

26
2ej*



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

**OBTENCION DE UN AISLADO PROTEINICO DE
AMARANTO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS**

T E S I S

**PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO**

P R E S E N T A :

VIRGINIA CASILLAS QUINTERO

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

México, D. F.

1991



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 está 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.

INDICE

	Página
RESUMEN	
I. INTRODUCCION	2
II. GENERALIDADES	4
Antecedentes históricos	4
Origen de la planta de amaranto	5
Clasificación botánica y morfología de la semilla	6
Fisiología y condiciones para el desarrollo de la planta	8
Características físicas, químicas y nutricionales	9
Métodos de evaluación nutricional	16
Usos de la semilla de amaranto	18
Evaluación sensorial. Método de Ranking.	19
III. MATERIALES Y METODOS	
Características físicas de la semilla	23
Tratamiento de la semilla	
- Reventado por lecho fluidizado	23
- Molienda y tamización de la semilla	24
- Caracterización química de las fracciones obtenidas	25
- Selección de fracciones de acuerdo a su composición y obtención del aislado proteínico	25.
Desarrollo de nuevos productos	
- Palanqueta	26
- Mazapán	29
- Frituras	31

- Pasta para sopas	33
- Pasta hojaldrada	35
- Pan	37
- Tortillas de harina de trigo	39

Evaluación nutricional de los productos desarrollados	41
- Método de lisina reactiva (DBL)	41

Evaluación sensorial de los productos	45
- Prueba de preferencia	46

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Caracterización química de las fracciones obtenidas y del aislado proteínico	47
--	----

Desarrollo de productos	51
- Palanqueta	51
- Mazapán	56
- Frituras	57
- Pasta para sopa	61
- Pasta hojaldrada	64
- Pan	68
- Tortilla de harina de trigo	71

Evaluación nutricional de los productos desarrollados	74
---	----

V. CONCLUSIONES 78

VI. BIBLIOGRAFIA 79

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura No. 1 Morfología de la semilla	10
Figura No. 2 Microfotografía de la semilla	11
Figura No. 3 Reacciones que se efectúan en la medición "A" de "colorante ligado a lisina" (DBL)	19
Figura No. 4 Reacciones que se efectúan en la medición "B" de "colorante ligado a lisina" (DBL)	20
Figura No. 5 Caracterización química de la semilla cruda	49
Figura No. 6 Caracterización química de la semilla reventada.	50
Tabla No. 1 Evaluación nutricional de los productos desarrollados	75
Tabla No. 2 Aporte nutricional de los productos desarrollados	76
Tabla No. 3 Pruebas de calidad del pan	69
Tabla No. 4 Evaluación sensorial de productos desarrollados	77

RESUMEN

En el presente trabajo se obtuvo un aislado proteínico de semilla de amaranto cruda (Amaranthus hypocondriacus), sometida a proceso de molienda y fraccionamiento selectivo cuyo contenido de proteína final fue de 46.18%, y un aporte de 2.0 g lys/100 g de aislado proteínico, lo cual corresponde a un aumento de lisina y de proteína 3 veces más respecto al contenido de la semilla que es de 15.88% de proteína y de 0.64 g de lys/100 g de semilla entera. Con el aislado obtenido se desarrollaron 5 productos que fueron: tortillas de harina de trigo, pan, pasta para sopa, pasta hojaldrada y botanas; los cuales fueron evaluados química, nutricional y sensorialmente. La cantidad de proteína en todos los productos aumento significativamente, en algunos casos hasta tres veces más que el control respectivo, en sustituciones que van de aproximadamente 5 a 15% de aislado proteínico de semilla de amaranto. Estas formulaciones no presentaron diferencia estadísticamente significativa con los controles comerciales cuando fueron evaluadas por pruebas de preferencia en un grupo consumidor de 20 personas.

I. INTRODUCCION.

Hoy día tanto en México como en otras ciudades del mundo, existe gran interés respecto a la utilización de semilla de amaranto, fundamentalmente por su valor nutritivo, sobre todo cuando se compara con los cereales de uso convencional como el maíz y el trigo. Se ha establecido que la proteína de amaranto presenta un buen balance de aminoácidos esenciales, con un aporte considerable de lisina lo cual permite considerarla de excelente valor biológico.

Dadas estas características se sugiere que puede ser incluido en la formulación de diversos productos elaborados con harina de trigo o maíz.

Es por esto que existe la necesidad de introducir la semilla de amaranto en los sistemas de producción a través de la diversificación en su uso. Es importante mencionar que en nuestro país se tiene la ventaja de que el amaranto se identifica con la golosina conocida como "alegría", la cual se ha venido consumiendo desde hace muchos años. Esto permite que la utilización en nuevos productos parezca atractiva.

Asimismo otro punto que resulta importante, dadas las características nutricionales de la semilla, es la posibilidad de enriquecer alimentos tradicionales con el objetivo principal de aumentar su valor biológico. Sin embargo es importante mencionar en este punto, que las propiedades funcionales y sensoriales no se deben perder de vista para lograr una suplementación exitosa.

Es por esto que se sugiere que el enriquecimiento se lleve a cabo con aislados proteínicos que proporcionen un elevado contenido de nutrientes y al mismo tiempo los gastos en la suplementación sean menores.

Con base en estos antecedentes, los objetivos del presente estudio son: obtener una fracción rica en cuerpos proteínicos lo cual resulta factible dada la morfología y distribución de los nutrientes en la semilla. Probar el aislado proteínico en productos altamente consumidos y de menor valor nutricional, básicamente elaborados con harina de trigo. Establecer las formulaciones adecuadas en donde no se vean afectadas las propiedades funcionales que caracterizan al alimento ante el consumidor, ofreciendo un alimento bondadoso en su valor nutritivo.

II. GENERALIDADES.

Antecedentes históricos.

Son pocas las plantas que tienen orígenes históricos o culturales como la familia Amaranthaceae, ya que desde tiempos precolombinos la semilla de amaranto fue uno de los alimentos básicos del Nuevo Mundo, al igual que el maíz y el frijol, su cultivo se cree que data de 7,000 u 8,000 años y llega a la cúspide durante la cultura Maya, Azteca, Inca y otras culturas de Centro y Sudamérica.

Algunos indios de Arizona y Nuevo México, así como algunas tribus de México utilizaban las semillas en ceremoniales, a diferencia de la zona central en donde las razas autóctonas utilizaban el amaranto para formar ídolos grandes o pequeños. Estos eran elaborados con masa de amaranto y servían como amuletos para asegurar el éxito de sus siembras, además de celebrar festividades en honor a Tlaloc o Huitzilipochtli.

Las semillas de amaranto mejor conocidas entonces como huautli, (9) se encontraban relacionadas con leyendas y rituales del calendario azteca; las semillas eran mezcladas con miel y sangre humana, posteriormente se moldeaban figuras de animales o Dioses que eran venerados en templos y consumidos por la población como parte del rito religioso. Los aztecas preparaban los tamali o tzoale que consumían en las ceremonias religiosas y que ofrecían a los Dioses en el mes de enero.

Los tarahumaras, tepehuanos, mayas, yaquis y otras tribus también

sembraban este tipo de semillas y preparaban un producto llamado we'e. Los huicholes llamaban wa-ve a la semilla y la utilizaban para elaborar galletas, también con fines religiosos, en Jalisco y Oaxaca los usos eran semejantes a los anteriormente mencionados.

En otras regiones la semilla se conocía con el nombre de guate o huauate, que era el nombre correspondiente al huautli o michihuautli.

En México como en otras partes de Latinoamérica, cuando Hernán Cortés llegó al Nuevo Mundo en el año de 1519, prohibió el cultivo de la semilla, a pesar de la importancia que tenía desde el punto de vista alimentario, pues era uno de los cuatro alimentos básicos (maíz, frijol, chía y huautli) (9). En su lugar se incrementó el cultivo del maíz y otros cereales, esto fue una consecuencia provocada por los misioneros españoles que trataban de abolir las religiones nativas y los rituales de adoración establecidos por los indígenas, atrasando de esta manera la extensión del cultivo dentro de la agricultura y relegando su importancia religiosa.

Sin embargo a pesar del mandato legislativo ordenado por Cortés, algunas plantas lograron sobrevivir y ser cultivadas en algunas regiones de México y Sudamérica.

El nombre actual de la semilla es amaranto, con el cual se prepara el dulce conocido como "alegría".

Origen de la planta de amaranto.

Al parecer es muy probable que todos los amarantos para grano sean originarios de América, pero esto aun no es muy claro.

Hay dos especies cultivadas en Mexico que son *Amaranthus hypochondriacus* y *Amaranthus cruentus*. el primero se caracteriza por ser una "planta doméstica a menudo con coloración brillante e inflorescencia rígida". Se sugiere que la especie esta relacionada morfológicamente con dos especies no cultivadas que son *Amaranthus hybridus* y *Amaranthus powellii*. La primera descripción de este amaranto fue dada por Linneo con el nombre de *Amaranthus flavus*; en México los científicos le han dado nombres muy variados: *Amaranthus caudatus*, *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus leocarpus*, *Amaranthus leucospermus* y *Amaranthus paniculatus*. En suma podemos decir que no se conocen los orígenes reales de las especies cultivadas en la actualidad.

Clasificación botánica y morfología del amaranto (4),(6)

Reino:	Vegetal
División:	Embryophyta Siphonograma
Subdivisión:	Angiospermae
Clase:	Dicotiledonea
Subclase:	Archicliomidae
Grupo:	Thalamifloreae
Orden:	Caryophyllales
Género:	<i>Amaranthus</i>
Especie:	<i>Amaranthus hypochondriacus</i>

La familia *Amaranthaceae*, comprende mas de 60 especies, y aún la clasificación botánica no es uniforme, ya que la taxonomía de cada especie es un tanto variable, esto es de acuerdo al medio ambiente en el que se desarrolle la planta, (5).

Como cultivo alimentario, las diferentes especies de amaranto, poseen atributos diferentes a las plantas cultivadas comunmente. Son tres las especies de amarantos que producen inflorescencias cargadas de semillas comestibles que son *Amaranthus*

hypochondriacus, Amaranthus cruentus y Amaranthus caudatus: los dos primeros son nativos de Mexico y el último de Peru y ciudades andinas.

El amaranto es una planta anual con excelente follaje y brillantes colores. su tallo es estriado y hueco en el centro en la etapa de madurez. tiene un solo eje central con pocas ramificaciones. la raíz es corta pero robusta y provista de numerosas raicillas secundarias. sus hojas varían de forma y color. según la especie pueden ser largamente pecioladas, romboides o cónicas; el color va de verde oscuro a magenta o púrpura. además de que son pocas las plantas que sus hojas pueden ser aprovechadas como vegetales frescos. (35), (29).

La altura de la planta llega a ser hasta de dos metros. en la parte superior de la planta se encuentra la inflorescencia que es una especie de saco o bolsita en donde se producen una cantidad significativa de semillas denominadas "cereales comestibles", que son de colores muy variados y van desde el blanco amarillento, beige, café claro, rojas, hasta negras que son de especies silvestres. (29)

Son plantas que crecen vigorosamente. incluso se adaptan a condiciones adversas de desarrollo. son capaces de resistir la sequía por la ruta metabólica que poseen. también resisten enfermedades, pestes, etc. En otros términos, el cultivo de esta planta concuerda con las condiciones exactas que prevalecen en el mundo subdesarrollado.

Fisiología y condiciones de desarrollo de la planta.

La planta de amaranto realiza un metabolismo fotosintético a través de la ruta C_4 , en la cual las plantas tienen una capacidad de eficiencia fotosintética muy elevada. (29)

La ruta C_4 , es particularmente eficiente a temperaturas elevadas. (la temperatura óptima es de $40^{\circ}C$), buena luminosidad ya que es fotosensible. A temperaturas superiores a $46^{\circ}C$, la tasa de germinación disminuye. la temperatura óptima de germinación es de 16 a $35^{\circ}C$, el ciclo vegetativo es de 105-120 días a partir de la fecha de siembra.

Tradicionalmente la planta se ha cultivado a 30° de latitud del Ecuador, siendo estas zonas tropicales y subtropicales, aunque también puede desarrollarse satisfactoriamente a una altura de 3,200 a 4,000 m. sobre el nivel del mar.

Los suelos en donde se desarrolla la planta deben contener altos niveles de nutrientes, especialmente potasio y nitrógeno, aunque prefiere suelos con pH neutro o básico (pH arriba de 6), hay especies que pueden tolerar suelos ácidos y arcillosos e incluso los que contienen de 0.4 a 0.8% de cloruro de sodio.

Las semillas de amaranto fijan una buena cantidad de nitrógeno, el cual proviene del fertilizante adicionado para que el rendimiento del cultivo sea mayor. se recomienda que si se adiciona fertilizante este sea de origen natural como el estiércol.

Características físicas, químicas y nutricionales.

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. (10)(11).

El almidón es el componente mas abundante de la semilla y se localiza en el perispermo; constituido principalmente por pequeños gránulos (aproximadamente de una micra de diámetro) de estructura dcahédrica de amilosa y amilopectina, esta última se encuentra en mayor proporción y solo el 5.0-7.0 % de amilosa. Estos gránulos de almidón tienen una gran capacidad de absorción de agua.

El corte longitudinal y transversal de la semilla se muestra en la figura No. 1, así como la microfotografía de la misma en la figura No. 2

La composición química de la semilla varia de acuerdo a la especie y la zona del cultivo.

La semilla de amaranto es una fuente excepcional de proteína, que va de 14.0-16.0 % dependiendo de la variedad, (5) y que es comparada con variedades convencionales como son trigo (12.0-14.0 %), arroz (7.0-10.0 %), maíz (9.0-10.0 %) y otros cereales

altamente consumidos. Se debe considerar que la semilla de amaranto contiene niveles elevados de lisina y triptofano que son aminoácidos deficientes en cereales de uso convencional. Además contiene niveles apreciables de ácido linoléico y ácido araquidónico, siendo ambos ácidos esenciales en la dieta del hombre.

El contenido de azúcares encontrados en la semilla son 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 0.22%, estaquiosa en 0.06%; éstos pueden ser indicadores de la actividad amilásica en el periodo de postcosecha de la semilla.(6)

El contenido de nitrógeno como se mencionó anteriormente proviene del fertilizante adicionado para el mejoramiento del cultivo y la cantidad encontrada en la semilla es muy variable.

Es importante mencionar que Jones (29), propone un factor de conversión para la proteína de 5.8, más tarde Becker (29), propone 5.85 aunque en otras especies se reportan valores de 6.25, otros autores como Carlsson (29), reportan 5.2-5.6.

Composición química de la semilla de *A. hypochondriacus*.

