidones pregelatinizados desarrollan viscosidad una vez que absorbieron agua sin la necesidad de aplicar presión o calor. La viscosidad del almidón proporciona las propiedades de manejo y formado de la masa utilizada para hacer botanas indirectamente expandidas.

La gelatinización del almidón se produce cuando hay un exceso de agua, esto sucede paralelamente al calentamiento de la masa, lo que propicia que el gránulo de almidón empiece a hincharse. Para la harina de trigo a una temperatura inferior a 85°C empieza la gelatinización y para otros cereales como el amaranto se requieren temperaturas inferiores 69.2°C (Calzzeta et al., 2000).

Otro punto del que es importante hacer mención es el grosor que se obtiene durante el laminado. Ya que esto influyó directamente en el tiempo y temperatura requerida para el proceso de secado. Esto se observó en las primeras formulaciones desarrolladas, donde el grosor fue de 3.0-3.5 mm aproximadamente y el tiempo de secado a temperatura ambiente fue mayor. En consecuencia las botanas al ser freídas no se expandieron. Por el contrario la masa laminada con un grosor de 1.0-1.5 mm aproximadamente y secadas a temperatura ambiente, con una humedad final de 10%, resultaron frituras expandidas y de buena textura.

Las formulaciones que se propusieron finalmente fueron aquellas que presentaron: viabilidad tecnológica al ser elaboradas y mayor contenido de proteína. Se muestran en la tabla 17.

**Tabla 17. Porcentaje de ingredientes de formulaciones de botanas seleccionadas**

| Formulación          | Botana control | Botana concentrado | Botana concentrado-almidón | Botana harina de amaranto |
|----------------------|----------------|--------------------|----------------------------|---------------------------|
| Ingredientes         |                |                    |                            |                           |
| Harina de trigo      | 76             | 71                 | 51                         | 36                        |
| Harina de amaranto   |                |                    |                            | 40                        |
| Concentrado amaranto |                | 25                 | 25                         |                           |
| Almidón de maíz      | 20             |                    | 20                         | 20                        |
| Agente leudante      | 2.5            | 2.5                | 2.5                        | 2.5                       |
| Sal                  | 1.5            | 1.5                | 1.5                        | 1.5                       |

## **Frituras con base harina de maíz.**

La botana control se elaboró con harina de maíz, de ésta formulación resultó una botana con una humedad de 1.35%, esto se debe a que durante el freido la masa pierde casi toda la humedad, solidifica y absorbe un gran porcentaje de aceite.

Para la botana a la que se le adicionó 25% de concentrado de amaranto, se obtuvo una humedad de 2.8%, (ver tabla 19) con una textura blanda con respecto al control, pero el color era mucho más oscuro (dorado), esto se debe a que el concentrado de amaranto contiene una gran cantidad de lisina, aminoácido esencial del cual es deficiente el maíz, que desencadena la reacción de Maillard.

### **3.4.2. Pruebas fisicoquímicas a las botanas seleccionadas**

#### **3.4.2.1. Botanas con harina de trigo**

En la tabla 18 se muestran los resultados del análisis proximal realizados a las botanas seleccionadas. Se observa que en la botana control, se obtuvo la menor cantidad de proteína, el mayor cantidad de grasa y el contenido calórico más alto.

En las formulaciones botana concentrado y botana concentrado-almidón la proteína es de 13.55% y 10.80% respectivamente.

Lo que se pretende, es obtener una botana con alto contenido de proteína, pero no se debe perder de vista que aunque en la formulación concentrado-almidón la proteína es ligeramente menor que la de concentrado también lo es la cantidad de grasa, así como el contenido calórico; esto es efecto de sustituir almidón por harina de trigo. El uso de un almidón apropiado para elaborar botanas intermedias, puede dar como resultado botanas con una mejor textura y así como reducir la absorción de aceite.

La formulación 9 contiene 12.07% de proteína, esto tiene ventajas ya que para elaborar esta botana se utiliza harina directamente sin llevar a cabo la

obtención del concentrado proteínico, por lo que se pueden reducir costos utilizando la harina de amaranto.

Si se hace una comparación de la formulación harina de amaranto con respecto a la formulación concentrado amaranto que es la que tiene el mayor porcentaje de proteína se observa que la diferencia no es significativa.

**Tabla 18. Análisis proximal de botanas de harina de trigo**

| Botanas                | % Proteína | % Grasa | % Carbohidratos** | % Cenizas | % Humedad | Poder calórico** (Kcal/100g) |
|------------------------|------------|---------|-------------------|-----------|-----------|------------------------------|
| B. Control             | 8.70       | 30.14   | 55.28             | 2.53      | 3.35      | 527.18                       |
| B. Concentrado         | 13.55      | 26.12   | 53.48             | 3.23      | 3.62      | 503.20                       |
| B. Concentrado-almidón | 10.80      | 22.70   | 59.87             | 3.31      | 3.32      | 486.98                       |
| B. Harina amaranto     | 12.07      | 27.90   | 53.13             | 3.37      | 3.53      | 511.90                       |

\*Los factores que se utilizaron son: 1 g de grasa = 9 Kcal  
1 g de proteína = 4 Kcal  
1 g de Chos = 4 Kcal

\*\* Se calcularon por diferencia

#### 3.4.2.2 Botanas con harina de maíz

En esta etapa del proyecto no se hicieron pruebas, ya que habiendo detectado en que porcentaje se podía sustituir concentrado de amaranto en las formulaciones con base harina de trigo, se pensó que el comportamiento sería igual en las botanas con base harina de maíz, pero no fue así ya que el proceso de elaboración es diferente (ver 2.3.2).

En la tabla 19 se muestran los resultados del análisis proximal de las botanas de harina de maíz, se observa que existe diferencia significativa en los valores de proteína entre la botana control y la botana a la que se le adicionó concentrado de amaranto en un 25%, siendo más alto en la segunda.



El contenido de grasa es menor en la botana a la que se le adicionó concentrado esto se debe a que el éste contiene almidón que contribuye a que la absorción de aceite sea menor.

Por otro lado, a las botanas que se les agregó amaranto, resultaron botanas de maíz con una textura menos firme y de color más oscuro. Esto se debió a que si se quería alcanzar la humedad y la textura adecuadas, el color resultaba muy oscuro y el sabor daba una nota quemado, por lo que el tiempo de freído fue menor con respecto a la botana control.

La botana maíz comercial que se incorporó para realizar el análisis, resultó menor de lo que se reportaba en la etiqueta con respecto a proteína y se puede agregar que tiene un alto contenido de grasa y el valor calórico con respecto a las otras dos formulaciones es el más alto.

Considerando que el valor de proteína es alto en la botana con concentrado proteínico de amaranto, la propuesta sería disminuir la cantidad de concentrado para lograr obtener botanas con características similares a las que existen en el mercado, pero que el contenido de proteína sea mayor.