N (%)	PROT. (%)	GRASA (%)	FIBRA (%)	CENIZAS (%)
2.67	15.60	6.1	5.0	3.3
2.67	15.60	6.1	5.0	3.3
2.24	15.60	6.5	15.7	2.7

(a) Cheeke, Bronson (1980) en base seca H de 6-11%

(b) Saunders, Becker (1983) N X 5.85

(c) Sanchez-Marroquín (1980) N X 6.25

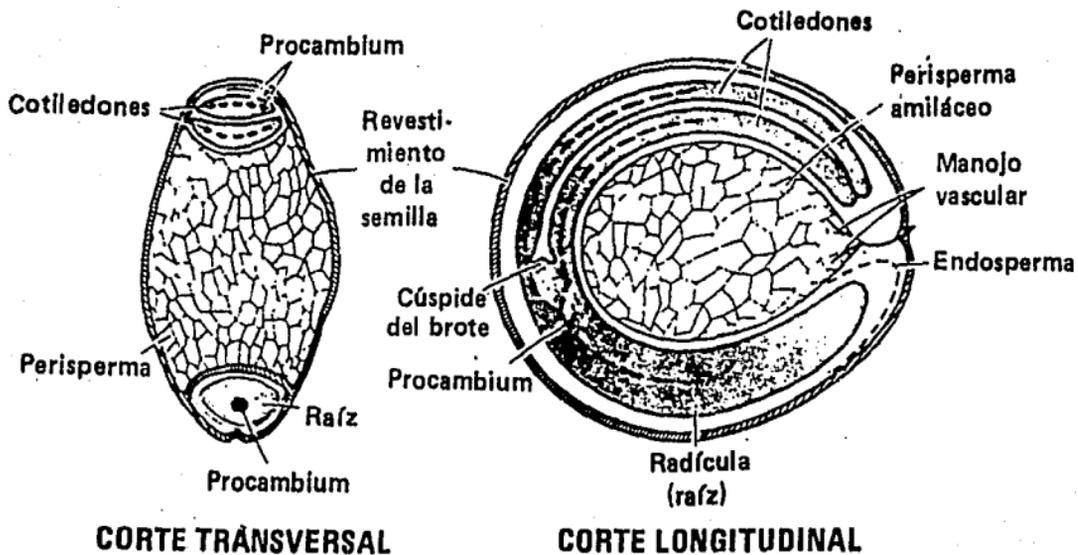


Figura No. 1 Morfología de la semilla de amaranto (5)

Becker, et.al. 1986

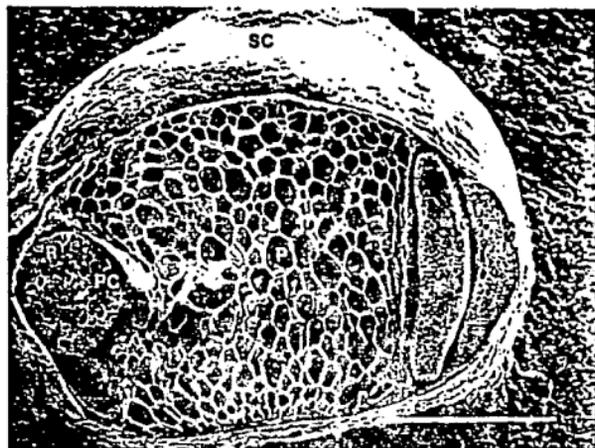


Figure 4. Scanning electron micrograph of *Amaranthus eruentus* seed fractured in cross section. Calibration bar equals 0.3 mm. C = cotyledons, P = peri:perm, PC = procambium, R = radicle, SC = seed coat. (Reprinted, by permission, from Irving et al. 1981)

Fig. No. 2 Microfotografra de la semilla de amaranto, Pomeranz (33)

Composición de Ácidos grasos

% de Ácidos grasos				
16:0	18:0	18:1	18:2	18:3
18.1	4.6	26.7	49.4	0.90
13.4	2.7	20.4	62.1	1.06

- (a) Carlsson en 1980
 (b) % de metil esterres

Contenido de vitaminas en la semilla

Riboflavina	Niacina	C	Tiamina	A
mg/ 100 g de semillas				
0.32	1.0	3.0	0.14	-
0.29	1.15	2.8	0.25	14-90

- (a) Elias en 1977
 (b) Sanchez Marroquin en 1982

Contenido de macrominerales en la semilla

P	K	Mg	Ca	S	Fe
ppm					
6,500	6,200	4,300	2,600	175	160

Contenido de microminerales

Al	Zn	Si	Mn	B	Cu	Pb	Sr
ppm							
41	36	30	29	9	7	3	2

- (a) J.P. Senft, Rosale Research Center, 1983.

Aminoácidos encontrados en semilla de *A. hypochondriacus*.

	(a)	(b)	(c)	(d)
Lisina	5.5	7.0	4.3	6.0
Histidina	2.5	3.6	2.2	2.9
Treonina	3.6	4.5	5.2	3.7
Cisteina	2.1	—	—	1.2
Metionina	2.6	—	1.6	2.2
Met + Cis	4.7	4.2	—	—
Valina	4.5	5.5	3.8	4.5
Isoleucina	3.9	4.9	3.4	3.9
Leucina	5.7	7.5	6.0	6.0
Tirosina	3.3	—	—	3.8
Fenilalanina	4.0	10.1	6.9	4.4
Serina	6.3	8.4	—	6.7
Glicina	7.4	10.5	—	8.5
Arginina	—	13.0	5.5	10.5
Alanina	—	4.9	—	3.9
Ac. aspártico	—	11.0	—	8.9
Ac. glutámico	—	22.1	—	17.9
Prolina	—	5.6	—	4.5
Triptofano	—	1.6	0.8	—

Calificación química 81.0

(a) g/ 16 g N, Carlsson en 1970

(b) g/ 16 g N, Tovar, Brito, Takahashi, Soriano en 1987

(c) g/ 100 g de proteína (N X 6.25) Sánchez Marroquín en 1980

(d) g/ 100 g de proteína, Tovar, Barrios, Valdivia en 1984

Tiene 2.29-3.39 mmol/100 g de semilla de ácido fólico y las elevadas cantidades de Ca y Mg sugieren que el ácido fólico se encuentra como compuesto insoluble.

Composición nutricional.

Fue en 1972 cuando John Downton (29), 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.

La calificación química de los cereales es:

cereal	score
maíz	44.0%
trigo	60.0%
soya	68.0%
leche de vaca	72.0%
semilla de amaranto	81.0%

Como se puede observar en la tabla anterior, la calificación química o valor biológico de la semilla de amaranto es de 81.0%, (33); 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 100.0, 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. (37)

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 en niveles similares a los que se encuentran en algunas leguminosas y otros granos como el sorgo. Lo que nos 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 el 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.

Métodos de evaluación nutricional.

Muchos han sido los investigadores que han intentado evaluar la digestibilidad de la lisina a través de determinaciones químicas en los grupos ϵ -amino sustituidos, para lo cual se han empleado diversos procedimientos. Entre los métodos empleados se

pueden mencionar: el método de Carpenter, realizado en 1960 quien utilizó como reactivo fluorodinitrobenceno (FDNB), mas tarde en el año de 1969 Kakade y Liener utilizaron trinitrobencensulfónico (TNBS); en 1973 Couch y Thomas miden lisina-reactiva utilizando un reactivo cromóforo, para el año de 1979 Skogberg y Richardson determinan lisina-reactiva por medio de un electrodo enzimático selectivo para L-lisina; en este mismo año Hurrell y Carpenter utilizan el método de "colorante ligado a lisina", (37).

En el año de 1985 se desarrollo un método cromatográfico utilizando cromatografía líquida de alta presión (HPLC), en especial para alimentos con alto contenido de carbohidratos.

De los metodos mencionados anteriormente, el más empleado es el "dye binding lysine" (DBL), que es "colorante ligado a lisina" debido a su bajo costo y rapidez. Este método esta basado en la reacción del grupo ϵ - amino libre en la proteína con un reactivo cromóforo y el derivado de lisina que se forma es cuantificado espectrofotométricamente, en donde la cantidad de lisina ligada depende de la cantidad de proteína presente en la muestra.

El fundamento de la reacción esta basado en que el colorante empleado es un ácido-azo-compuesto como lo es el Acid Orange 12 (AO12), que al mezclarse con la proteína se une covalentemente con los grupos amino básicos de la misma proteína en solución y posteriormente precipita en forma de complejo proteína-colorante, una vez que se ha alcanzado el equilibrio en la reacción la cantidad de colorante que se ha unido se calcula midiendo la desaparición del mismo colorante sobrante en la solución.

El metodo de "colorante ligado a lisina" requiere de dos

mediciones para cuantificar la lisina reactiva.

Medición A: El colorante AO12, se enlaza a los grupos amino básicos de la proteína como son histidina-arginina-lisina a pH ácido en relación molar 1:1. El complejo proteína-colorante precipita, sin embargo con aminoácidos libres no forma complejos insolubles, además la fusión con la cadena peptídica produce un aumento de grupos amino terminales que se ligan al colorante. Teóricamente si no hay ruptura de la cadena peptídica el grupo amino terminal se puede considerar despreciable en relación a los grupos amino básicos.

Medición B: Se adiciona a la proteína en solución anhídrido propiónico para neutralizar la basicidad de los grupos ϵ - amino libres de lisina en la proteína y por efecto de la propionilación se puede evaluar arginina-histidina.

La diferencia de la medición A - B es la cantidad de lisina reactiva.

El mecanismo de la reacción se presenta en las figuras No. 3 y No. 4

Usos de la semilla de amaranto.

Como se mencionó anteriormente el uso principal de la semilla antes de la conquista española era con fines religiosos, además de formar parte de la dieta del pueblo.

En la actualidad solamente algunos pueblos de México, Centro y Sudamérica además se siguen incluyendo las semillas de amaranto en su dieta en formas diversas como son atole, tamales, las hojas como vegetales frescos y preparándolas en ensaladas u otros guisos de acuerdo a las costumbres del lugar, (35) inclusive en

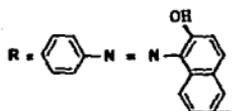
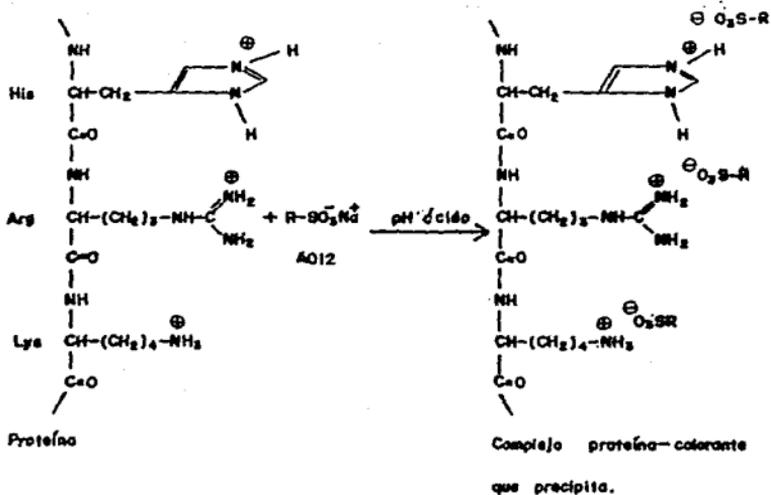


Fig. N. 3 Reacciones que se efectúan en la medición "A" de "colorante ligado a lisina" (DBL).

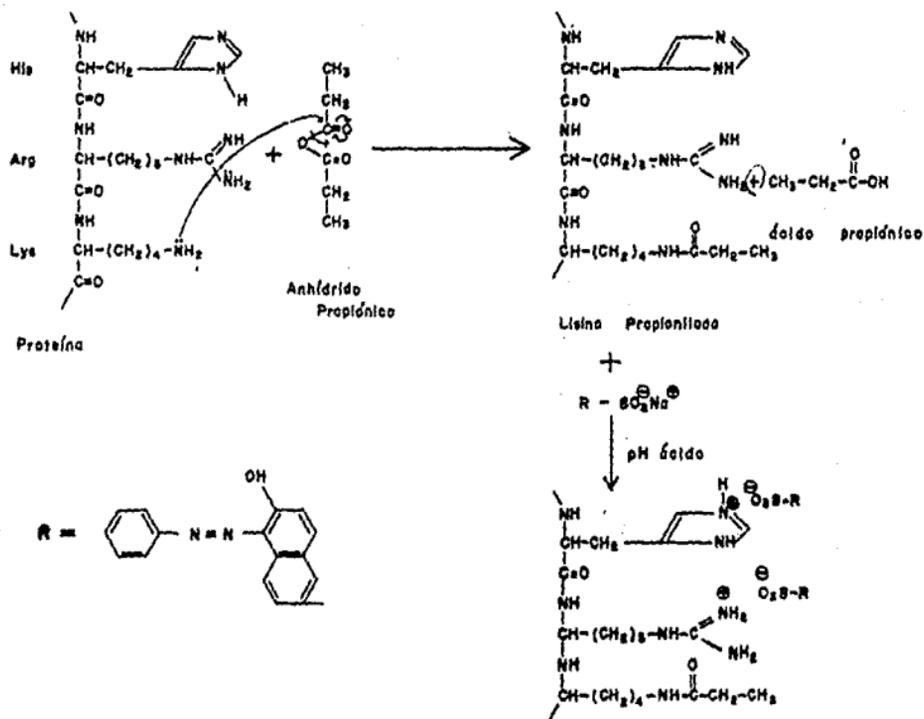


Fig. No. 4 Reacciones que se llevan a cabo en la medición de "B" de "colorante ligado a lisina" (DBL).

Guatemala se estudia la posibilidad de utilizarlo como forraje para pollos, con el fin de obtener mejores rendimientos de los mismos. (27)

Se puede decir que en Mexico el unico producto que ha prevalecido a través del tiempo y con el cual se identifica a la semilla de amaranto a nivel nacional es el dulce conocido como "alegría", la cual es elaborada a partir de semilla reventada por método tradicional. Este método consiste en colocar la semilla sobre un comal de barro en donde es removida con una especie de escobetilla de paja hasta que la semilla revienta, el tiempo de residencia es muy corto. Posteriormente la semilla es mezclada con piloncillo para formar una especie de pasta que es prensada en cajas para darle forma, en algunos casos a gusto del artesano se adicionan nueces, pepitas, cacahuete, etc. (35)

Evaluación sensorial.

El IFT (Institute of Food Technologist), define la evaluación sensorial como "una disciplina científica utilizada para captar, medir, analizar e interpretar las sensaciones percibidas a través de los sentidos de la vista, tacto, olfato, gusto y el auditivo", (37)

La evaluación sensorial es un técnica valiosa para detectar la aceptación o rechazo de los productos alimenticios.

Las pruebas de evaluación sensorial se clasifican en:

- Pruebas descriptivas
- Pruebas discriminativas o de diferencia
- Pruebas afectivas o de preferencia

Cada una de estas pruebas son utilizadas dependiendo del tipo

de información que se desea obtener, además cabe reiterar en este punto que los jueces o paneles deben ser o no entrenados dependiendo de la prueba que realicen.

Entre las pruebas de preferencia se encuentran:

- Prueba de comparación por parejas
- Prueba de ranking o preferencia

Las pruebas de aceptación pueden ser establecidas a través del uso de métodos específicos de aceptación como son:

- Escala hedónica
- Escala hedónica facial
- Escala de acción alimento

Método de ranking.

Es un método empleado en pruebas de preferencia para determinar si existe diferencia significativa entre muestras, basándose en características simples. El método de ranking es rápido y permite evaluar múltiples muestras, entre las cuales puede encontrarse el control, las muestras son presentadas simultáneamente y se le pide al juez que las ordene en forma ascendente o descendente de preferencia de acuerdo a una característica específica como puede ser sabor, textura, intensidad de color, volumen, etc.

Es recomendable no presentar un número mayor a 6 muestras para ser evaluadas.

El método de ranking es apropiado para que lo utilicen jueces o paneles de laboratorio en desarrollo de productos o evaluación de procesos, o bien por expertos para seleccionar la mejor muestra para un uso en particular. También pueden utilizarla jueces tipo consumidor quienes expresan su relativa aceptación entre un número limitado de muestras.

III. MATERIAL Y METODOS.

Características físicas de la semilla.

La especie de semillas que se utilizó durante el desarrollo del presente trabajo fue *A. hypochondriacus*. Las semillas son de color café claro a beige, de forma lenticular y de aproximadamente 1.0 mm. de diámetro.

Estas semillas fueron cultivadas, cosechadas y adquiridas en Tulyehualco, Distrito Federal.

Tratamiento de la semilla.

Reventado por lecho fluidizado.

La semilla fue reventada en un equipo de fluidización, el cual fue diseñado y construido en el Departamento de Alimentos de la Facultad de Química, para lograr un sistema de reventado continuo de semillas de amaranto.

El equipo diseñado está formado por un tolva de alimentación en la cual es depositada la semilla, la cual fluye a través de una columna de fluidización, que se encuentra conectada a un plato distribuidor en la base de la columna. Tiene instalado un manómetro que indica y regula la entrada del gas al quemador. Adicionalmente hay dos termopares conectados a un regulador de temperatura que permite fijar y controlar la temperatura del aire caliente que pasa a la columna a través de un ventilador.

La semilla se introduce a la columna, alimentando aire

caliente para producir el lecho fluidizado, pasando unos segundos bajo este estado la semilla revienta cambiando su densidad aparente, por lo tanto su velocidad de fluidización aumenta, saliendo de la columna para ser recuperada. La temperatura de reventado fue aproximadamente de 145°C con un 85% de eficiencia en el mismo, y el tiempo promedio de residencia en el lecho fue de 5-8 segundos. Antes de reventar la semilla se le adicionó una mezcla de antioxidante de BHA/BHT en 150 ppm. (12) con la finalidad de evitar deterioro químico ya que la semilla de amaranto tiene una cantidad considerable de aceite insaturado que es susceptible a enranciamiento. Posteriormente la semilla fue colocada en una tolva de alimentación del equipo para que al ponerla en contacto con el flujo de aire caliente, esta revienta.

Molienda y tamización de la semilla.

La operación de molienda se llevó a cabo en un molino CeCoCo (modelo Superline S, tipo SC-ES, Mitsubishi, Japón) que se encuentra en el Departamento de Alimentos, pasando la harina 3 veces con el objeto de obtener un tamaño de partícula pequeño.

Con el propósito de obtener una fracción rica en proteína se procedió a separar la harina obtenida en diferentes fracciones de acuerdo al tamaño de la misma, utilizando la operación de tamizado, para lo que se utilizó un tamizador fijo que se localiza en el Laboratorio de Ingeniería Química (modelo de motores trifásicos serie 4200-0406, EVAMEX, S.A.). Las mallas seleccionadas para el proceso de tamizado fueron de la No. 20 a la No. 100, posteriormente se eligieron las mallas que presentaron mayor índice de distribución en pruebas preliminares,

que fueron las No. 40, 60 y 80. (marca DUVESA) que correspondieron a las fracciones I, II y III en el caso de la semilla cruda y las fracciones IV,V y VI en el caso de la semilla reventada. las fracciones VIII y VII corresponden a los controles respectivos.

La eficiencia obtenida en el tamizado fue de 99.0%

Caracterización química de las fracciones obtenidas.

Obtenidas las diferentes fracciones de harina, se procedió a realizar un análisis químico, realizando las siguientes determinaciones:

- Determinación de proteína por Kjeldahl.
- Determinación de extracto etéreo por Soxhlet.
- Determinación de fibra cruda por hidrólisis ácida y alcalina.
- Determinación de cenizas por incineración.
- Determinación de humedad en termobalanza.
- Determinación de carbohidratos (por diferencia).

Las determinaciones anteriores se realizaron según los métodos del A.O.A.C. (2)

El análisis químico se realizó simultáneamente a la semilla cruda y reventada.

Selección de fracciones de acuerdo a su composición y obtención del aislado proteínico.

La selección de la fracción para obtener el aislado proteínico se hizo con base al contenido de proteína en cada una de las fracciones obtenidas anteriormente. En este caso la fracción seleccionada fue la III que correspondió a la malla No. 80 de semilla de amaranto crudo, la cual se procedió a desgrasar con el objeto de concentrar la proteína y al mismo tiempo darle

una mayor estabilidad ante el posible deterioro químico.

El procedimiento empleado para la obtención de este aislado fue la extracción etérea de acuerdo al método descrito en el A.O.A.C.(2), posteriormente a la fracción de harina desgrasada se cuantificó el valor de proteína.

Desarrollo de productos.

Palanqueta.

Se propuso el desarrollo de palanqueta de amaranto, como una alternativa en el consumo de semilla de amaranto reventada, además del dulce tradicional de alegría que tiene buena aceptación por parte de la población sobre todo infantil, aunque esto no quiere decir que sea dirigida solo a ellos. Con las referencias mencionadas, se pensó el proporcionarle al público una golosina con un aporte considerable de proteína.

Podríamos decir que en términos de confitería la palanqueta es una combinación de grano o semilla con caramelo duro y con un crack característico, el cual debe ser elaborado con azúcar, la cual debe encontrarse en estado amorfo y duro, o bien una combinación de azúcar y glucosa con un bajo contenido de humedad. (34).

Los ingredientes utilizados en el desarrollo de este producto fueron adquiridos en el supermercado, la semilla fue reventada en el laboratorio por lecho fluidizado y las muestras de glucosa líquida y en polvo fueron donadas por Complementos Alimenticios, S.A.

Los materiales utilizados fueron una cacerola de cobre,

cuchara de madera, charola de peltre, balanza granataria OHAUS.
(modelo 1500-D), estufa de gas y termometro (-10-400°C).

Las formulaciones desarrolladas se presentan a continuación:

Formulación	A	Formulación	B
Ingredientes	%	Ingredientes	%
semilla	70.0	semilla	60.0
caramelo		caramelo	
sacarosa	15.0	sacarosa	30.0
glucosa	14.0	glucosa	9.0
mantequilla	1.0	mantequilla	1.0
sal	0.1	sal	0.1

Formulación	C	Formulación	D
Ingredientes	%	Ingredientes	%
semilla	65.0	semilla	60.0
caramelo		caramelo	
sacarosa	20.0	miel de abeja	19.0
glucosa	14.0	glucosa	20.0
mantequilla	1.0	mantequilla	1.0
sal	0.1	sal	0.1

Formulación	E	Formulación	F
Ingredientes	%	Ingredientes	%
semilla	55.0	semilla	50.0
caramelo		caramelo	
miel de abeja	19.0	sacarosa	32.0
glucosa	25.0	glucosa	17.0
mantequilla	1.0	mantequilla	1.0
sal	0.1	sal	0.1

Formulación	G	Formulación	H
Ingredientes	%	Ingredientes	%
semilla	45.0	semilla	30.0
caramelo		caramelo	
miel de abeja	35.0	sacarosa	45.0
glucosa	19.0	glucosa	24.0
mantequilla	1.0	mantequilla	1.0
sal	0.1	sal	0.1

Formulación	I	Formulación'	J
Ingredientes	%	Ingredientes	%
semilla	20.0	semilla	20.0
cacahuate	10.0	cacahuate	10.0
caramelo		caramelo	
sacarosa	39.0	glucosa polvo	69.0
glucosa	30.0	MDX-G30	
mantequilla	1.0	mantequilla	1.0
sal	0.1	sal	0.1

Formulación	K	Formulación	L
Ingredientes	%	Ingredientes	%
semilla		semilla	
semilla de am.	15.0	semilla de am.	15.0
cacahuate	15.0	cacahuate	15.0
caramelo		caramelo	
sacarosa	30.0	sacarosa	30.0
glucosa anhidra		glucosa liquida	
L - 378	39.0	No. 3	39.0
mantequilla	1.0	mantequilla	1.0
sal	0.1	sal	0.1

Formulación	M	Formulación	N
Ingredientes	%	Ingredientes	%
semilla		semilla	
semilla de am.	15.0	semilla de am.	15.0
cacahuate	15.0	cacahuate	15.0
caramelo		caramelo	
sacarosa	30.0	sacarosa	30.0
glucosa en polvo		glucosa en polvo	
L - 386	39.0	MDX - F10	39.0
mantequilla	1.0	mantequilla	1.0
sal	0.1	sal	0.1

Procedimiento:

Se pesaron los ingredientes en la balanza granataria. Se mezcló la semilla reventada cuando fue el caso con el cacahuate picado finamente. Aparte el azúcar o sacarosa se disolvió en una cantidad de agua igual al peso de la sacarosa, se puso sobre la estufa a una temperatura aproximadamente de 50° C, para la

disolución total del azúcar, en este momento se adiciono la glucosa y se mezcló y el jarabe resultante se calentó hasta temperatura de 110°C. sin dejar de mover constantemente para evitar la caramelizacion. Posteriormente se adiciono la semilla y el cacahuete, se mezcla todo junto perfectamente durante 3-5 minutos, finalmente se agregó la mantequilla y la sal disuelta en una mínima cantidad de agua, se mezcló bien para homogenizar, la temperatura se elevó entonces a 115° C durante 2-3 minutos. Rapidamente se mezcla se virtió sobre una charola previamente engrasada, se aplana un poco y se deja enfriar ligeramente para después ser cortada.

Mazapán.

Se define como mazapán o pasta de almendra, la cual es obtenida a partir de almendras tostadas, molidas y mezcladas con una proporción de azúcar pulverizada. (32)

El desarrollo de este producto denominado mazapán en nuestro país es obtenido a partir de una mezcla de cacahuete molido y azúcar pulverizada. En el caso del mazapán de amaranto se pretendió sustituir una fracción parcial de cacahuete por harina de amaranto reventado, para lo cual se eligió la fracción V, que correspondió a la malla No. 60 de amaranto reventado, que con base al análisis químico realizado contiene un valor considerable de grasa que podría ser compatible de mezclar con la grasa del cacahuete para de esta manera no perder de vista las características propias del mazapan.

Los ingredientes empleados en la elaboracion del producto

fueron: harina de amaranto obtenida previamente en el laboratorio, el cacahuate, canela, azúcar y azúcar glass fueron adquiridas en el supermercado.

Los materiales utilizados fueron: recipiente de plástico, molino de granos doméstico (marca Moulinex), un mortero y una prensa hidráulica (Fred S. Carver, mod. C. serie 23500-733 Carver Laboratory Press), que se encuentra en el Departamento de Alimentos y una balanza granataria (mod. 1500-D OHAUS)

Las formulaciones desarrolladas se presentan a continuación:

Formulación	A	Formulación	B
Ingredientes	%	Ingredientes	%
cacahuate	35.0	cacahuate	23.0
amaranto	12.0	amaranto	24.0
azúcar pulverizada	53.0	azúcar pulverizada	53.0

Formulación	C	Formulación	D
Ingredientes	%	Ingredientes	%
cacahuate	17.0	cacahuate	20.0
amaranto	30.0	amaranto	27.0
azúcar pulverizada	53.0	azúcar glass canela polvo	52.0 1.0

Procedimiento:

Se pesaron los ingredientes en la balanza granataria, y se colocaron harina de amaranto y cacahuate en el procesador de granos donde fueron molidos hasta obtener una mezcla homogénea, posteriormente fueron colocados en los círculos de acero inoxidable, los cuales fueron posteriormente prensados en la prensa hidráulica.

Frituras.

La propuesta de elaborar frituras con aislado proteínico de amaranto, surgió a raíz de que las frituras son consideradas como "productos chatarra" desde el punto de vista alimenticio. sin embargo esto no significa un impedimento para que el público las siga consumiendo. de tal forma que se pretendió sustituir una fracción parcial de harina de trigo o de maíz por aislado proteínico de amaranto. elevando de esta manera el valor nutricional de la fritura.

Se define como fritura "al producto final de la extrusión o laminación de una masa que se frie en aceite" (14)

Los ingredientes empleados en el desarrollo del producto fueron: harina de maíz nixtamalizada "Minsa", harina de trigo "Gamesa", sal, bicarbonato de sodio "Carlo Erba", chile piquin "Mauri" y azúcar adquiridas en el supermercado, el aislado de amaranto fue obtenido previamente en el laboratorio.

Los materiales utilizados fueron: cacerola de peltre, cuchara de madera, termómetro (-10-400°C), charolas de aluminio, secador de charolas (tipo SSE-70, lote S15590, APEX, Chemical Engineers, Northfleet Gravesend y Dartforth Kent).

Las formulaciones desarrolladas se presentan a continuación:

Formulación	A	Formulación	B
Ingredientes	%	Ingredientes	%
harina de maíz	61.0	harina de maíz	61.0
aislado de am.	35.0	aislado de am.	35.0
NaHCO ₃	2.5	NaHCO ₃	2.5
sal	1.0	sal	1.0

Formulación	C	Formulación	D
Ingredientes	%	Ingredientes	%
harina de maiz	71.0	harina trigo	61.0
aislado de am.	25.0	aislado de am.	25.0
NaHCO ₃	2.5	NaHCO ₃	2.5
sal	1.0	sal	1.0

Procedimiento:

Se pesaron los ingredientes en la balanza. Aparte se mezcló harina de trigo o maiz segun el caso, el aislado de amaranto, el bicarbonato y la sal con 50 ml. de agua, se formó una masa ligera la cual tuvo que ser cocida a una temperatura de 70+/-5 °C, durante 15 o 20 minutos agitando constantemente para evitar que se formaran grumos y al mismo tiempo que se quemara. Una vez eliminada la mayor parte de agua, la masa fue extendida sobre una superficie plana y uniforme para ser laminada.