**Tabla 19. Análisis proximal de botanas de harina de maíz**

| Botanas            | %<br>Proteína | %<br>Grasa | %<br>Carbohidratos* | %<br>Cenizas | %<br>Humedad | Poder<br>calórico**<br>(Kcal/100g) |
|--------------------|---------------|------------|---------------------|--------------|--------------|------------------------------------|
| Control            | 8.58          | 32.39      | 53.96               | 3.71         | 1.36         | 541.67                             |
| 25%<br>concentrado | 12.19         | 27.03      | 55.65               | 2.34         | 2.79         | 514.63                             |
| Comercial          | 6.59          | 34.97      | 48.73               | 3.27         | 6.44         | 536.01                             |

\*Los factores que se utilizaron son: 1 g de grasa = 9 Kcal  
1 g de proteína = 4 Kcal  
1 g de Chos= 4 Kcal

\*\* Se calcularon por diferencia

### 3.4.3. Análisis sensorial

Una vez que se realizaron los análisis químicos correspondientes a las botanas de trigo, se procedió a la aplicación de una evaluación sensorial. Esto se hizo con el propósito de seleccionar la muestra que tuviera más aceptación por los consumidores.

La evaluación sensorial es una técnica valiosa para detectar la aceptación o rechazo de los productos alimenticios. El método de ranking es rápido y permitió evaluar varias muestras, entre las cuales se encontraba el control. Las tablas de resultados del análisis sensorial se presentan en el anexo 2

**Tabla 20. Evaluación sensorial de pruebas de preferencia por método de Ranking a un nivel de 5% de significancia**

| Botana              | Calificación | Diferencia estadística significativa al 5% |
|---------------------|--------------|--|
| Control             | 261          | No   |
| Concentrado         | 243          | No   |
| Concentrado-almidón | 233          | No   |
| Concentrado-gluten  | 187          | No   |
| Control comercial   | 126          | No   |

Como se muestra la tabla 20, las botanas que fueron preferidas en el análisis sensorial son: la formulación control, sin embargo las formulaciones concentrado y concentrado-almidón tuvieron una aceptación muy similar.

Este resultado es muy importante ya que si el grupo de consumidores no detectó diferencia significativa con respecto al control, es posible introducir este producto en el mercado y competir con los productos tradicionales que son altamente consumidos y de menor valor nutricional.

Por otro lado en esta evaluación también se le pidió a los jueces que apreciaran que botana era la más crujiente.

La razón de evaluar esta característica tan particular en las botanas, fue obtener un comparativo con las pruebas de textura que se llevaron a cabo de manera instrumental y observar si los resultados en cada uno de estos métodos contrastaban o coincidían.

Las botanas que resultaron ser más crujientes por medio de los sentidos en éste caso el gusto fueron: las formulaciones concentrado y concentrado-almidón , como primer lugar y la formulación concentrado gluten en segundo lugar.

#### **3.4.4. Pruebas de textura**

Las botanas, se caracterizan por contener un bajo contenido de humedad y ser crujientes. La crujencia puede variar si la composición de la botana se modifica. Las pruebas mecánicas de textura se realizaron en botanas de diferente composición (ver tabla 12) se incluyeron las formulaciones que contienen gluten debido a que éstas cambian en su composición con respecto a las otras formulaciones analizadas. La diferencia consiste en adicionar gluten en distinta concentración. El trigo imparte propiedades funcionales diferentes en comparación a las masas elaboradas con otros cereales como el amaranto. Estas propiedades básicamente las proporciona la proteína del gluten, que al formar una red tridimensional es capaz de retener el vapor de agua y otros gases generadores durante la expansión de la fritura.

El objetivo de dicho examen fue determinar el carácter crujiente de este tipo de producto para saber si existe diferencia entre botanas con diferente composición química.

La figura 4 (ver anexo 3) muestra la respuesta mecánica de los diferentes lotes. Una característica común en todos los casos fue la falta de repetibilidad, es decir, las muestras de un mismo lote no mostraron el mismo comportamiento. Esto

indica que incluso en un mismo lote las muestras no tienen las mismas propiedades mecánicas. Otra característica es que en general las muestras no alcanzaron el máximo de fuerza en el mismo tiempo; algunos lo hicieron más temprano que otros aun en un mismo lote como ocurrió claramente en el lote de la botana concentrado 35%-gluten-0.8 (Fig. 1d). Una tercera característica es que aunque en todos los casos siempre hubo un solo máximo de fuerza, también en todos los casos hubo más de un indicio claro de existencia de fractura antes de alcanzar dicho máximo. Sin embargo, la intensidad en la aparición de este indicio no fue la misma.

La curva 1 de la muestra botana concentrado 35%-gluten0.5 (Fig. 1 b) ejemplifica muy bien esta última situación. En ella se observan al menos seis pequeños picos a lo largo del ascenso de fuerza con el tiempo los cuales ocurrieron antes de alcanzar la fuerza máxima. Esta última representa la fractura total del material, entendiéndose por fractura total el momento en que el espécimen se rompe de manera apreciable a simple vista en al menos dos pedazos. La curva 1 ilustra muy bien el hecho de que conforme el sensor avanzó, la estructura del material fue mostrando un grado de inestabilidad que se manifestó por la aparición de pequeñas fracturas las cuales aunque difícilmente distinguibles a simple vista fueron detectadas por el sensor a través de los mencionados picos. Estas fracturas secundarias probablemente ocurrieron en distintas partes del espécimen pero a pesar de ello durante el lapso en el que aparecieron no se observó fractura total del material. Cuando esta situación de inestabilidad de estructura debida a la concentración de esfuerzos en una zona sobre la superficie del material, alcanzó su mayor intensidad el material se rompió visible y totalmente. La aparición de estos picos secundarios fue más visible en algunos casos como por ejemplo en el lote ya mencionado y en el lote botana 30% concentrado-gluten 0.5 (curva 1; Fig. 1e). Vale la pena mencionar que cuando estos picos secundarios tuvieron la intensidad mostrada en las figuras anteriores fue posible escuchar crujir al espécimen por lo que se deduce que efectivamente los picos se deben a la fractura del material. Esto abre la posibilidad

de considerar el uso simultáneo de mediciones acústicas con mecánicas para examinar el comportamiento de productos alimenticios.

Una última característica que fue observada únicamente en ciertos casos. (curva 1 Fig. 1 a; curva 2 Fig. 1b; curva 1 Fig. 1c; curva 3 Fig. 1d y curva 3 Fig. 1e) es la fractura posterior a la fractura total. Dicha fractura sólo ocurrió cuando, después de fracturarse en al menos dos pedazos, el sensor siguió avanzado sobre un pedazo del espécimen hasta que éste se fracturó nuevamente. Esto dio como resultado un pico posterior al máximo, pero con una intensidad menor.

En resumen, el comportamiento de los lotes estuvo caracterizado por la aparición de un pico primario o máximo, picos secundarios durante el ascenso de la fuerza con el tiempo y picos terciarios producto de una fractura posterior a la total. Aunque todos ellos indican la existencia de fractura, no toda puede considerarse del mismo tipo y además no toda puede ser considerada para saber cuál lote es el más crujiente.