La masa fue laminada a un espesor aproximado de 1.0-1.5 mm., posteriormente fue cortada en forma de rombos, los cuales fueron colocados en una charola, dejandose secar a una temperatura ambiente durante 24 horas.

Otras frituras laminadas se sometieron a proceso de secado en un secador de charolas (APEX, Chemical Engineers) a temperatura de 100+/-4°C, durante 1.5 horas.

Una vez secas las frituras se procedio a freir en aceite caliente a temperatura de 220+/-5°C, por espacio de 10 a 15 segundos, se sacaron y se colocaron en un escurridor, para finalmente adicionarles el saborizante, se sacudieron y se empacaron.

El saborizante utilizado fue una mezcla de chile piquín y sal que fueron molidos en mortero para obtener una mezcla homogénea.

Pasta para sopa.

Se propuso la elaboración de pasta para sopas porque forma parte de los alimentos básicos en la dieta de la mayor parte de la población mexicana. Se pretendió el enriquecimiento de pasta a través de la sustitución de semolina por aislado proteínico de amaranto, elevando de esta manera no solo la cantidad de la proteína sino la calidad de la misma.

"Se entiende por pasta al producto elaborado por desecación de las figuras obtenidas del amasado de semolina y/o harina de trigo, agua potable, ingredientes opcionales y aditivos permitidos" NOM. (31)

Hay pastas en las que pueden incluirse ingredientes opcionales tales como: huevo fresco entero, albúmina de huevo o glúten, y la cantidad que puede adicionarse esta regulada por la Norma Oficial Mexicana para pastas.

En este caso el ingrediente opcional fue huevo entero deshidratado, la formulaion debía contener no menos de 4.2% de sólidos de huevo, o bien 16.8% de huevo entero líquido o yema de huevo, exceptuando los colorantes artificiales y naturales.. (31)

Los ingredientes empleados en el desarrollo del producto fueron: huevo entero deshidratado, glúten, semolina de trigo para pastas donada por la Fábrica de pastas "La Parmillana" S.A. y aislado de amaranto obtenido previamente en el laboratorio.

Los materiales utilizados fueron: recipiente de plástico, una laminadora de pastas (modelo Pastalinda, Industria Argentina), que se encuentra en el laboratorio de Tecnología de Alimentos, charolas de aluminio, balanza granataria.

Las formulaciones desarrolladas se presentan a continuación:

Formulación	A	Formulación	B
Ingredientes	%	Ingredientes	%
semolina	51.9	semolina	50.9
aislado de am.	12.9	aislado de am.	12.7
huevo entero	2.6	gluten	4.4
agua	32.4	agua	31.8

Formulación	C	Formulación	D
Ingredientes	%	Ingredientes	%
semolina	46.0	semolina	44.6
aislado de am.	19.7	aislado de am.	19.1
huevo entero	2.6	gluten	4.4
agua	31.6	agua	31.8

Formulación	E	Formulación	F
Ingredientes	%	Ingredientes	%
semolina	38.9	semolina	38.4
aislado de am.	26.0	aislado de am.	25.6
huevo entero	2.6	gluten	4.4
agua	32.4	agua	31.4

Formulación	G	Formulación	H
Ingredientes	%	Ingredientes	%
semolina	58.4	semolina	55.2
aislado de am.	6.5	aislado de am.	9.7
huevo entero	2.6	huevo entero	2.6
agua	32.4	agua	32.4

Procedimiento:

Se pesaron todos los ingredientes en la balanza. se colocaron en un recipiente de plástico. se adicionaron 50 ml. de agua para formar una masa. la cual debió ser perfectamente bien amasada hasta que el color fue homogéneo. posteriormente la pasta fue extruida en una laminadora de pastas.

La pasta fue extruida en forma de macarrones, que fueron colocados en charolas de acero inoxidable para dejarlas secar a temperatura ambiente durante aproximadamente 24 horas. una vez seca la pasta, se efectuaron las pruebas de calidad.

Pasta hojaldrada.

El desarrollo de este producto se hizo pensando en la versatilidad de usos que tiene la pasta de hojaldre, no solo en el campo de la repostería sino también en la elaboración de platillos salados.

Tradicionalmente la pasta hojaldrada se elabora a partir de harina de trigo y su valor nutricional es relativamente bajo (10.3% de proteína), pues el aporte de proteína solo lo da el trigo. Motivo por el cual resultó interesante explorar la posibilidad de sustituir una fracción parcial de harina de trigo por aislado de amaranto para elevar la cantidad y calidad de la proteína presente en la pasta, además de diversificar el uso del concentrado de amaranto obtenido en el laboratorio.

Los ingredientes utilizados en la elaboración del producto fueron: harina de trigo para todos los usos "Gamesa", margarina para pasta de hojaldre "Danes" y "Panquelina" de Carracedo y "Feite" de San Antonio de Cremeria Americana, azúcar adquiridos en el supermercado y el aislado proteínico obtenido previamente.

Los materiales utilizados fueron: una balanza granataria, batidora eléctrica de panadería, una mesa, rodillo, horno de gas y refrigerador casero.

Las formulaciones desarrolladas se presentan a continuación:

Formulación	A	Formulación	B
Ingredientes	%	Ingredientes	%
h. de trigo	42.0	h. de trigo	41.7
aislado de am.	4.6	aislado de am.	4.6
margarina FEITE	32.6	margarina FEITE	32.0
agua	20.2	agua	20.1
sal	0.5	sal	0.5
		royal	0.6

Formulación	C	Formulación	D
Ingredientes	%	Ingredientes	%
h. de trigo	52.0	h. de trigo	40.1
aislado de am.	5.2	aislado de am.	4.5
margarina PANQUELINA	26.0	margarina DANES	33.5
agua	16.6	agua	21.4
sal	0.3	sal	0.4

Procedimiento:

La elaboración de la pasta se hizo en forma manual. Inicialmente se pesaron harina de trigo y aislado de amaranto en las balanzas, junto con 10 g de margarina de alto punto de fusión la cual le impartió propiedades funcionales adecuadas a la pasta de hojaldre y 0.5 g de sal que fueron colocados en el recipiente de la batidora, además de 25 ml. de agua fría, se batió aproximadamente 10-15 minutos con el objeto de permitir una buena hidratación de la proteína además de una consistencia manejable, evitando que la masa se rompiera. La masa obtenida fue pesada en la balanza y la mitad del peso obtenido de la misma, fue la cantidad de margarina que debió incorporarse para obtener finalmente un estructura que contribuyera a la retención de gas, además de la suavidad y sabor de la pasta horneada: la margarina

se debió incorporar gradualmente al resto de la pasta por medio de amasado con rodillo, procedimiento combinado con una serie de dobleces simultáneos que fueron los que básicamente formaron las hojas características de la pasta hojaldrada. Finalmente la pasta se dejó reposar durante 1 o 2 horas en el refrigerador antes de ser moldeada.

Una vez que se ha dejado reposar, se cortaron fracciones de la misma para ser moldeadas en la forma deseada que en este caso fueron orejitas, banderillas, etc., se colocaron en una charola para galletas para ser horneadas a temperatura de $200 \pm 10^{\circ}\text{C}$, por espacio de 20 minutos aproximadamente o a que estuvieran cocidas.

Pan.

Este producto fue seleccionado por tratarse de un alimento altamente consumido por gran parte de la población. Con la adición del aislado se pretendió ofrecer un pan con una calidad nutricional superior al pan elaborado tradicionalmente con harina de trigo.

"Los productos de pan y bollería son los elaborados a partir de la masa fermentada y horneada, preparados a partir de harina de trigo, agua potable, sal yodada, azúcar, manteca, levadura y otros ingredientes como salvado, esencia de frutas y otros aditivos permitidos para alimentos" NOM. (30)

Los ingredientes empleados en el desarrollo del producto fueron: harina de trigo para todos los usos marca "Tres Estrellas", grasa vegetal "Inca", levadura seca activa "Fleischmann's", sal y azúcar que fueron adquiridas en el

supermercado, y el aislado obtenido previamente.

Los materiales utilizados fueron: una balanza granataria, un recipiente de plastico, un gabinete de fermentacion (modelo Allen Bradley, Milwaukee, National MFG. Co.), horno de gas domestico y charolas de reposteria.

Las formulaciones desarrolladas se presentan a continuacion:

Formulación	A	Formulación	B
Ingredientes	%	Ingredientes	%
h. de trigo	55.5	h. de trigo	48.6
aislado de am.	13.8	aislado de am.	20.8
grasa vegetal	6.9	grasa vegetal	6.9
levadura seca		levadura seca	
al 3.3 %	17.3	al 3.3 %	17.3
azucar	5.5	azucar	5.5
sal	0.7	sal	0.7
agua	necesaria	agua	necesaria

Formulación	C
Ingredientes	%
h. de trigo	59.0
aislado de am.	10.4
grasa vegetal	6.9
levadura seca	
al 3.3 %	17.3
azucar	5.5
sal	0.7
agua	necesaria

Procedimiento:

Se pesaron los ingredientes en la balanza granataria. Se colocó el harina de trigo y el aislado proteínico de amaranto en un recipiente, se adicionaron 25 ml. de una suspensión de levadura (previamente activada en la cual se disolvieron azúcar y sal en el agua necesaria) y la cantidad de agua necesaria para obtener una consistencia deseable en la masa. Se mezcló muy bien

en forma manual y se adicionó entonces la grasa vegetal incorporandola de la misma forma, hasta lograr una masa homogénea, misma que fue colocada en un recipiente tapada con un lienzo húmedo dentro del gabinete de fermentación a temperatura de 30°C y HR de 75%. Se tomó tiempo de 1.45 hrs. se sacó del gabinete se amasó y se regreso al gabinete hasta que el tiempo marco 2.5 hrs. se amasó nuevamente con el objeto de ayudar al desarrollo del gluten de la harina de trigo. Posteriormente se regresó al gabinete y al tiempo que indicó 3.0 hrs totales de fermentación. la masa fue retirada del gabinete. se tomaron porciones pequeñas de la masa para moldear el pan en la forma deseada.

Las figuras moldeadas de pan se barnizaron con huevo y se hornearon a 200+/-10°C. por espacio de 25+/-5 minutos o a que estuvieran cocidos.

Una vez horneado el pan se realizaron las pruebas de calidad correspondientes asi como las evaluaciones de lisina-reactiva y proteína.

Tortillas de harina de trigo/amaranto.

Se propuso elaborar tortillas de harina de trigo, sustituyendo una fracción de harina de trigo por aislado de amaranto y otras sustituyendo harina integral de amaranto.

Se eligió harina de trigo y no de maíz para elaborar las tortillas porque el gluten de la harina de trigo es el unico que posee propiedades de hidratacion, extensibilidad y elasticidad características. que son deseables en una tortilla de harina.

Estas propiedades no las poseen otros cereales, tal es el caso del maíz, y probablemente al elaborar una tortilla de maíz/amaranto no se hubiera logrado.

Los ingredientes empleados en la elaboración del producto fueron: harina de trigo marca "Tres Estrellas", manteca vegetal "Inca" y sal adquiridas en el supermercado y el aislado proteínico obtenido previamente en el laboratorio.

Los materiales utilizados fueron: balanza granataria, recipiente de plástico, rodillo, comal doméstico y estufa de gas.

Las formulaciones desarrolladas se presentan a continuación:

Formulación	A	Formulación	B
Ingredientes	%	Ingredientes	%
h. de trigo	52.9	h. de trigo	43.8
aislado de am.	6.9	aislado de am.	10.9
manteca vegetal	22.0	manteca vegetal	27.3
agua	19.1	agua	17.8

Formulación	C	Formulación	D
Ingredientes	%	Ingredientes	%
h. de trigo	52.9	h. de trigo	47.0
h. integral de amaranto	5.8	h. integral de amaranto	11.7
manteca vegetal	22.0	manteca vegetal	22.0
agua	19.1	agua	19.1

Procedimiento:

La elaboración de este producto se hizo manualmente. Se pesaron los ingredientes en la balanza granataria y se mezclaron harina de trigo y harina de amaranto, se formó una fuente con las harinas y en el centro se colocó la grasa vegetal y el agua fría.

Se amasó manualmente hasta la incorporación total de los ingredientes, finalmente se formaron pequeñas bolitas de la misma masa. las cuales se dejaron reposar durante 20 minutos aproximadamente para lograr una buena hidratación del glúten. Cuando hubo transcurrido el tiempo se extendieron con ayuda del rodillo, dándoles forma redonda característica de las tortillas, finalmente se ponen sobre el comal a fuego normal de la estufa hasta que estuviesen cocidas.

Evaluación nutricional de los productos desarrollados.

Se realizó la determinación de lisina-reactiva para evaluar la calidad nutricional de los productos desarrollados por ser un metodo químico sencillo y confiable además de adaptarse a las condiciones que se tenían en el laboratorio y tomando en cuenta la reproducibilidad del mismo. Como se mencionó anteriormente hay otros métodos para evaluar lisina, por otro lado los métodos biológicos requieren de un tiempo mayor y son mas costosos.

La determinación de lisina-reactiva se efectuó a las fracciones de amaranto empleadas en el desarrollo de productos, además de la harina de maíz y trigo utilizada.

Método de lisina reactiva (DBL).

Para la determinación de lisina-reactiva se siguió el método de Hurrel, et.al. (23), que se fundamenta en la unión covalente del colorante Acid-Orange12 (AO12), con los grupos amino básicos de la preoteína en solución, la cual forma un precipitado en forma de complejo y la cantidad de colorante unido se calcula midiendo la desaparición del mismo colorante sobrante en la

solucion. El metodo se describe a continuacion:

- a) Se molio la muestra finamente a tamano de malla 0.5 mm.
- b) Se peso la cantidad adecuada de muestra que iba a ser analizada en dos frascos de polietileno (capacidad aproximada de 60 ml.) a los cuales se les denomino A y B.

Para calcular la cantidad de muestra para cada frasco se debe tomar en cuenta que para la lectura A se requieren 40 ml. de solucion colorida de acid-orange 12 (AO12), equivalentes a 3.89 μ moles/litro de colorante, lo que representa 0.156 μ moles de este volumen.

Para obtener lecturas adecuadas, la concentracion final del colorante debia encontrarse en un rango que va de 1.3 - 1.7 μ moles/ litro de colorante.

Para calcular el peso de la muestra necesaria que contuviera este numero de moles en grupos amino, se tuvo que consultar el aminograma correspondiente a la proteina de amaranto.

A continuacion se presenta un ejemplo de como se calculo la cantidad de muestra requerida para llevar a cabo la determinacion.

Ejemplo ilustrativo de la harina de amaranto crudo.

	g/16 g de N	P.M.	μ moles/16 g de N
Arginina	10.54	174.0	41.7123
Histidina	2.97	155.0	19.1613
Lisina	6.09	146.0	60.5747

			121.4483

Si 100 g de proteina cruda tienen 121.4483 μ moles, los 0.08 μ moles que se requerian estaban contenidos en:

$$\frac{0.080}{\text{-----}} \times 100 \times 100 = 65.8717 \text{ mg de proteina cruda}$$

$$121.4483$$

Si la muestra tiene un contenido de proteina total de 12.9663% entonces la cantidad de proteina que se debió pesar fue:

$$68.8517 \text{ mg de prot. cruda} \times \frac{100 \text{ g de muestra}}{12.9663 \text{ mg prot. cruda}} = \frac{508.02 \text{ mg}}{\text{de muestra fco. "A"}}$$

Para la muestra del frasco "B" no se considera el valor de la lisina (puesto que se elimina con la propionilación) y los calculos se hacen:

$$\frac{0.080 \text{ mmoles}}{(41.71 + 19.16)} \times 100 \times 1000 \times \frac{100}{12.9663} = 100.67 \text{ mg de muestra en el frasco "B"}$$

Si al hacer la lectura las absorbancias de la muestra A o B. las concentraciones fueran menores a 1.3 mmoles/litro, entonces la cantidad de muestra debió disminuirse, ahora si la concentración fuera mayor a 1.7 mmoles/litro, la cantidad de muestra debió aumentarse.

Una vez determinada la cantidad de muestra se prosigue:

- c) A cada frasco se le introdujeron 3 balines de acero inoxidable de 0.5 mm. de diámetro y 1 ml. de 2-propanol. (R.A. Merck), se agito durante 5 minutos en una plancha de agitación (Agitador orbital con cámara de temperatura controlada Edisa-CDMIT. ADRTEC). para humedecer la muestra del frasco A y B.
- frasco A + 4.0 ml. de acetato de sodio al 5% (w/v)
- frasco B + 4.0 ml. de acetato de sodio al 5% + 0.3 ml. de anhídrido propiónico. (R.A. Merck)

Ambos frascos fueron agitados vigorosamente durante 15 minutos.

d) Se añadieron 40 ml. de solución colorida de A012, con 3.89 mmoles/litro en buffer de fosfatos preparado previamente a pH de 1.3-1.6 con ácido oxálico y ácido acético, ambos de grado analítico. (23)

Se agitó durante 60 minutos. tiempo en el cual se alcanza el equilibrio.

e) Se centrifugó la solución a 5.000 rpm. por 10 minutos en una centrifuga (Damon/IEC Divison Iecht Centriufuge).

f) Se filtró la solución a un tubo de ensaye, se tomo 1.0 ml. y se diluyo a 100 ml. con agua destilada.

g) Se determinó la concentración del exceso del colorante por espectrofotometria (Spectrophotometer Perkin Elmer Lambda 3A UV/VIS) a 475 nm., previa dilución.

h) La lectura de las muestras se determino utilizando una curva std. de colorante en concentraciones 1.3-1.7 mmoles/litro.

i) Las mediciones obtenidas en mmoles de colorante ligado por litro fueron convertidas a mmol de colorante ligado por 100 g de muestra, tomando en cuenta los 40 ml (mencionados en el inciso d) a la solución de colorante A012.

Los calculos se realizaron de la siguiente manera:

$$\text{mmol de colorante ligado} \quad \times \quad \frac{40 \text{ ml.}}{1000 \text{ ml.}} \quad \times \quad \frac{100 \text{ g}}{\text{peso muestra}}$$

y pueden también calcularse mmoles de colorante en base a 16 g de N. tomando en cuenta el % de proteína cruda en la muestra.

mmol de colorante ligado	X	40 ml	X	100 g	X	100 %
		1000 ml		peso muestra		% de prot. cruda

- j) Para obtener la cantidad de lisina en la muestra, los mmoles de colorante ligado por 16 g de N, se multiplican por 0.146 (PM de Lys es 146.19) y de esta manera el resultado queda expresado como g Lys/16 g de N.

Finalmente se resta el valor del fco. A al fco. B

Evaluación sensorial de los productos.

Prueba de preferencia.

Los productos fueron evaluados por análisis sensorial, esto fue con el objeto de conocer la preferencia de un grupo consumidor.

Para las pruebas de preferencia que se realizaron se eligió un grupo de 20 personas que básicamente incluían estudiantes en edades de 22-25 años; y las evaluaciones fueron realizadas en el laboratorio.

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

Para la evaluación sensorial se le pidió al juez que contestara el cuestionario No. 1, que se anexa a continuación.

PRUEBA DE PREFERENCIA

Nombre:
Producto:
Fecha:

Instrucciones: A continuación se presentan X muestras. Por favor evalúelas respecto al sabor y textura, entonces clasifíquelas de acuerdo a su preferencia, escribiendo el número que le corresponde a la muestra codificada en el renglón correspondiente.

Primero:
Segundo:
Tercero:

Comentarios:

Muchas gracias.

Firma.

Para el análisis estadístico se siguió el método de Ranking por preferencia, a un nivel de significancia del 5%.

Una vez evaluados los productos de acuerdo a la preferencia por parte del juez, los datos obtenidos en el cuestionario se trataron estadísticamente usando el método de Rank o clases, (25) para determinar si hay o no diferencia estadísticamente significativa entre las muestras presentadas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION.

Caracterización química de las fracciones obtenidas y del aislado proteínico.

Los resultados obtenidos de la caracterización química en las fracciones se muestran en las siguientes figuras. Figuras No. 5 y No. 6

De acuerdo a la tabla de resultados se pudo establecer que en la semilla de amaranto crudo se concentraron algunos componentes. Esto puede observarse en la fracción III correspondiente a las mallas No. 80/100, en donde se obtuvo aproximadamente 35% de proteína y 17.5% de grasa. Si se considera que la mayor cantidad de proteína se encontraba localizada en el embrión y capas externas de la semilla en un 65% y un 35% en el perispermo amiláceo, se puede inferir que en esta fracción se obtuvo la mayor proporción de estas estructuras. Esto se debió seguramente a que presentaron menor resistencia a la abrasión en la operación de molienda. Por otro lado, esto se confirma si se analizan los valores de fibra cruda, que también fueron elevados en esta fracción.

En la fracción I que correspondió a la malla No. 35, 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, esto confirmó que en tal estructura solo se encuentra el 35% de proteína total de la semilla. Asimismo también se puede

verificar con los valores de fibra cruda y cenizas obtenidos que resultaron bajos.

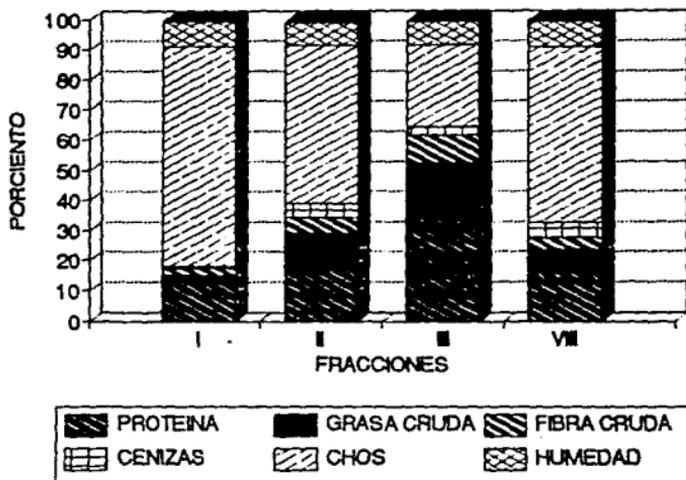
Por otro lado la fracción II correspondiente a la malla No. 50, presentó una composición intermedia entre las dos fracciones externas.

Respecto a la semilla reventada por lecho fluidizado la distribución de los componentes encontrada en las fracciones IV, V y VI correspondientes a las mallas No. 35, 50 y 80/100 resultó diferente a la encontrada en la semilla cruda. Esto se puede explicar si se considera que durante el proceso de reventado la estructura y distribución de algunos componentes en el grano se ven modificados. Al perder agua durante el proceso de reventado algunas estructuras moleculares pierden su morfología, cambiando sus características físicas originales, esto a la vez puede provocar un cambio en la resistencia a la molienda que se traduce en la homogeneidad de composición en cada una de las fracciones.

Obtención del aislado proteínico.

Con base a la cantidad de proteína, se seleccionó la fracción que presentó un contenido generoso de este componente; en este caso la fracción seleccionada fue la III. Posteriormente con el objeto de lograr un aislado o concentrado proteínico, con un valor aún mayor de proteína y más estable químicamente, se sometió a extracción de lípidos, lográndose un valor final de 46% de proteína. Esta fracción fue seleccionada para ser incluida en la formulación de los productos a desarrollar. Considerando como aspecto fundamental no afectar las propiedades funcionales de los productos elaborados tradicionalmente con harina de trigo, que

COMPOSICION POR FRACCION



FRACCION	% PROTEINA	% GRASA CRUDA	% FIBRA CRUDA	% CENZAS	% CHOS	% HUMEDAD
I	13.0781	2.0515	2.4239	0.7175	73.329	8.4
II	18.2152	10.8608	5.8274	4.5445	52.6521	7.9
III	34.5052	17.5765	9.6031	3.1774	27.0378	8.1
VIII	15.888	7.8057	4.1721	5.1554	58.3788	8.6

Fracción I correspondiente a la malla No. 35

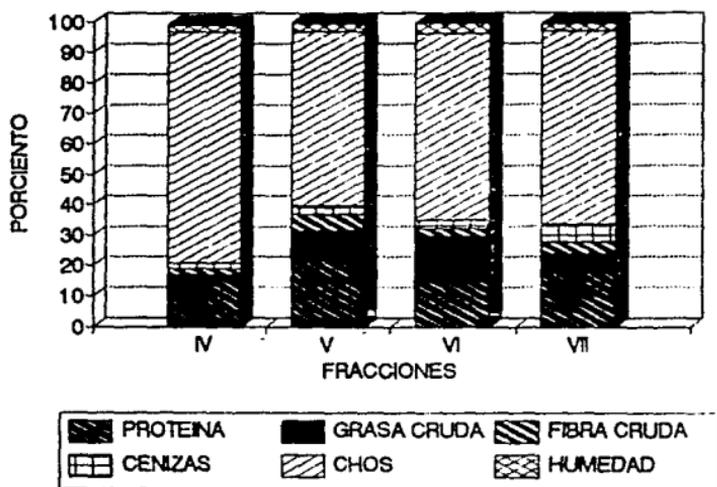
Fracción II correspondiente a la malla No. 50

Fracción III correspondiente a la malla No.80/100

Fracción VIII correspondiente a la semilla cruda entera

Fig. No. 5 Caracterización química de la semilla cruda.

COMPOSICION POR FRACCION



FRACCIO % PROTEIN % GRASA C % FIBRA CRU % CENIZA % CHOS % HUME

IV	15.3769	1.847	2.2559	2.1254	75.9948	2.4
V	21.6982	9.5951	5.5942	3.0033	57.3092	2.8
VI	14.9643	14.3826	2.7626	3.069	61.3215	3.5
VII	17.6161	6.1754	4.1593	6.0857	63.3635	2.6

Fracción IV correspondiente a la malla No. 35

Fracción V correspondiente a la malla No. 50

Fracción VI correspondiente a la malla No. 80/100

Fracción VII correspondiente a la semilla entera reventada

Fig. No. 6 Caracterización química de la semilla reventada.

son dadas fundamentalmente por su proteína que es el gluten.

Por otro lado cuando se evaluó el contenido de lisina en esta fracción, se encontró que este aminoácido se había concentrado en la misma magnitud que la proteína, encontrándose casi la totalidad de lisina presente en el grano entero. Si se considera que los cuerpos proteínicos en la semilla se encuentran localizados en 65% en las capas externas y el embrión, se puede inferir que en estas estructuras se encuentra también la mayor cantidad de este aminoácido esencial.

Este hallazgo confirmó la importancia de utilizar este aislado como sustituto de otro cereal en productos básicos, al mismo tiempo se presenta como una alternativa de interés para ser utilizado como materia prima en un sinnúmero de productos.

Desarrollo de productos.

Los productos desarrollados en este estudio fueron seleccionados de las muchas posibilidades que existen, se aplicó el criterio de los productos de mayor consumo, tratando de abarcar aquellos que se clasifican como básicos y otros como golosinas y botanas.

La posibilidad de adicionar bajas proporciones de aislado logrando un aumento significativo en sus propiedades nutricionales, sin que se vieran afectadas sus propiedades funcionales.

Palanqueta.

Para elaborar este producto, se utilizó semilla entera

reventada. Es importante señalar que en este estudio se considero necesario establecer la formulación optima para elaborar esta golosina, ya que a pesar de que en la actualidad se encuentran varios tipos en el mercado, presentan grandes defectos en textura y sabor.

Los resultados obtenidos en las diversas formulaciones realizadas para la obtencion de una palanqueta, fueron en algunas ocasiones poco satisfactorias, en la formulación A (ver materiales y métodos) la proporción de semilla de amaranto fue de 70% y la proporción de caramelo muy pequeña (30%), el dulce resultante fue desmoronable por el exceso de semilla, además de que no contaba con textura adecuada, de manera que se consideró que no cumplía con las características. Para la formulación B se disminuyó la cantidad de semilla y al mismo tiempo se aumentó la proporción de caramelo, el resultado obtenido fue similar al anterior.

A partir de esta formulación se fueron disminuyendo gradualmente 5 g de semilla de amaranto, mismos que se aumentaban en la proporción de caramelo, probando para este último diferentes proporciones de azúcar/glucosa.

Se exploró también la posibilidad de sustituir una cantidad de azúcar por miel de abeja, pero la incorporación de los ingredientes se dificultó un poco, además de ser fácilmente desmoronable y ligeramente más dulce que la elaborada con azúcar. Para la formulación E (ver materiales y métodos) se sustituyó menor cantidad de miel de abeja y mayor cantidad de glucosa, el resultado fue un sabor agradable pero de textura no.

El resultado obtenido en la palanqueta de formulación F (ver

materiales y métodos) presentaba buena apariencia, la proporción de azúcar empleada (32%) aparentemente fue adecuada pero en el momento de enfriarse el caramelo quedó duro y se rompió fácilmente ya que el azúcar se cristalizó. Para la siguiente formulación (G), se empleó mayor proporción de miel de abeja respecto a la formulación anterior y mayor cantidad de glucosa (19%) el dulce resultante fue demasiado blando.