El problema aquí no es saber cuál lote o cuál espécimen cruje más durante una prueba porque mecánicamente el carácter crujiente no se mide por la cantidad e intensidad de ruido, aunque éste esté sin duda asociado con la aparición de los picos secundarios, sino por una propiedad mecánica específica como se mencionó en la introducción. En este sentido resta por examinar el máximo de fuerza alcanzado por los diferentes lotes. Debido a las variaciones ya mencionadas en este caso deben considerarse intervalos más que promedios.

La tabla 21 resume los resultados.

**Tabla 21. Intervalo de aparición de fuerza máxima de los diferentes lotes**

| Identificación                | Fuerza máxima (N) |
|-------------------------------|-------------------|
| Botanas                       |                   |
| B. control                    | 5.5-6.5           |
| B. concentrado 35%-gluten-0.5 | 1-4               |
| B. concentrado                | 2.5-3.5           |
| B. concentrado 35%-gluten-0.8 | 2-3               |
| B. concentrado 30% gluten-0.5 | 1.5-5.0           |

Considerando lo señalado en la introducción es posible afirmar de los valores anteriores que el lote botana control fue el menos crujiente ya que soportó más fuerza antes de fracturarse por completo.

Por otro lado los lotes más crujientes, menos resistentes, fueron el lote de la botana concentrado y el lote de la botana concentrado 35%-gluten-0.8 siendo en general este último ligeramente más crujiente que el primero. Estos resultados coinciden con el análisis sensorial.

Finalmente los dos lotes restantes, mostraron un carácter crujiente intermedio.

#### **3.4.5. Evaluación nutricional de las botanas**

Una vez que se obtuvieron los resultados del análisis sensorial, se escogieron las botanas que se presentan en la tabla 22. A estas formulaciones se les determinó el perfil de aminoácidos para concluir cual fue la botana que presentaba un contenido superior de aminoácidos con respecto al control.

Los aminogramas correspondientes al monitoreo experimental se muestran en el anexo 4, Fig. 5-7.

## 3.4.5.1 Botanas con harina de trigo

Tabla 22 .Aminoácidos de las materias primas y productos finales

| AMINOACIDO        | HARINA TRIGO <sup>a</sup> | HARINA AMARANTO <sup>b</sup> | CONCENTRADO AMARANTO <sup>b</sup> | BOTANA CONTROL | BOTANA CON-ALM | BOTANA H.AMARANTO | BOTANA CONCENTRADO |
|-------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------|----------------|-------------------|--------------------|
| Aspártico         | 4.70                      | 12.00                        | 12.10                             | 5.80           | 9.35           | 9.79              | 8.18               |
| Treonina*         | 2.40                      | 5.20                         | 5.23                              | 3.03           | 4.60           | 4.30              | 4.52               |
| Serina            | 4.20                      | 6.40                         | 6.71                              | 6.46           | 6.92           | 6.69              | 7.10               |
| Glutámico         | 30.3                      | 17.91                        | 16.22                             | 30.24          | 20.90          | 19.96             | 22.17              |
| Prolina           | 10.1                      | 4.63                         | 4.89                              | 15.06          | 10.80          | 7.14              | 11.05              |
| Glicina           | 3.80                      | 9.49                         | 8.79                              | 4.67           | 8.15           | 6.88              | 7.39               |
| Alanina           | 3.10                      | 3.45                         | 3.83                              | 2.66           | 3.44           | 3.47              | 3.13               |
| Valina*           | 3.60                      | 5.17                         | 6.14                              | 5.60           | 4.94           | 5.26              | 5.43               |
| Metionina*        | 1.20                      | 1.41                         | 1.87                              | 1.37           | 1.59           | 1.56              | 1.67               |
| Isolleucina*      | 3.00                      | 4.89                         | 5.30                              | 4.05           | 5.00           | 5.34              | 5.67               |
| Leucina*          | 6.30                      | 7.01                         | 7.53                              | 7.82           | 7.52           | 8.81              | 8.44               |
| Tirosina          | 2.70                      | 0.61                         | 0.70                              | 1.12           | 1.04           | 1.99              | 1.33               |
| Fenilalanina*     | 4.60                      | 5.94                         | 6.80                              | 4.89           | 6.16           | 8.14              | 9.50               |
| Histidina         | 2.00                      | 4.11                         | 4.40                              | 2.72           | 3.96           | 4.07              | 3.33               |
| Lisina*           | 2.30                      | 7.19                         | 7.47                              | 1.70           | 4.31           | 4.32              | 4.52               |
| TOTAL AMONOACIDOS | 84.30                     | 95.42                        | 97.97                             | 94.60          | 99.96          | 99.50             | 98.14              |

\* g /100 g proteína

a Sema 1996.

La tabla 22 muestra que la proteína tuvo un incremento considerable en las formulaciones botanas concentrado-almidón, harina amaranto y concentrado amaranto que fueron elaboradas con harina de trigo, adicionando 25% concentrado, 40% harina de amaranto y 25% concentrado proteínico respectivamente, al ser comparadas con el control. Se lograron aumentos de 30%, 47% y 75% respectivamente.

En la botana control se observa un contenido menor de aminoácidos, con excepción del ácido glutámico y prolina, esto se debe a la materia prima con la que se elaboró, que es rica en ambos aminoácidos (harina de trigo), característica general de los cereales.

El contenido de aminoácidos en general aumenta en las formulaciones que contienen amaranto.

Para la formulación botana concentrado es importante resaltar los aminoácidos esenciales que tuvieron un incremento significativo, treonina en un 50%, isoleucina 40%, fenilalanina 94% y lisina 165%, para las otras formulaciones puede observarse una tendencia similar en el aumento de éstos aminoácidos. Por lo que el resultado fueron frituras con un aumento significativo en la calidad nutricional.

En general se puede decir que en las botanas elaboradas con amaranto se logró un enriquecimiento proteínico que puede considerarse adecuado ya que los cereales generalmente se caracterizan por sus altos contenidos de leucina, prolina, ácido aspártico y ácido glutámico. En el caso del amaranto el balance de aminoácidos aumentó el valor proteínico de las botanas.

El aminoácido limitante en todos los cereales es la lisina, aminoácido esencial más importante en nutrición humana, dado a que es el que generalmente limita la utilización de los otros aminoácidos. El segundo aminoácido es la treonina, sin embargo en las botanas elaboradas con amaranto son estos los que más sobresalen.



**Tabla 23. Comparación de aminoácidos de los productos y valores FAO**

| Aminoácido Esenciales* | FAO/WHO/ONU Adultos | Niños | Botana Control | Botana Concentrado-almidón | Botana Harina amaranto | Botana concentrado | Concentrado de amaranto |
|------------------------|---------------------|-------|----------------|----------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------|
| Lisina                 | 1.6                 | 6.6   | 1.70           | 4.31                       | 4.32                   | 4.52               | 7.47                    |
| Treonina               | 0.9                 | 4.3   | 3.03           | 4.60                       | 4.30                   | 4.52               | 5.23                    |
| Valina                 | 1.3                 | 5.5   | 5.60           | 4.94                       | 5.26                   | 5.43               | 6.14                    |
| Isoleucina             | 1.3                 | 4.6   | 4.05           | 5.00                       | 5.34                   | 5.67               | 5.30                    |
| Leucina                | 1.9                 | 9.3   | 7.82           | 7.52                       | 8.81                   | 8.44               | 7.53                    |
| Tirosina+ Fenilalanina | 1.9                 | 7.2   | 6.01           | 7.2                        | 10.13                  | 10.83              | 7.50                    |

\* g /100 g proteína

• Fuente:FAO/WHO(1990)

La tabla anterior presenta los valores de los requerimientos de aminoácidos esenciales, con base a la cantidad de aminoácidos esenciales presentes en los alimentos. Al igual que en los requerimientos energéticos, entre más temprana es la etapa de la vida mayor es la cantidad de aminoácidos esenciales que son requeridos. La tabla muestra la cantidad de aminoácidos esenciales que existen en las botanas e laboradas, para ser comparadas con los valores FAO, y poder establecer si son cubiertos o no.

El contenido de aminoácidos de estas formulaciones es muy aceptable como lo indica la tabla 23. En el caso de la suma de los aminoácidos aromáticos ésta es superior en las formulaciones con amaranto a los valores FAO, la relación leucina-isoleucina se ha mejorado con respecto al control. Sin embargo la lisina sigue siendo inferior al valor recomendado por la FAO para los niños. La botana concentrado amaranto que es la que contiene mayor cantidad de lisina cubre el 68.5% de las recomendaciones en niños, y para adultos el valor de la lisina proporcionado por la botana es superior al valor FAO.

Por otro lado la treonina, en las tres formulaciones con amaranto, presenta una proporción mayor o igual al valor FAO.

El concentrado de amaranto cubre y en algunos casos supera los valores FAO para los aminoácidos esenciales, excepto para la leucina, ya que este aminoácido ha sido considerado como limitante en el amaranto por algunos autores (Soriano, 1987) por lo que resulta un poco menor que el valor FAO, en recomendaciones para niños, sin duda éste supera los valores FAO en recomendaciones para adultos.

La harina de amaranto así como el concentrado, resultan ser buenos fortificantes de la harina de trigo para la elaboración de botanas y es recomendable para incrementar el valor nutricional.

**Tabla 24. Calificación química de la semilla de amaranto y botanas**

| Aminoácidos Esenciales* | FAO/WHO/ONU mg/g prot. | Calificación química | Calificación química | Calificación química | Calificación química | Calificación química |
|-------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                         |                        | Botana Control       | Botana conc-alm      | Botana H. amaranto   | Botana concentrado   | Conc. amaranto       |
| Lisina                  | 66                     | 25.8                 | 65.3                 | 65.5                 | 68.5                 | 113.2                |
| Treonina                | 43                     | 70.5                 | 107.0                | 100.0                | 105.1                | 121.6                |
| Valina                  | 55                     | 101.8                | 89.8                 | 95.6                 | 98.7                 | 111.6                |
| Isoleucina              | 46                     | 88.0                 | 108.7                | 116.1                | 123.3                | 115.2                |
| Leucina                 | 93                     | 84.1                 | 80.9                 | 94.7                 | 90.8                 | 81.0                 |
| Tirosina+               | 72                     |                      |                      |                      |                      |                      |
| Fenilalanina            |                        | 83.5                 | 100.0                | 140.7                | 150.4                | 104.2                |

El valor químico "chemical score" de una proteína se define como el cociente entre los miligramos del aminoácido limitante existentes por gramo de la proteína ensayada y los miligramos del mismo aminoácido por gramo de una proteína e referencia (Fennema, 1993). El aminoácido limitante es aquel en el que el déficit es mayor comparado con la proteína de referencia, es decir, que una vez realizado el cálculo, da un valor químico más bajo.

La calificación química de la semilla de amaranto es 81 este dato coincide con la literatura (Pomeranz, 1978), superior a los cereales de mayor consumo como son el trigo y el maíz e inclusive la leche, que desde el punto de vista nutricional es considerada en segundo término uno de los alimentos indispensables.y el aminoácido limitante es la leucina (Soriano, 1987) como lo muestra la tabla 24.

Si se combina trigo con semilla de amaranto en forma de harina para elaborar botanas el valor teórico que alcanzan las botanas, superan al control, siendo el más alto el de la botana concentrado, con una calificación de 68.5 que demuestra que hubo una suplementación satisfactoria pues mientras el amaranto es abundante el trigo es deficiente.

### 3.4.5.2 Botanas con harina de maíz

A las botanas que se elaboraron con harina de trigo se les realizó un perfil de aminoácidos para determinar si el valor proteínico de éstas aumentaba con respecto al control y en que porcentaje.

**Tabla 25. Contenido de aminoácidos en botanas de harina de maíz.**

| AMINOACIDO           | CONTROL MAIZ | MAIZ/CONC | CONTROL<br>MAIZ/COMER |
|----------------------|--------------|-----------|-----------------------|
| Aspártico            | 1.16         | 1.16      | 0.46                  |
| <b>Treonina*</b>     | 0.45         | 0.59      | 0.24                  |
| Serina               | 0.60         | 0.70      | 0.31                  |
| Glutámico            | 1.48         | 2.11      | 0.96                  |
| Prolina              | 0.68         | 0.98      | 0.44                  |
| Glicina              | 0.80         | 0.66      | 0.38                  |
| Alanina              | 0.51         | 0.78      | 0.41                  |
| <b>Valina*</b>       | 0.43         | 0.67      | 0.31                  |
| <b>Metionina*</b>    | 0.19         | 0.21      | 0.11                  |
| <b>Isoleucina*</b>   | 0.45         | 0.65      | 0.29                  |
| <b>Leucina*</b>      | 0.90         | 1.46      | 0.55                  |
| Tirosina             | 0.20         | 0.22      | 0.04                  |
| <b>Fenilalanina*</b> | 0.65         | 0.90      | 0.42                  |
| Histidina            | 0.45         | 0.54      | 0.26                  |
| <b>Lisina*</b>       | 0.05         | 0.33      | 0.20                  |
| Arginina             | 0.19         | 0.18      | 0.33                  |
| Proteína<br>Kjeldahl | 8.58         | 12.19     | 6.59                  |

\* Aminoácidos esenciales

En el caso de las botanas de harina de maíz se observa en la tabla 25 que la proteína aumentó 42% a la que se le adicionó concentrado (maíz-concentrado) en un 25% con respecto al control maíz.

Los aminoácidos esenciales, excepto la lisina se incrementaron en relación al control hasta un 60%, esto se puede deber a que en el proceso de elaboración

con respecto a las botanas de harina de trigo es más drástico cuando las botanas de maíz se fríen, ya que la masa de harina de maíz no es precocida y requiere mayor tiempo de cocción en el freído, lo que ocasiona pérdida en los aminoácidos que se adicionan en el concentrado.

El aumento más relevante fue el de la lisina, 5.6 veces más con respecto al control. Este comportamiento se debe a que el maíz es deficiente en lisina, la suplementación del maíz con concentrado de amaranto mejoró la calidad proteínica de la botana.

La inclusión de una botana de maíz comercial, tuvo como finalidad tener un punto de comparación con las botanas que se elaboraron. El resultado fue que la botana no cumplía con lo reportado en la etiqueta y el contenido de aminoácidos fue menor que la botana control.