Al llegar a la formulación H se determinó la proporción adecuada de semilla de amaranto (30%) y de caramelo (69%), la textura fue semejante a la de una palanqueta, pero esta fue muy dulce debido a la elevada proporción de azúcar empleada (45%). Partiendo de la formulación anterior se establecieron las proporciones adecuadas de azúcar/glucosa, además de que se incluyó otro ingrediente, que fue el cacahuete.

Para la formulación I se sustituyeron 10 g de semilla por 10 g de cacahuete, la cantidad de azúcar fue mayor respecto a la glucosa, el resultado fue una textura regular y de sabor un poco insípida. La inclusión del cacahuete a la palanqueta resultó muy atractiva tanto en textura como en sabor y apariencia.

En las siguientes formulaciones se sustituyó la proporción de glucosa líquida por glucosa en polvo. Las muestras empleadas fueron MDX-10, MDX-G30, L-386 y L-378 de Complementos Alimenticios, S.A.

En la palanqueta de formulación J se empleó solamente glucosa en polvo MDX-G30 para el caramelo, la golosina resultó excesivamente dulce aunque con buena textura, en la formulación siguiente se cambió la glucosa en polvo por la L-378, el resultado fue demasiado dulce y textura poco apropiada, ya que al

morderla se pegaba en los dientes.

La formulacion que incluyo glucosa L-386 fue de buena textura y aspecto agradable, pues fue mas brillante que las palanquetas anteriores, el defecto que tenia fue que la glucosa no estaba distribuida homogeneamente.

La formulación elaborada con glucosa en polvo MDX-10 fue la que resultó con mejores características en cuanto al sabor, textura y apariencia.

Después de la elaboración de 12 formulaciones, las cuales fueron evaluadas preliminarmente, la palanqueta de formulacion N fue designada para identificar al producto.

La formulación elegida fue la que se presenta a continuación:

Ingredientes	%
semilla alegria	15.0
cacahuete	15.0
azúcar	30.0
glucosa en polvo MDX-10	39.0
mantequilla	1.0
sal	0.1

Uno de los puntos críticos y mas importantes en el proceso de elaboración de la palanqueta fue establecer las proporciones adecuadas de semilla y caramelo, y de este último las proporciones de azúcar/glucosa reespectivamente; ya que la combinación de ambas es igualmente importante. Por una parte el azúcar es el principal elemento que endulza y proporciona estructura rigida al caramelo al enfriarse. En las palanquetas en las que se incluyeron mayores cantidades de azúcar, resultaron duras y quebradizas debido a una sobresaturación de la misma, lo

que propició una solidificación rápida en forma de vidrio amorfo. Este efecto se disminuyó incluyendo glucosa en la formulación, ya que la combinación de azúcares es más soluble que el azúcar solo y el aumento de solubilidad equivale a la disminución de la cristalización. En esta etapa interviene la adición de manteca que actúa en la adsorción sobre las superficies de los cristales durante su formación, evitando que estos crezcan demasiado.

Cabe señalar que hasta que se establecieron las proporciones adecuadas de azúcar/glucosa el producto resultó duro, o por el contrario demasiado blando. Esto dependió de la cantidad de glucosa incluida. Si la cantidad era grande se propiciaba una mayor retención de humedad, o si era muy pequeña sucedía lo contrario. Aunque la dureza o blandura de la palanqueta dependió también de la cantidad de agua eliminada durante la ebullición del caramelo antes del enfriamiento y solidificación del mismo. Algunos autores creen que tiene una acción coloidal protectora por lo cual el jarabe cubre los cristales pequeños de sacarosa impidiéndole crecer y aumentar de tamaño. (19)

Para la palanqueta de amarantho elaborada se estableció una relación de 56.52% /43.47% de glucosa/sacarosa respectivamente.

Otro punto de gran importancia fue la temperatura a la que se formó el jarabe de glucosa/sacarosa, ya que si la temperatura se eleva el jarabe carameliza y el sabor es amargo además de haber reacciones de oscurecimiento no enzimático.

En cuanto a la evaluación nutricional de este producto, se observaron valores elevados tanto de proteína como de lisina. En la formulación preferida los valores de proteína obtenidos fueron

de 5.25 y 6.71 g de proteína/ 100 g de palanqueta con y sin chocolate respectivamente. La palanqueta cubierta con chocolate tiene la misma formulación base, solamente se cubrió con cobertura de chocolate. Referente a los valores mencionados anteriormente son bastante aceptables para tratarse de un producto clasificado dentro del campo de las golosinas. Respecto a los valores de lisina obtenidos, estos fueron ligeramente inferiores a los encontrados en productos elaborados con aislado proteínico que fue obtenido a partir de semilla cruda, Tovar, et.al. (37) reporta que las semillas sometidas a proceso de "popping" o "reventado", ya sea por método tradicional o por lecho fluidizado sufren una disminución significativa de lisina-reactiva. Datos que fueron confirmados cuando se evaluó este aminoácido en los productos elaborados con la fracción cruda y reventada.

Los valores que se obtuvieron en la palanqueta fueron 0.16 y 0.22 g lys/100 g de palanqueta, este último valor es ligeramente superior porque incluyó cacahuete que tiene un aporte de lisina importante (3.74 g lys/100 g de cacahuete) (20). Ver tabla No. 1

En la evaluación sensorial de la palanqueta hubo una diferencia estadísticamente significativa ya que el grupo consumidor prefirió notablemente la palanqueta cubierta con chocolate. Ver tabla No. 4

Mazapán.

Los resultados obtenidos de las diferentes formulaciones preliminares en la elaboración de mazapán no fueron satisfactorias, ya que el sabor resultó en algunos casos muy

dulce y más bien tenía apariencia de dulce de cacahuete. En la primera formulación el sabor del cacahuete predominó fuertemente. La formulación B dio resultados semejantes a la anterior; para la formulación C se aumentó la proporción de harina de amaranto y al mismo tiempo se disminuyó la cantidad de cacahuete, el resultado fue una mezcla con sabor semejante al pinole, lo cual aunado al color que presentaba no fue muy favorable, por otro lado el problema que se presentó fue que la mezcla de mazapán en el momento de prensar no tuvo éxito, lo cual pudo deberse a que la fracción de harina de amaranto empleada no contenía la cantidad suficiente de grasa como para compactar la mezcla de harina y cacahuete. En este producto resultaría atractivo experimentar la posibilidad de incluir el aislado sin desgrasar, para lograr mejor textura.

Finalmente en la formulación D se probó sustituir azúcar por azúcar glass y una pequeña proporción de canela en polvo, el resultado que se obtuvo fue un sabor predominante a canela, enmascarando el sabor de los otros ingredientes.

Con este producto no se siguió experimentando, dado que no se logró un producto satisfactorio en textura y en segundo término las evaluaciones sensoriales preliminares no fueron satisfactorias, lo cual pudo ser justificado por un lado dado el color del harina de amaranto que fue confundida con pinole y por el otro porque el sabor resultó insípido.

Frituras.

En este estudio se considero de especial interes explorar la posibilidad de desarrollar frituras utilizando aislado, teniendo

como finalidad lograr productos con características químicas y nutricionales que las pusieran en ventaja con las que actualmente se comercializan.

Para la formulación A. la temperatura de cocción se mantuvo a $70+/-2^{\circ}\text{C}$. la masa resultó un poco seca debido a que se prolongo el tiempo de cocción. Cuando la masa fue laminada y puesta a secar en un secador de charolas en donde la temperatura fue de $100+/-4^{\circ}\text{C}$. por un tiempo de 1.5 hrs. la fritura resultó quebradiza y en el momento de freirse se quemó.

Para la formulación B se mantuvieron las mismas condiciones del proceso de elaboración. solo que ahora la masa fue dividida en dos partes: una de ellas fue introducida al secador a temperatura de $90+/-4^{\circ}\text{C}$. por espacio de 50 minutos, las frituras resultaron también quebradizas, probablemente debido a que el proceso de secado fue muy drástico y la pérdida de humedad muy grande. Al ser fritas se quemaban y el sabor no pudo apreciarse, el contenido de humedad se estimó en 1%. La segunda parte de la masa se dejó secar a temperatura ambiente ($20+/-2^{\circ}\text{C}$) por espacio de $22+/-2$ hrs., el resultado fueron unas frituras con humedad de 3-3.5%. no se quebraron y al ser fritas esponjaron muy bien sin quemarse. Con base a los resultados obtenidos se decidió descartar el proceso de secado a través de corriente de aire caliente, proponiendo una futura optimización del proceso de secado para este producto. Para la formulación C, se disminuyó la proporción de aislado de amaranto y al mismo tiempo se aumentó la proporción de harina de maíz, la temperatura de cocción de la masa fue de $70+/-5^{\circ}\text{C}$, y el tiempo 15 minutos. La cantidad de agua para formar la masa fue la mínima necesaria, la temperatura de

secado fue la ambiente ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$) durante 22-24 hrs. El tiempo de freido de 5 ± 3 seg. a temperatura del aceite de $220\pm 8^{\circ}\text{C}$.

Al ser evaluada preliminarmente la formulación C. el sabor resultó muy agradable y de textura característica. Se penso entonces en sustituir harina de maiz por trigo para la formulación D. el tiempo de cocción fue de 17 minutos y la tempertaura de $72\pm 5^{\circ}\text{C}$, el tiempo y temperatura de freido fueron de 15 ± 8 seg. y $220\pm 8^{\circ}\text{C}$ respectivamente.

La evaluación sensorial preliminar resultó satisfactoria, ya que el sabor y textura fueron aún mejores que las elaboradas con harina de maiz.

Las formulaciones finales propuestas fueron:

Maiz/Amaranto		Trigo/Amaranto	
Ingredientes	%	Ingredientes	%
h. maiz	71.0	h. trigo	71.0
aislado de am.	25.0	aislado de am.	25.0
NaHCO ₃	2.5	NaHCO ₃	2.5
sal	1.0	sal	1.0

Podemos decir que durante el proceso de elaboración de las frituras, uno de los puntos críticos fue el mezclado, en el cual influyó la cantidad de agua dicionada a la harina para incorporar los ingredientes. Si esta era mayor a la requerida se obtenia una masa demasiado ligera, la cual al ser sometida a proceso de cocción requeria tiempos muy prolongados para evaporar el agua y al mismo tiempo presentaba una sobrecoccción. En contraste si la cantidad de agua adicionada a la harina era menor, no se permitia la gelatinización completa del almidón, motivo por el cual se observaron pequeños puntos blancos sobre la fritura seca.

La gelatinización del almidón se produce cuando hay exceso de agua. esto ocurre 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 maíz se requieren temperaturas ligeramente inferiores.

Es importante que después de que la masa este cocida siga calentándose unos minutos adicionales porque la gelatinización del almidón ocurre por etapas y el aumento final de los gránulos se atribuye a un exudado de los mismos gránulos hinchados.

Otro punto importante es el grosor que se obtiene durante el laminado. Ya que como era de esperarse influyo directamente en el tiempo y temperatura requerida para el proceso de secado. Esto se pudo observar en las primeras formulaciones desarrolladas en donde el grosor fue de 3.0-3.5 mm aproximadamente, por lo que se requirió un mayor tiempo de permanencia en el secador. Esto tuvo repercusión en la textura ya que resultaron defectuosas.

Por el contrario las frituras laminadas con un grosor de 1.0-1.5 mm y secadas a temperatura ambiente (20+/-2° C), con una humedad final de aproximadamente 3% presentaron una textura adecuada.

El tiempo de freído debe ser el mínimo necesario para que la fritura dore y se esponje, evitando que se quemé o dore demasiado para no afectar el sabor.

Como se mencionó anteriormente las frituras elaboradas con harina de trigo resultaron mejores ya que el trigo imparte propiedades funcionales diferentes en comparación a las masas elaboradas con otros cereales como el maíz. Estas propiedades

basicamente las imparte la proteina del gluten, que al formar una red tridimensional es capaz de retener el vapor de agua y otros gases generados durante la expansion de la fritura.

Considerando los aspectos nutricionales, se logro obtener un producto enriquecido, con proteina de excelente calidad.

Las frituras elaboradas con harina de maiz y harina de trigo con 25% de aislado proteínico, al ser comparadas con el control respectivo, lograron aumentos de 135% y 81% mas de proteina. Aunado a lo anterior los valores de lisina fueron 35% y 32% mas que las frituras control. (Ver tabla No. 1). Esto significo obtener una fritura con un aumento significativo en la calidad nutricional comparada con el producto comercial respectivo.

Al ser evaluadas sensorialmente las frituras presentaron diferencia estadisticamente significativa, ya que las elaboradas con harina de maiz/amaranto tuvieron un menor grado de preferencia. En contraste las elaboradas con harina de trigo/amaranto resultaron con mejores calificaciones, justificando de esta forma la preferencia. (Ver tabla No. 4)

Pasta para sopa.

Durante el proceso de elaboracion de la pasta para sopa se utilizo semolina, proveniente de trigos de la especie durum. Esta semolina presenta un gluten con propiedades de elasticidad y tenacidad adecuadas para elaborar este tipo de productos, ademas de proporcionarles firmeza y estabilidad al ser sometidas a coccion.

De las formulaciones desarrolladas para pastas, en las cuales se incluyo gluten en polvo como ingrediente opcional, presentaron

textura notablemente afectada. Esto probablemente debido a un exceso de hidratación por parte de la proteína, lo cual propició una pasta pegajosa después de la cocción.

Por otra parte las pastas que incluyeron alrededor de 30% y 40% (con base a la semolina) de aislado proteínico y que incluyeron gluten y huevo entero deshidratado, resultaron con características poco adecuadas. Esto puede explicarse debido a que el aislado contiene una gran cantidad de proteína, pero esta no imparte propiedades comparables al gluten, de manera que resultó pequeña la proporción de gluten en las formulaciones experimentadas, para poder obtener las características reológicas adecuadas.

Una de las características más afectadas fue la retención de agua en las formulaciones E,F,G, y H (ver materiales y métodos) ya que fueron muy elevados respecto a la pasta control.

En cuanto a los tiempos de cocción para las que incluyeron huevo entero deshidratado, se observó que es prácticamente el mismo respecto al control, excepto en las que tienen alrededor de 30% y 40% de aislado en donde el tiempo resultó menor.

En cambio en las pastas que incluyeron gluten, los tiempos son mayores respecto al control. Esto se debe al poder de hidratación del gluten, el cual al ligar gran cantidad de agua no permite una gelatinización rápida del almidón.