## CONCLUSIONES

- Se logró obtener un aislado proteínico de semilla de *Amaranthus hypocondriacus* cruda con un contenido de proteína final de 27.02%.
- Se determinó que el contenido de humedad en las botanas es un factor crítico que afecta la calidad del producto. La humedad recomendada en los pellets generalmente es de 6-10% antes de su reconstitución. De tal modo que la humedad en los pellets debe ser uniforme para que puedan ser freídos bajo las mismas condiciones de temperatura y tiempo.
- El uso de almidón para la elaboración de botanas ayuda a mantener una distribución uniforme de la humedad proporcionada ya que actúa como ligador de humedad.
- Se desarrollaron formulaciones para elaborar botanas a partir del aislado obtenido con harina de trigo y maíz, en donde la sustitución no afectó las propiedades funcionales que caracterizan al producto. Las formulaciones que se propusieron finalmente fueron aquellas que presentaron: viabilidad tecnológica al ser elaboradas y mayor contenido de proteína.
- Se determinó que en las pruebas de textura medida mecánicamente, así como en el análisis sensorial la botana más crujiente fue la botana concentrado.
- Se determinó que la formulación con harina de amaranto en un 40% y 20% de almidón de maíz, no presenta diferencia significativa en el contenido de proteína y perfil de aminoácidos con respecto a la formulación botana amaranto que contiene 25% de concentrado.

- Se lograron incrementos considerables en el contenido de proteína del 75% y 42% en las frituras amaranto/ trigo y en las de amaranto/maíz en comparación con sus respectivos controles.
- Se obtuvieron aumentos considerables en el contenido de aminoácidos en general para las botanas desarrolladas con respecto a los controles. En el caso de la botana de harina de trigo/amaranto el incremento en la lisina fue de 165% y para la botana de harina de maíz/concentrado el aumento fue de 5.6 veces.
- Se determinó que la calificación química de las botanas en las que en su elaboración se incluyó amaranto fue superior a la calificación química de la botana control.
- Se determinó que la calificación química de la semilla de amaranto es 81.

**BIBLIOGRAFÍA**

- ✓ A. O. A. C. (1995), Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. Cunnif, P., Published by AOAC International, Edition, USA.
- ✓ BECKER, R., SAUNDERS, R. M. (1984). Amaranthus. A potential food and feed resource. Advances in Cereal Science and Technology. Vol. VI , Cap. 6. USA.
- ✓ BECKER, R., SAUNDERS, M. R. (1984). El amaranto: su morfología, composición y usos como alimento y forraje. El amaranto y su potencial. Boletín No. 1 (Arch. Lat. de Nutr. INCAP). Guatemala.
- ✓ BECKER, R., WHEALER. E. L., LORENZ, K., STARFFORD, A. E., GROSJEAN, O.K., BEYSCHART, A. A., And SAUNDERS, R. M., (1981). A compositional study of amaranth grain. Journal Food Science 46, 1175-1180.
- ✓ BREENE, W.M. (1991). Food uses of grain amaranth. Cereal Foods World. 36 (5), 426-429.
- ✓ BRESSANI, R., GONZÁLEZ, J.M., ZÚÑIGA, J., BREUNER M., and ELÍAS, L.G. (1987). Yield, selected chemical composition and nutritive value of 14 selections of amaranth grain representing four species, J. Sci. Food Agric., 38, 347.
- ✓ CALZZETA, RESIO, A.N., TOLABA, M.P. and SUAREZ C. (2000). Some physical and thermal characteristics of amaranth starch. Food Science and Technology International. 6(5): 371-378.
- ✓ D. HUANG. (2001). Selecting an Optimum Starch for Snack Development. Cereals Foods World. 46 (6), 237-239.
- ✓ Directorio Nacional de Fabricantes de Botanas, 2003-2004. Fabricantes de Botanas. CANACINTRA.
- ✓ DIVISIÓN AGRÍCOLA. TECNOLOGÍAS LLAVE EN MANO. Tomo I. (1997).INIFAP SAGAR. México.



- ✓ DIVISIÓN AGRÍCOLA. TECNOLOGÍAS LLAVE EN MANO. Tomo I. (1998). INIFAP SAGAR. México
- ✓ ESPITIA, R.E. (1994). Breeding of grain amaranth. En: O. Paredes-López (ed.), *Amaranth. Biology, Chemistry and Technology*. Crc Press, Boca Ratón. Ann Arbor. Londres.
- ✓ FAO. 1989. Amaranth Round-up. Rodale Press. EUA
- ✓ FENNEMA, O.R. (1993). Química de los alimentos. Editorial Acribia S. A., España, 128-132.
- ✓ FLORES, MARIBEL. (1994). Rendimiento, calidad nutricional y volumen de expansión de grano en cinco colectas de amaranto, sometidas a fertilización potásica. Universidad de Chapingo. México. 1-17
- ✓ IRVING D.W., BETSCHART A.A. and SAUNDERS R.M. (1981). Morphological studies on *Amaranthus cruentus*. *Journal of food Science* 46: 1170 -117
- ✓ MARTÍNEZ, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México.
- ✓ MATZ, S.A. PH. D. (1991). *The Chemistry and Technology of de Cereals as food and feed*. (Ed) Pan Tech International Inc. P.O. Box 4548., Mac. Allen, Texas 78502.
- ✓ Memorias del Primer Congreso Internacional del amaranto. (1991).
- ✓ NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (1984). *Amaranth: modern prospects for ancient crop*. Editorial National Academic Press, Washington D.C.
- ✓ PAREDES LÓPEZ, O. (1994). *Amaranth Biology Chemistry and Technology*. Editorial CRC. Press. USA.
- ✓ PAREDES-LÓPEZ, O., A.P. BARBA DE LA ROSA, D. HERNÁNDEZ Y A. CARABEZ. (s/f). *Amaranto. Características alimentarias y aprovechamiento agroindustrial*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C.
- ✓ POMERANZ, Y. (1978). *Wheat. Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemists. USA.

- ✓ Proyecto de Norma Oficial Mexicana. PROY-NOM-216-SSA1-2002. Productos y Servicios. Botanas. Especificaciones Sanitarias. Métodos de Prueba.
- ✓ ROUDAU, G., DACREMONT, C. (1998). Etude des relations entre état physique, hydratation et texture des produits céréaliers croustillants. En "Dixièmes Rencontres Scientifiques et Technologiques des Industries Alimentaires: La Structuration des Aliments, Ingrédients et Procédés". Lavoisier Technique et Documentation. Paris. 153-164.
- ✓ S. W. WANG (1997). Starches and Starch Derivates in Expanded Snacks. Cereals Foods World. 42(9), 743-745.
- ✓ SÁNCHEZ MARROQUIN ALFREDO. (1980) Potencial Agroindustrial del Amaranto (Centro de Estudios Económicos y Sociales del tercer Mundo) México, D.F.
- ✓ SERNA, SALDIVAR SERGIO R.O. (1996). Química, Almacenamiento e Industrialización de los Cereales. México. Ed. AGT Editor, S.A. 64-65, 288-305.
- ✓ SORIANO, S. JORGE. (1987). Lisina reactiva y valor biológico de semillas procesadas de *A. hypochondriacus*. Tesis Facultad de Química.
- ✓ TOVAR, L. R., BRITO, E., TAHASHI, T., MIYAZAWA, T., SORIANO, J., and FUJIMOTO, K., (1989). Dry heat popping of amaranth seed might damage some if its essential amino acids. Plant Foods hum. Nutr. 39. 299.
- ✓ TOVAR, L.R., BARRIOS, T., VALDIVIA, A (1984). Fuentes de suplementación o sustitución en tortillas de maíz: *A. hypocondriacus* y *Shorghum vulgare*. En Memorias del Primer Seminario Nacional de Amaranto. Vol. I . 193 –199.
- ✓ TRINIDAD, ANTONIO, GÓMEZ FEDERICO. (1986). El amaranto, su cultivo y aprovechamiento. Primer seminario Nacional de Amaranto. México., pág 1-301.
- ✓ VICKERS, Z.M. (1987). Crispiness and Crunchiness-Textural Attributes with Auditory Components. "En Food Texture", Moskowitz, H. R. (ed), Marcel Dekker, Inc., New York. 145-146.

- ✓ WONG, D. W.S. (1995). Química de los alimentos: mecanismos y Teoría. Editorial Acribia S.A., España. 138-141.

**ANEXO 1****Cuestionario**

Prueba de Preferencia

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

Instrucciones

Ordene las siguientes botanas por preferencia, asignándoles una calificación, considerando que 1= mínima y 5= máxima.

No se permiten empates.

|              |       |       |       |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Muestras     | 631   | 793   | 532   | 280   | 192   |
| Calificación | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |

¿Que muestra le parece que es más crujiente? \_\_\_\_\_

Muchas gracias.

| Botana              | Clave |
|---------------------|-------|
| Control             | 631   |
| Concentrado         | 793   |
| Concentrado-almidon | 532   |
| Concentrado-gluten  | 280   |
| Control comercial   | 192   |

**ANEXO 2**

Evaluación sensorial de pruebas de preferencia a un nivel de 5% de significancia

| Jueces | 631 | 793 | 532 | 280 | 192 |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1      | 5   | 2   | 3   | 4   | 1   |
| 2      | 5   | 2   | 3   | 4   | 1   |
| 3      | 5   | 2   | 3   | 4   | 1   |
| 4      | 1   | 5   | 4   | 3   | 2   |
| 5      | 5   | 2   | 3   | 4   | 1   |
| 6      | 4   | 1   | 3   | 5   | 2   |
| 7      | 5   | 2   | 4   | 3   | 1   |
| 8      | 4   | 1   | 2   | 3   | 5   |
| 9      | 4   | 2   | 1   | 3   | 5   |
| 10     | 5   | 2   | 1   | 3   | 4   |
| 11     | 4   | 2   | 5   | 1   | 3   |
| 12     | 3   | 2   | 5   | 4   | 1   |
| 13     | 4   | 1   | 3   | 2   | 5   |
| 14     | 3   | 4   | 5   | 2   | 1   |
| 15     | 2   | 1   | 4   | 3   | 5   |
| 16     | 2   | 3   | 5   | 4   | 1   |
| 17     | 3   | 1   | 4   | 5   | 2   |
| 18     | 5   | 2   | 3   | 4   | 1   |
| 19     | 5   | 3   | 4   | 2   | 1   |
| 20     | 5   | 4   | 3   | 2   | 1   |
| 21     | 5   | 3   | 2   | 1   | 4   |
| 22     | 3   | 4   | 5   | 2   | 1   |
| 23     | 4   | 3   | 5   | 2   | 1   |
| 24     | 3   | 4   | 5   | 2   | 1   |
| 25     | 5   | 4   | 3   | 1   | 2   |
| 26     | 5   | 3   | 1   | 2   | 4   |
| 27     | 5   | 4   | 3   | 1   | 2   |
| 28     | 5   | 3   | 1   | 4   | 2   |
| 29     | 5   | 3   | 4   | 2   | 1   |
| 30     | 5   | 4   | 3   | 2   | 1   |
| 31     | 3   | 4   | 2   | 5   | 1   |
| 32     | 4   | 5   | 3   | 2   | 1   |
| 33     | 4   | 5   | 3   | 2   | 1   |
| 34     | 5   | 3   | 4   | 2   | 1   |
| 35     | 3   | 4   | 5   | 2   | 1   |
| 36     | 2   | 3   | 4   | 5   | 1   |

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

|      |     |     |     |     |     |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 37   | 5   | 4   | 2   | 1   | 3   |
| 38   | 5   | 2   | 3   | 1   | 4   |
| 39   | 5   | 3   | 4   | 1   | 2   |
| 40   | 4   | 3   | 2   | 5   | 1   |
| 41   | 4   | 3   | 1   | 5   | 2   |
| 42   | 2   | 3   | 5   | 4   | 1   |
| 43   | 4   | 3   | 5   | 2   | 1   |
| 44   | 2   | 4   | 5   | 3   | 1   |
| 45   | 4   | 3   | 5   | 1   | 2   |
| 46   | 5   | 4   | 3   | 2   | 1   |
| 47   | 4   | 3   | 5   | 2   | 1   |
| 48   | 4   | 5   | 2   | 3   | 1   |
| 49   | 3   | 5   | 4   | 2   | 1   |
| 50   | 1   | 3   | 2   | 4   | 5   |
| 51   | 4   | 5   | 3   | 2   | 1   |
| 52   | 5   | 4   | 3   | 1   | 2   |
| 53   | 5   | 4   | 2   | 3   | 1   |
| 54   | 3   | 5   | 4   | 2   | 1   |
| 55   | 2   | 4   | 3   | 1   | 5   |
| 56   | 2   | 4   | 3   | 5   | 1   |
| 57   | 2   | 4   | 3   | 1   | 5   |
| 58   | 3   | 5   | 2   | 4   | 1   |
| 59   | 3   | 4   | 2   | 5   | 1   |
| 60   | 5   | 4   | 3   | 2   | 1   |
| 61   | 4   | 5   | 2   | 3   | 1   |
| 62   | 4   | 5   | 3   | 2   | 1   |
| 63   | 3   | 5   | 4   | 1   | 2   |
| 64   | 2   | 5   | 4   | 3   | 1   |
| 65   | 4   | 5   | 3   | 2   | 1   |
| 66   | 3   | 5   | 4   | 1   | 2   |
| 67   | 2   | 5   | 4   | 3   | 1   |
| 68   | 2   | 5   | 3   | 4   | 1   |
| 69   | 3   | 4   | 5   | 2   | 1   |
| 70   | 3   | 5   | 4   | 2   | 1   |
| suma | 261 | 243 | 233 | 187 | 126 |