Posteriormente se elaboraron pastas con menores porcentajes de sustitución 10%, 15% y 20% de aislado, con base a la cantidad de semolina utilizada en la formulación y con huevo entero deshidratado como ingrediente opcional. Los resultados obtenidos entonces fueron satisfactorios en cuanto a las propiedades

funcionales como son retención de agua, textura y características sensoriales. Esto puede explicarse debido a que al sustituir menores cantidades de aislado de amaranto, la masa resultante es mas suave y manejable, lo cual de nuevo se atribuye al complejo coloidal llamado gluten el cual posee propiedades visco-elásticas adecuadas para que la masa pueda ser extruida.

Las formulaciones que presentaron mejores atributos fueron las siguientes:

Formulación	1	Formulación	2
Ingredientes	%	Ingredientes	%
semolina	58.4	semolina	55.2
aislado de am.	6.5	aislado de am.	9.7
huevo entero	2.6	huevo entero	2.6
agua	32.4	agua	32.4

Formulación	3
Ingredientes	%
semolina	51.9
aislado de am.	13.0
huevo entero	2.6
agua	32.4

Los resultados de enriquecimiento proteínico y lisina en las formulaciones desarrolladas con 6.5%, 9.74% y 13% de aislado fueron de 27%, 40% y 57% mayores respecto a proteína y para la lisina se estableció un aumento de 19%, 28% y 31% cuando fueron comparados con la pasta elaborada con semolina y huevo entero. Ver tabla No. 1

Al evaluar estas pastas sensorialmente no se estableció diferencia estadísticamente significativa entre las 3 muestras presentadas. Sin embargo se pueden hacer los siguientes

comentarios, la pasta que contiene 13% de aislado a pesar de ser "excelente" desde el punto de vista nutricional, no conto con el mismo calificativo en las pruebas de preferencia frente al consumidor. En contraste las pastas que contenían 9.7 y 6.5%, obtuvieron un nivel de aceptación mayor inclusive sobre el control. Ver tabla No. 4

Estos resultados hacen atractivo el empleo de aislados proteínicos de amaranto en pastas para sopa, en niveles de sustitución que representan un aumento significativo en la calidad nutricional y que adicionalmente presentan atributos sensorialmente apropiados.

Pasta hojaldrada.

La pasta hojaldrada es la base para la elaboración de un gran número de panecillos denominados en México "de dulce". Es por esta razón que en este estudio se consideró de importancia el desarrollo de este producto.

Los resultados preliminares de las formulaciones de pasta hojaldrada elaborada en el laboratorio fueron las siguientes: todas las formulaciones se realizaron con una receta casera, e incluyeron 10 g de aislado proteínico con base a la cantidad de harina utilizada, pero en general no resultaron con propiedades adecuadas para llamarle pasta hojaldrada. Una de las principales fallas fue que la pasta no formó las hojas características, la textura fue dura, aunque el sabor no fue desagradable en ninguna formulación, la pasta D (ver materiales y métodos), presentaba una textura semejante a la de una galleta seca, probablemente por

carecer de suficiente margarina, o bien la que contenía no fue bien distribuida debido a que en algunas partes fueron suaves y de mejor sabor que otras.

En dos formulaciones se probó adicionalmente polvo de hornear para propiciar que la pasta "inflara" o "levantara" y formara las hojas características, el resultado no fue satisfactorio ya que las hojas se forman por el desarrollo del glúten y no por la adición de royal, de manera que resultaron de textura dura y sabor insípido.

Probablemente estos defectos se debieron entre otras cosas a que el proceso de amasado fue inadecuado. En este proceso estuvieron involucrados la cantidad y distribución de la grasa, la cual además de impartir suavidad a la mezcla de harina y agua, contribuye a la consistencia de la hoja deseada y sabor de la misma. (13) Estas propiedades también están dadas por la calidad y distribución del glúten formado. Un efecto adicional fue la inclusión de aislado de amaranto que al no poseer gluten, no contribuyó de ninguna manera a las propiedades funcionales de la pasta hojaldrada.

Un punto de vital importancia en el proceso de amasado como ya se mencionó fue el desarrollo del glúten, que comienza con la hidratación de la harina con el agua que junto con la grasa y distribución de la misma, dan como resultado una pasta de buena consistencia y hojas suaves, las cuales se deben a la formación de la red del glúten. Aunque también la forma de manipular, cortar y moldear la pasta son factores que influyen en la calidad de la pasta horneada, ya que si se adiciona un exceso de harina en la superficie en donde se extiende la pasta resulta dura, o

bien cuando se aplana demasiado con el rodillo. Las pequeñas capas de gluten se vuelven mas delgadas y fragiles de manera que se rompen o quedan apelmadas. Para las formulaciones desarrolladas en el laboratorio se cometieron muchos errores entre los que incluyen exceso de amasado y mala distribucion de los ingredientes.

Dados los resultados obtenidos, se pensó entonces que la falla consistia en el proceso de preparacion de la pasta, por lo que se decidió pedir ayuda a un panadero que amablemente aceptó cooperar con el proyecto, elaborando la pasta en la misma panaderia. La primera pasta elaborada contenia 4.5% de aislado de amaranto de sustitucion, igual que las preparadas anteriormente en el laboratorio. El resultado fue bastante satisfactorio, ya que con la experiencia y habilidad manual del panadero se obtuvo una pasta que formó hojas caracteristicas, la textura fue suave y sabor agradable al paladar. Con base en estos resultados se propuso elaborar una pasta que tuviera 15 g de aislado de amaranto con resultados semejantes a la pasta anterior.

Durante el horneado los cambios producidos en la pasta son el primer término: la grasa se derrite y el gluten adquiere rigidez debido a la coagulacion de la proteina por efecto de la temperatura, los gránulos de almidon cambiaron su apariencia al gelatinizarse, se pierde humedad ya que parte del agua atrapada por las particulas de almidon y gluten se convierten en vapor que escapa y provoca que esponje. Durante los primeros cinco minutos se forma una bolsa de vapor en una área en particular que levanta la masa hasta que es imposible resistir la fuerza, en este momento la pasta infla, se colapsa y el vapor escapa, esto se

repite varias veces hasta que la mayor parte de agua se ha evaporado, momento en el que la pasta cuaja (debido a la coagulación de la proteína) además de que la corteza adquirió un color dorado.

Tanto la elaboración de la pasta hecha por el panadero como el horneado de la misma contribuyeron a los atributos funcionales de la pasta hojaldrada.

Para realizar las evaluaciones preliminares del producto se moldearon orejas y banderillas, que fueron horneadas a $220 \pm 5^{\circ}\text{C}$, durante 45 minutos.

La elección de las formulaciones finales estuvo basada en las evaluaciones preliminares realizadas; de manera que las formulaciones seleccionadas se presentan a continuación:

Formulación	1	Formulación	2
Ingredientes	%	Ingredientes	%
h. de trigo	40.2	h. de trigo	38.0
aislado de am.	4.5	aislado de am.	6.7
margarina		margarina	
PANQUELINA	33.5	PANQUELINA	33.5
agua	21.4	agua	21.4
sal	0.4	sal	0.4

En la evaluación nutricional obtenida, la pasta hojaldrada logró un aumento en la proteína de 33% en la pasta que incluyó 4.5% de aislado y un 46% en la que contiene 6.7% de aislado. El aporte de lisina fue de 17% y 26% mayor al ser comparadas con la pasta hojaldrada elaborada con harina de trigo. Ver tabla No. 1

Aunado a lo anterior el producto resultó ser bastante existoso, tanto nutricional como sensorialmente, ya que ninguna

de las dos formulaciones presentó diferencia estadísticamente significativa. Esto indicó que los niveles de sustitución empleados no afectaron las propiedades funcionales del producto final al ser comparadas con la pasta hojaldrada control. Ver tabla No. 4

Pan.

Este resató otro producto importante para ser incluido en el presente trabajo. Los niveles de sustitución que se probaron fueron 10, 20 y 30% en base a la cantidad de harina utilizada en la formulación, ya que resultaba atractivo enriquecer el producto con proteína de excelente calidad, como es el aislado de amaranto, dadas las características de consumo que presenta.

Los resultados obtenidos en las pruebas de calidad y evaluaciones sensoriales preliminares para los panecillos elaborados se presentan en la siguiente tabla. Tabla No. 3

Para realizar las evaluaciones sensoriales se moldearon panecillos que fueron horneados a $220 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 35 minutos.

Como puede observarse en la tabla de resultados, las evaluaciones preliminares para los panecillos elaborados fueron en general satisfactorios, excepto para el pan que incluyó 30% de aislado proteínico de amaranto, formulación que resultó con características físicas muy pobres, el volumen que se obtuvo fue de 50% menor respecto al control, siendo esta una característica importante. La textura de la miga se calificó de muy dura o porosa, no homogénea y desmoronable. Esto pudo deberse a que la masa contiene una elevada proporción de otra harina que no es el trigo, lo cual repercute en la dureza e inelasticidad. Fue dura

porque al sustituir 22% de aislado de amaranto que no contiene gluten se sacrifican las propiedades funcionales del trigo.

Tabla No. 3

Característica	% de sustitución de aislado de amaranto			
	10.5%	14.0%	22.0%	Control
Volumen	80	60	50	80
Forma	80	80	60	100
Corteza	80	60	50	100
Firmeza	80	80	50	100
Textura	80	80	60	90
Miga	80	60	50	80
Color	80	70	70	90
Olor	90	80	70	90
Sabor	80	60	50	90

Escala para textura, forma, corteza, firmeza, miga y sabor

100 excelente
 90 muy bueno
 80 bueno
 60 regular
 50 malo

Escala para volumen

100 dobla el volumen original
 80 sube del 60-90%
 60 sube del 25-50%

Escala para color y olor

100-90 característico
 80-70 regular
 60-50 malo

Los panecillos que contienen menor cantidad de aislado (10.5%), tienen una textura de miga semejante al panecillo control. Al igual que los atributos de forma, corteza y firmeza en donde no se observaron cambios estadísticamente significativos cuando fueron calificados por el grupo panel.

El color resultante fue ligeramente oscuro y se acentuó a mayores niveles de sustitución del aislado, pero esta característica en ningún momento fue desagradable.

Respecto al olor y sabor de estos resultaron inclusive más agradables en las formulaciones A y B (ver materiales y métodos) pero la C presentó un sabor ligeramente amargo, motivo por el cual no se desarrollaron formulaciones que incluyeran mayores sustituciones. Esto se puede explicar junto con el color, si se analiza que al aumentar la cantidad de proteína, aumenta la posibilidad de generar reacciones de oscurecimiento no enzimático.

Durante el proceso de horneado se completó la expansión total del gas producido por la levadura y el amasado de la misma. Conforme la temperatura del horno aumenta hay cambios químicos de la masa que la convierten en pan como son el hinchamiento de los gránulos de almidón, la desnaturalización y coagulación del gluten, que es la de mayor importancia porque establece la estructura del pan. Esta desnaturalización va acompañada de una disminución de solubilidad de gases y al mismo tiempo permite que las vesículas de gas sean fijadas cuando termina la expansión del volumen. Conforme el agua presente en la masa se evapora, hay un desarrollo de sabores producidos durante la etapa de fermentación debido a la inclusión de grasa, azúcar y la formación de la corteza y dorado de la misma es por la caramelización de los azúcares por reacciones de Maillard.

Con base en las evaluaciones sensoriales preliminares se eligieron las formulaciones que presentaron mejores características.

Las formulaciones finales fueron:

Formulación	1	Formulación	2
Ingredientes	%	Ingredientes	%
h. de trigo	59.0	h. de trigo	55.5
aislado de am.	10.5	aislado de am.	14.0
grasa vegetal	6.9	grasa vegetal	6.9
suspension de levadura 3.3%	17.3	suspension de levadura 3.3%	17.3
azucar	5.5	azucar	5.5
sal	0.7	sal	0.7
agua	necesaria	agua	necesaria

Desde el punto de vista sensorial se observó que la formulación que incluyó 14% de aislado fue notablemente preferida por los jueces con respecto a la formulación que incluyó 10.5%, esto probablemente se debió a que el harina de amaranto le confiere un sabor muy agradable al pan, inclusive hay autores que mencionan que tiene un ligero sabor a nueces. (33)

Cuando se analizó el enriquecimiento nutricional logrado en las formulaciones que incluyeron 10.5% y 14% de aislado, se estableció un aumento de proteína de 40% y 53%, y de lisina de 32% y 39% respectivamente al ser comparados con el control comercial. Al mismo tiempo como puede observarse en la Tabla No. 2, el aporte de lisina que tiene es de 0.8 y 1.13 veces más que el pan de consumo habitual.

Tortillas de harina de trigo.

Para las diferentes formulaciones desarrolladas tanto con harina integral de amaranto como con aislado proteínico, los resultados demostraron que las características de textura se veían significativamente afectadas.

A mayor cantidad de aislado incluido en la formulación, la textura fue desmoronable. La sustitución del glúten repercute definitivamente en la elasticidad y extensibilidad de la masa, dando como resultado una tortilla de textura quebradiza.

Las tortillas elaboradas con harina integral resultaron muy semejantes a una tortilla de maíz respecto a la textura obtenida.

Como pudo observarse en la tortilla de formulación B (ver materiales y métodos) incluyó 11% de aislado de amaranto se requirió una mayor cantidad de manteca vegetal para poder formar la masa y posteriormente la tortilla con respecto a las demás formulaciones. Esto probablemente se debió a que la cantidad de amaranto empleada fue muy grande y opuso cierta resistencia a la incorporación adecuada de los ingredientes y formación de la masa. Incluso fue una masa difícil de manejar durante el proceso de amasado.

Quizás uno de los puntos críticos más importantes en el proceso de elaboración de la tortilla es la cantidad de agua adicionada para formar la masa y en donde se lleva a cabo la hidratación de la proteína de trigo y posterior reposo en donde se completa el desarrollo y maduración de la masa.

Durante el proceso de amasado se involucran suaves estiramientos y plegamientos de la masa ya hidratada con el objeto de mover las fibrillas del glúten, las cuales al mismo tiempo se orientan en puntos estratégicos para formar las redes del glúten durante la cocción. La masa que es amasada en forma adecuada resulta elástica y extensible, que son aspectos fundamentales para poder laminarla o extenderla y darle forma característica de tortilla.

Se ha establecido que durante el proceso de amasado la grasa que es adicionada se enlaza fuertemente a la fracción de glutenina formando un complejo, que es el que le confiere propiamente la elasticidad a la masa (3).

Es importante señalar que a pesar de los defectos en la textura señalados, en este producto el sabor fue muy agradable, como se puede establecer en los resultados de las evaluaciones sensoriales preliminares.

Las formulaciones finales fueron:

Formulación	1	Formulación	2
Ingredientes	%	Ingredientes	%
h. de trigo	52.9	h. de trigo	43.8
aislado de am.	5.8	aislado de am.	10.9
manteca vegetal	22.0	manteca vegetal	27.4
agua	19.1	agua	17.8
Formulación	3	Formulación	4
Ingredientes	%	Ingredientes	%
h. de trigo	52.9	h. de trigo	47.0
h. integral		h. integral	
de amaranto	5.8	de amaranto	11.7
manteca vegetal	22.0	manteca vegetal	22.0
agua	19.1	agua	19.1

En cuanto a la evaluación nutricional para las tortillas se observó que el contenido de proteína en las tortillas elaboradas con aislado de amaranto fue de 8.40 g y 9.75 g de proteína/100 g de tortilla con sustituciones de 5.8% y 11% de aislado proteínico, lográndose un aumento de 33% y 55% respecto al control. Para los valores de lisina en la tortilla de harina integral de amaranto reventado fue de 0.20 g de lisina/100 g de

tortilla con sustitución de 5.6% y 11.7% de sustitución.

Los valores de proteína logrados fueron 6.5% y 13% respecto a las sustituciones anteriores. Los valores de lisina son menores por tratarse de semilla de amaranto reventada por lecho fluidizado, en donde son otros los factores que intervienen, uno de ellos es la temperatura que como se sabe afecta a la lisina, lo cual fue confirmado en los valores obtenidos para las tortillas elaboradas a partir de harina integral de amaranto.

Evaluación nutricional.

En general podemos decir que todos los productos desarrollados se lograron enriquecimientos proteínicos que pueden considerarse adecuados, y si además tomamos en cuenta que el aporte de proteína y lisina los hace más atractivos.

Esto se puede detallar si se analizan los resultados que se presentan en la tabla No. 2, en donde se puede apreciar que el aporte de proteína y lisina por ración son importantes. Si se hace referencia al requerimiento diario de proteína y lisina establecido por la FAO/OMS para un adulto promedio de 70 kg. es de 47.5 g/día y para lisina es de 0.8 g/día (44), se puede establecer que al consumir cualquiera de los productos desarrollados, buena parte de este requerimiento especificado resulta cubierto.

Por ejemplo, el aporte de proteína logrado para las frituras elaboradas con harina de trigo/ aislado de amaranto es de 6.74 g/ración, si se compara con el control de harina de trigo con 3.71 g/ración da como resultado un aumento de 81.5%. Así como

las frituras, el pan, las pastas para sopa, la pasta hojaldrada y las tortillas que incluyeron aislado proteínico en su formulación resultan una buena opción para aumentar su valor nutritivo y al mismo tiempo se diversifica el uso de la semilla de amaranto.

V. CONCLUSIONES.

- 1.- Se demostró que a través de una molienda abrasiva y un fraccionamiento selectivo de la semilla de amaranto, se pueden obtener fracciones con alto contenido de proteína gracias a la distribución de los cuerpos proteínicos en la semilla.
- 2.- Se logró obtener un aislado proteínico de semilla cruda y desgrasada con un contenido de proteína final de 46.2% y 2.2 g Lys/100 g de muestra, resultando ser 3 veces mayor que el contenido de la semilla entera.
- 3.- Se desarrollaron productos, dentro de los cuales se incluyeron: pasta para sopa, pan, pasta hojaldrada, frituras y tortillas a partir del aislado obtenido con niveles de sustitución entre 5% y 15% sin afectar las propiedades funcionales.
- 4.- Se lograron aumentos considerables en el contenido de proteína hasta de 135% en algunos casos, y para la lisina disponible hasta un 40% más en comparación con sus respectivos controles comerciales.
- 5.- Cuando fueron evaluados sensorialmente los productos con un grupo de consumidores, en la mayoría de los casos no se estableció diferencia estadísticamente significativa al ser comparadas con el control comercial.

Evaluación nutricional de los productos desarrollados.

Tabla No. 1

Producto	g de proteína 100 g de producto	g de lisina 100 g de producto
PALANQUETA		
Palanqueta		
cacahuete/chocolate	6.7173	0.2225
Palanqueta	5.2505	0.1608
FRITURAS		
Maiz/Amaranto (71:25)	16.6719	0.6276
Trigo/Amaranto (71:25)	19.2407	0.6941
Maiz	6.8503	0.1905
Trigo	10.3286	0.2804
PASTA PARA SOPA		
6.5% sustitución	10.3473	0.3150
9.7% sustitución	11.6703	0.3699
13% sustitución	13.0600	0.4248
Control semolina	8.3013	0.2053
PASTA HOJALDRADA		
4.5% sustitución	6.8670	0.2194
6.7% sustitución	7.5405	0.2591
Control trigo	5.1566	0.1400
PAN		
10.5% sustitución	12.9677	0.3733
14% sustitución	14.2000	0.4305
Control trigo	9.2708	0.2018
TORTILLAS		
5.8% de aislado	8.3818	0.2678
10.9% de aislado	9.7323	0.3397
5.8% h. integral	6.7009	0.1854
11.7% h. integral	7.1078	0.1998
Control trigo	6.2941	0.1709

Aporte nutricional de los productos desarrollados.

Tabla No. 2

Producto	g de proteína ración	g de lisina 100 g de proteína
PALANQUETA		
Palanqueta		
cacahuete/chocolate	2.6869	3.3123
Palanqueta	2.1002	3.0625
FRITURAS		
Maiz/Amaranto (71:25)	5.8352	3.7644
Trigo/Amaranto (71:25)	6.7342	3.6075
Maiz	2.4850	2.7818
Trigo	3.7100	2.7147
PASTA PARA SOPA		
6.5% sustitución	1.5820	2.9438
9.7% sustitución	1.7505	3.1696
13% sustitución	1.9590	3.2526
Control semolina	1.2452	2.4731
PASTA HOJALDRADA		
4.5% sustitución	3.4335	3.1950
6.7% sustitución	3.7703	3.4361
Control trigo	2.5783	2.7167
PAN		
10.5% sustitución	9.0774	2.8786
14% sustitución	9.9400	3.0323
Control trigo	6.4896	2.7149
TORTILLAS		
5.8% de aislado	2.3469	3.1950
10.9% de aislado	2.7306	3.4852
5.8% h. integral	1.8763	2.7667
11.7% h. integral	1.9902	2.8110
Control trigo	1.7623	2.7152

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

TABLA No.4 Evaluación sensorial de pruebas de preferencia por método de Ranking, a un nivel de 5 % de significancia. (42)

PRODUCTO	CALIFICACION	DIFERENCIA ESTADISTICA SIGNIFICATIVA AL 5 %
PASTA PARA SOFA		
10 % aislado	46	NO
15 % aislado	39	NO
20 % aislado	59	NO
Control	56	
FRITURAS		
Maiz/Amaranto	70	SI
Trigo/Amaranto	48	NO
Control maiz	55	
Control trigo	27	
PASTA DE HOLALDRE (Por formul.)		
10 g aislado	33	NO
15 g aislado	43	NO
Control trigo	44	
PAN (Por formul.)		
15 g aislado	41	NO
20 g aislado	39	NO
Control trigo	40	
TORTILLAS DE HARINA TRIGO (Por formul.)		
10 g aislado	71	NO
20 g aislado	57	NO
10 g h. int.	50	NO
20 g h. int.	68	NO
Control trigo	54	
PALANQUETA		
Am/cacah/cho.	24	SI
Control de cacaranto	36	

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- AMERINE, A. Maynard; Pangborn R. Marie; Principles of sensory evaluation of food. (USA, Academic Press Inc. 1965).
- 2.- A.O.A.C. Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemistry. Published by the Association of Analytical Chemistry. (Washington. D.C., 1980)
- 3.- BADUI, Dergal Salvador; Química de los Alimentos. (México, D.F. Editorial Alhambra, 2a. reimpresión, 1984).
- 4.- BECKER, R.; Wheeler, E.L.; et. al.; A compositional study of amaranth grain. (Journal Food Science Vol. 46 p.1175-1180, 1981).
- 5.- BECKER, R.; Saunders, M.R.; Amaranthus. A potential food and feed resource. Advances in Cereal Science and Technology. Vol. VI Cap. 6 (USA, 1984).
- 6.- BECKER, R.; Saunders, M.R.; 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; Marzo de 1984).
- 7.- BETSCHART, A.A.; Irving, W.D.; et. al.; Milling characteristics, distribution of nutrients within seed components, and the effects of temperature on nutritionally quality. (Journal Food Science, Vol. 46, p.1181-1187; 1981).
- 8.- BRESSANI, R.; Calidad proteínica de la semilla de amaranto cruda y procesada en El Amaranto y su potencial. Boletín No. 3 (Arch. Lat. de Nutr. INCAP, Guatemala; Septiembre 1983).
- 9.- CASILLAS, G. Fco. Javier; Importancia de las semillas de alegría. En Memorias del Primer Seminario Nacional sobre el Amaranto. Vol. II p. 289-299. (Colegio de postgraduados, Chapingo).
- 10.- CASILLAS, G. Fco. Javier; Obtención de nuevos productos a partir de la semilla. En Memorias del Primer Seminario Nacional sobre el Amaranto. Vol. II p. 300-306. (Colegio de Postgraduados Chapingo).
- 11.- CASILLAS, G. Fco. Javier; Anteproyecto técnico económico de una planta industrializadora de semilla de alegría. Tesis. Fac. Química. 1977.
- 12.- COLIN, G. Cecilia; Evaluación de deterioro químico durante almacenamiento en semillas de amaranto (Amaranthus hypochondriacus). Tesis. Fac. de Química. 1990.

- 13.- CHARLEY, Helen; Food Science (John Wiley and Sons. 2a.Edición USA: 1982).
- 14.- CHAVERO, P. Margarita; Proyecto de elaboración de frituras a partir de harina de pescado. Tesis. Fac. Química. 1980.
- 15.- DESROSIER, N.W.; Elementos de tecnología de alimentos. (México,D.F. Compañía Editorial Continental, S.A.,1986).
- 16.- FISHER, Patty; Bender, Arnold; Valor nutritivo de los alimentos. (México,D.F. Ed. Limusa, 1983; 4a. reimpression).
- 17.- GATCHALIAN, M. Miflora; Sensory evaluation.Methods with statistical analysis. Published by College of Home Economics. University of Philippines.Diliman, (Quezon City, Philippines.1981).
- 18.- GONZALEZ, J.M.; Bressani, R.; Una guía para el cultivo de amaranto de grano-Resumen de experiencias en la finca experimental del INCAP. El Amaranto y su potencial. Boletín No. 2 (Arch. Lat. de Nutr., INCAP, Guatemala, Junio de 1987).
- 19.- GROSSO, A. Luis; Técnica de elaboración moderna de confituras. Argentina, 1964.
- 20.- HERNANDEZ, M.; Chavez, A.; Bourges, H.; Valor nutritivo de los alimentos mexicanos. Tablas de uso practico. INN (México,1987).
- 21.- HOWARD, B. Rosanne; Herbold H. Nancie; Nutrition in clinical care. Mac-Graw Hill. (USA, 1978).
- 22.- HUMMEL, Ch.; Macaroni products manufacture, processing and packing. (Food Trade, Press LTD 2a. Ed. London 1966)
- 23.- HURRELL, R.F.; Lerman, P., and Carpenter, K.J.; Reactive lysine in foodstuffs as measured by a rapid dye-binding procedure.(Journal of Food Science, Vol. 44, p. 1221-1227,1979).
- 24.- INGLETT, E. George; Wheat. Production and utilization. The AVI Publishing Company, Inc. 1974.
- 25.- KAHAN, G.; Cooper, D.; Papavasiliou, A.; Kramer, A.; Expanded tables for determining significance of differences for Ranked data. (Food Technology, Vol.44, p. 63-69, 1973).
- 26.- KRAMER, Amihud; Quality Control for the food industry.Vol. II. The AVI Publishing Company Inc., 1973.

- 27.- LOPEZ, M.; Bressani, R.; La energía metabolizable verdadera de la semilla de amaranto (*Amaranthus* sp.) en aves de corral. El amaranto y su potencial. Boletín No. 3 (Arch. Lat. de Nutr., INCAP, Guatemala, Septiembre de 1987).
- 28.- LYON, C.F.; Becker, R.; Extraction and refining of oil from amaranth seed. (Journal American Oil Chemistry Society, Vol. 64, p.233-266,1983).
- 29.- NATIONAL Research Council. Amaranth: Modern prospects for an ancient crop. (National Academic Press, Washington, D.C.,1984).
- 30.- NOM para pan y productos de bollería. NOM-F-442-1983.
- 31.- NOM para pastas. NOM-F-23-S-1979.
- 32.- PIMM, G. Ella; Faber and Faber; Home-Made chocolates. (Roussell,24 Square London, 1962).
- 33.- POMERANZ, Y.; Wheat. Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists. (USA: 1978).
- 34.- POTTER, N.; la ciencia de los alimentos. (México,D.F., Ed. EDUTEX, S.A., 1978).
- 35.- SANCHEZ-Marroquín Alfredo; Potencia; Agroindustrial del Amaranto (Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo, México, D.F., 1980).
- 36.- SIGURD, N.E.; Manual de nutrición.(México, D.F., Ed. Compañía Editorial Continental, S.A., 1985).
- 37.- SORIANO, S. Jorge; Lisina reactiva y valor biológico de semillas procesadas de *A. hypochondriacus*. Tesis. Fac. Química.1987.
- 38.- SUMAR, K.L.; El pequeño gigante. El Amaranto y su potencial. Boletín No. 2 (Arch. Lat. de Nutr., INCAP, Guatemala, Junio 1983).
- 39.- TEJTONICO, A. Rita; Knorr, Dietrich; Amaranth: Composition, properties and applications of rediscovered food crop. (Food Technology, Vol.39, p. 49-59, 1985).
- 40.- TOVAR, L. R.; Brito, E.; Takahashi, T.; Miyazawa, T.; Soriano, J.; Dry heat popping of amaranth seeds might damage some of its essential amino acids.
- 41.- TOVAR, L.R.; Barrios, T.; Valdivia, A.; Fuentes de suplementación o sustitución en tortillas de maíz: *A. hypochondriacus* y *Sorghum vulgare*. En Memorias del Primer Seminario Nacional de Amaranto. Vol. I p. 193-199.

- 42.- TOVAR, L.R.; Carpenter, K.J.; The effects of alkali-cooking of corn and supplementation with amaranth seed on its deficiencies in lysine and tryptophan. (Arch. Lat. de Nutr. Vol. 32, No. 4, p.961-971).
- 43.- WATT, K. Bernice; Merrill, L. Annabel; Composition of foods. Agriculture, Handbook No. 8. Agricultural Research Service. USDA, Washginton, D.C. 1975).
- 44.- WHITAKER, R. John; Tannenbaum, R. Steven; Food proteins. The Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, 1977.