Atributo: **CRUJIENTE**

| Jueces | 631 | 793 | 532 | 280 | 192 |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1      |     |     |     | *4  |     |
| 2      |     |     | *3  |     |     |
| 3      |     |     |     | *4  |     |
| 4      | *1  |     |     |     |     |
| 5      |     |     |     | *4  |     |
| 6      |     |     |     | *5  |     |
| 7      | *5  |     |     |     |     |
| 8      | *4  |     |     |     |     |
| 9      |     | *2  |     |     |     |
| 10     |     | *2  |     |     |     |
| 11     |     |     | *5  |     |     |
| 12     |     |     | *5  |     |     |
| 13     |     |     | *3  |     |     |
| 14     |     | *4  |     |     |     |
| 15     |     |     |     | *5  |     |
| 16     |     | *2  |     |     |     |
| 17     |     |     | *4  |     |     |
| 18     | *5  |     |     |     |     |
| 19     |     | *4  |     |     |     |
| 20     |     | --  |     |     |     |
| 21     |     | *3  |     |     |     |
| 22     |     | *4  |     |     |     |
| 23     |     |     | *5  |     |     |
| 24     |     |     |     | *1  |     |
| 25     |     |     | *3  |     |     |
| 26     |     |     | *1  |     |     |
| 27     |     |     |     |     | *1  |
| 28     | *5  |     |     |     |     |
| 29     | *5  |     |     |     |     |
| 30     | *5  |     |     |     |     |
| 31     |     |     |     | *5  |     |
| 32     |     | *5  |     |     |     |
| 33     |     | *5  |     |     |     |
| 34     | 5*  |     |     |     |     |
| 35     |     |     | *5  |     |     |
| 36     |     |     |     | *5  |     |
| 37     |     |     | *2  |     |     |
| 38     | *5  |     |     |     |     |
| 39     |     |     | *4  |     |     |
| 40     |     |     |     | *5  |     |
| 41     |     |     |     | *5  |     |
| 42     |     |     |     | *5  |     |
| 43     |     | *4  |     |     |     |

|              |       |       |    |       |      |
|--------------|-------|-------|----|-------|------|
| 44           |       |       | *5 |       |      |
| 45           |       |       | *5 |       |      |
| 46           |       |       | *5 |       |      |
| 47           |       | *4    |    |       |      |
| 48           |       |       | *5 |       |      |
| 49           |       | *5    |    |       |      |
| 50           |       | *5    |    |       |      |
| 51           |       |       |    | *4    |      |
| 52           |       |       |    | *2    |      |
| 53           |       |       | *3 |       |      |
| 54           |       | *4    |    |       |      |
| 55           |       |       | *4 |       |      |
| 56           |       |       |    | *4    |      |
| 57           |       | *4    |    |       |      |
| 58           |       |       | *3 |       |      |
| 59           |       |       |    | *4    |      |
| 60           |       | *4    |    |       |      |
| 61           | *5    |       |    |       |      |
| 62           |       | *5    |    |       |      |
| 63           |       | *5    |    |       |      |
| 64           |       | *5    |    |       |      |
| 65           |       | *5    |    |       |      |
| 66           |       |       | *3 |       |      |
| 67           |       | *5    |    |       |      |
| 68           |       |       |    | *3    |      |
| 69           |       |       |    | *4    |      |
| 70           |       |       | *5 |       |      |
| calificación | 45    | 86    | 78 | 66    | 1    |
| %            | 14.45 | 30.44 | 29 | 24.63 | 1.45 |



## ANEXO 3

Fig 4. Respuesta mecánica de botanas tipo fritura con diferente composición química

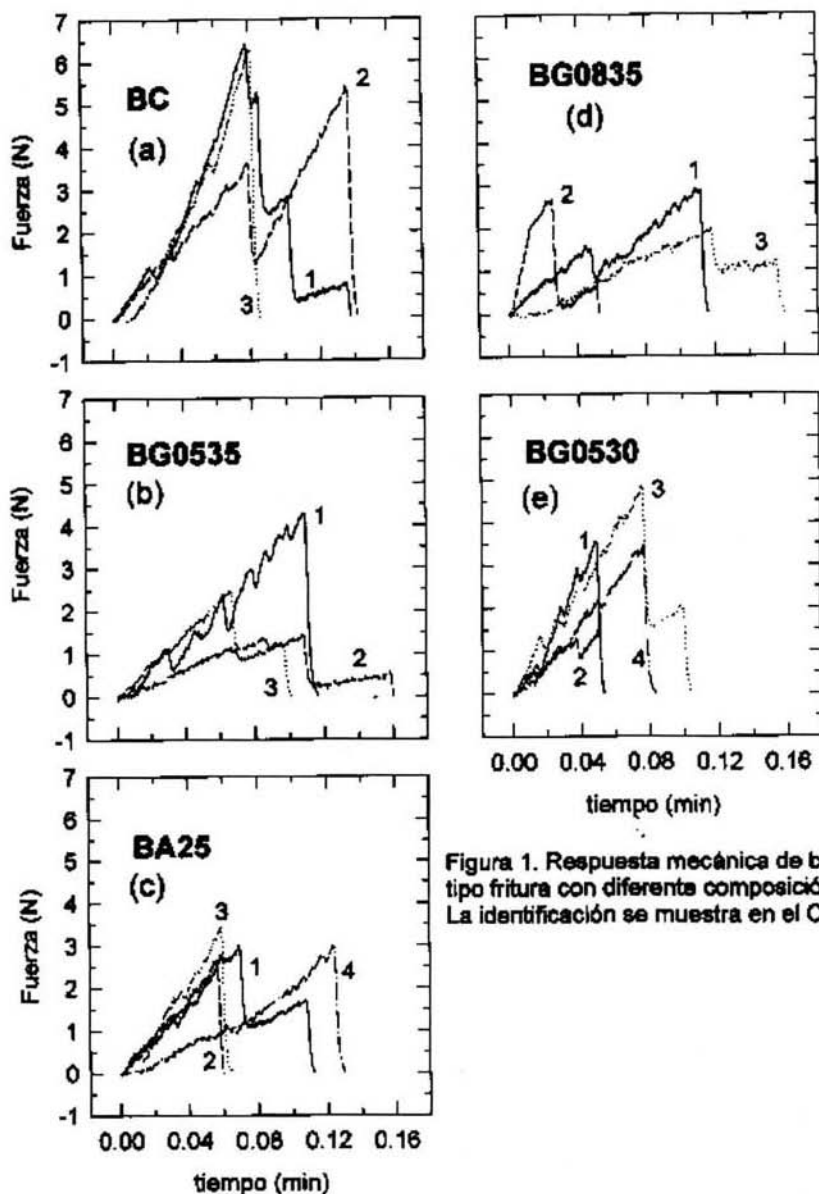


Figura 1. Respuesta mecánica de botanas tipo fritura con diferente composición química. La identificación se muestra en el Cuadro 1.

## Anexo 4 Aminogramas

### Perfil de aminoácidos del estándar

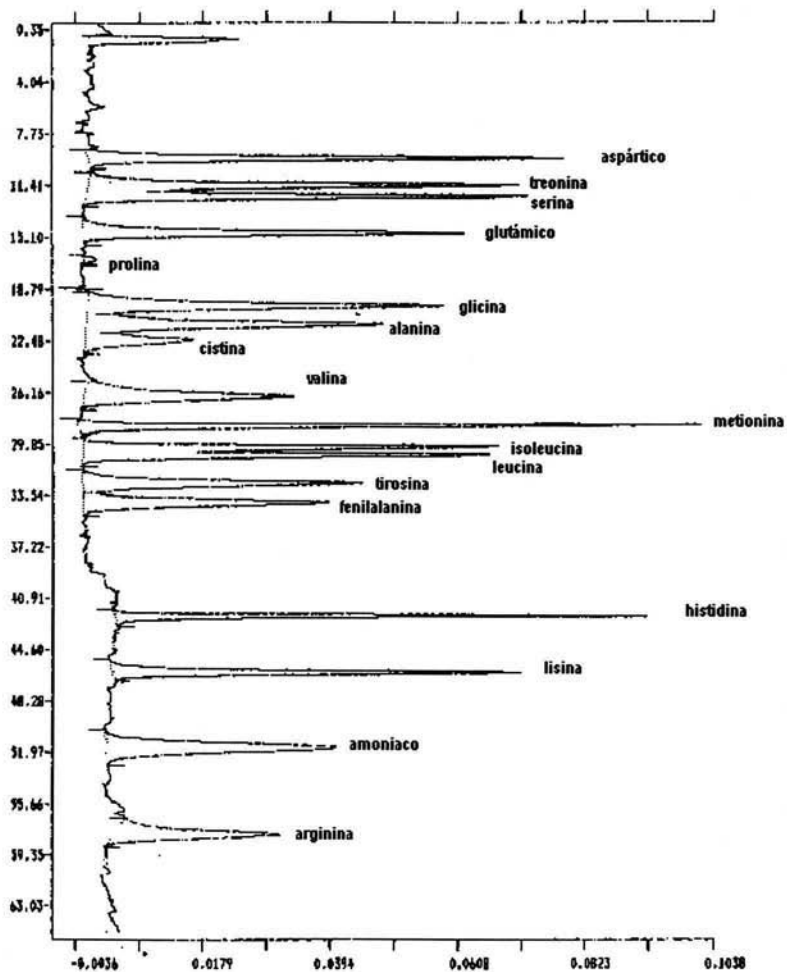


Fig. 5. Perfil de aminoácidos del estándar

PERFIL DE AMINOÁCIDOS EN BOTANA DE  
TRIGO - 25% DE AMARANTO

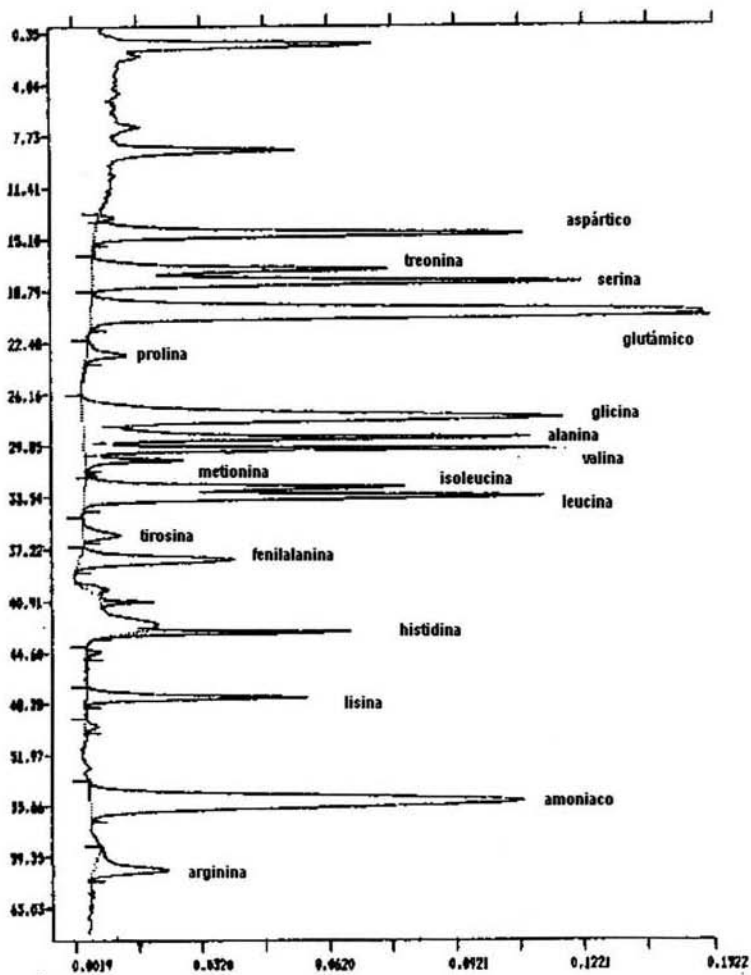


Fig. 6. Perfil de aminoácidos de la botana de trigo en amaranto

## Perfil de aminoácidos en botana de maíz- 25% de amaranto

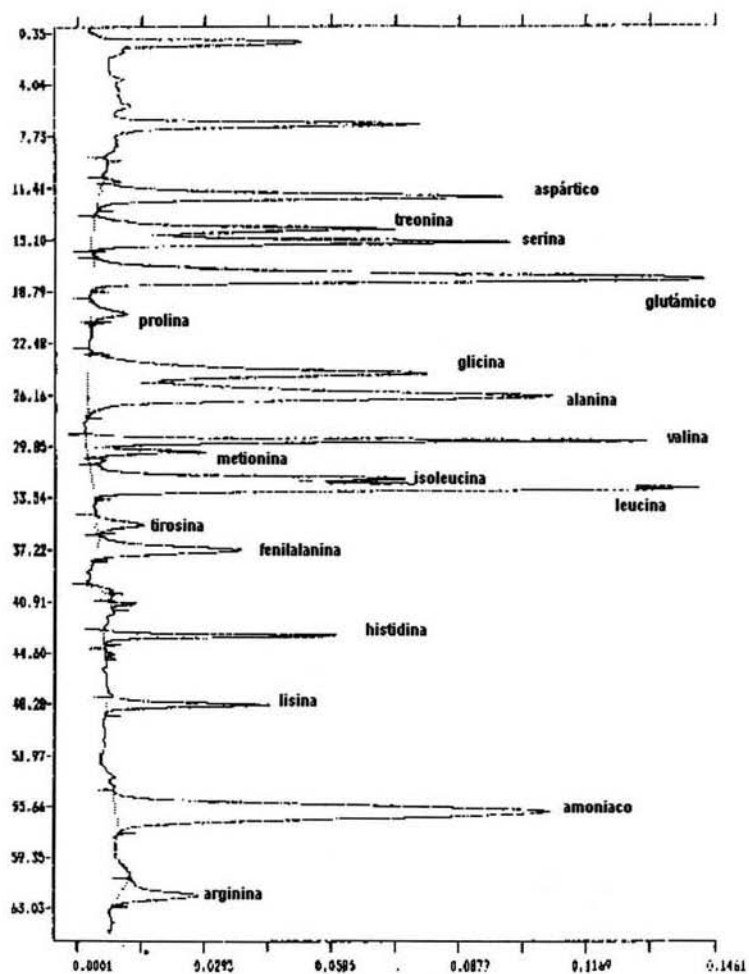


Fig. 7. Perfil de aminoácidos en botana de maíz