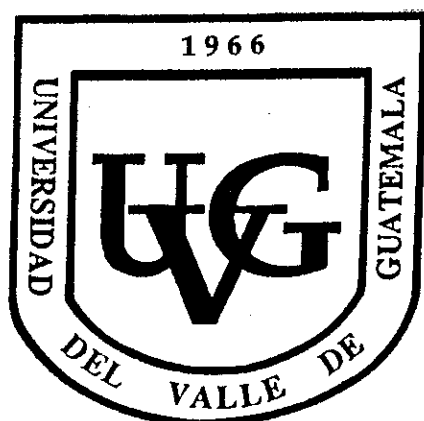
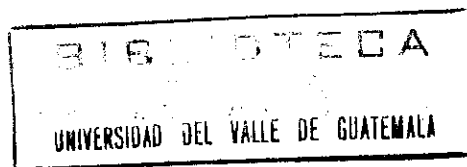


UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



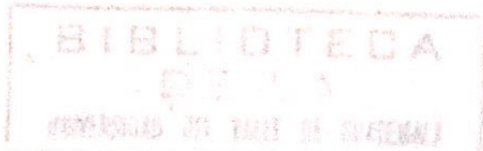
**DESARROLLO DE UN ALIMENTO PARA NIÑOS
LACTANTES A BASE DEL GRANO DE AMARANTO
(Amaranthus cruentus)**

ALMA JUDITH ORTIZ FLOREZ



Guatemala
1,995

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades



DESARROLLO DE UN ALIMENTO PARA NIÑOS
LACTANTES A BASE DEL GRANO DE AMARANTO
(AMARANTHUS CRUENTUS)
DESARROLLO DE UN ALIMENTO PARA NIÑOS
LACTANTES A BASE DEL GRANO DE AMARANTO
(AMARANTHUS CRUENTUS)

ALMA JUDITH ORTIZ FLORES

Trabajo de investigación presentado para optar
al grado académico de

Licenciatura en Ingeniería en Ciencias y Alimentos

Guatemala

1994

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades

(F) Doctor Ricardo Braccani Castiglioni



DESARROLLO DE UN ALIMENTO PARA NIÑOS
LACTANTES A BASE DEL GRANO DE AMARANTO
(Amaranthus cruentus)

(F) Ricardo Braccani C.

(F) Lic. Linda Pineda Velasco de Palomo

ALMA JUDITH ORTIZ FLORES

Trabajo de investigación presentado para optar
al grado académico de

Licenciatura en Ingeniería en Ciencias y Alimentos

Fecha de aprobación: 17 de Junio de 1994

Guatemala

1994

Vo.Bo.

Ricardo Bressani
(f) Doctor Ricardo Bressani Castignoli
Asesor.

Tribunal:

Ricardo Bressani
(f) Ricardo Bressani C.

Patricia de Palomo
(f) Licenciada Patricia Palacios de Palomo

Ana Silvia Cde Ruiz
(f) Licenciada Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Fecha de aprobación : 17 de junio de 1994.

	Páginas
DEDICATORIA.....	11
RESUMEN	18
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LA LITERATURA.....	5
A. Los cereales.....	5
B. El amaranto.....	6
III. OBJETIVOS.... Dedicatoria:	13
IV. MATERIALES Y DE A DIOS	15
A. Metodología A Mis Padres y Hermanos	15
B. Formulacion Al Dr. Ricardo Bressani	18
C. Diseño experimental.....	22
D. Equipo necesario.....	24
Cristaleria.....	25
Reactivos.....	25
E. Analisis estadístico.....	29
V. DIAGRAMA DE FLUJO.....	31.1
VI. DISCUSION DE RESULTADOS.....	33
VII. CONCLUSIONES.....	43
VIII. REFERENCIAS.....	45
APENDICE.....	47

	Paginas
1. Separación por fracciones.....	45
. PREFACIO	vii
2. Análisis químico por métodos.....	47
. RESUMEN	ix
3. Análisis proximal de grano proteado.....	50
I. INTRODUCCION.....	1
4. Análisis estadístico proximal.....	31
II. REVISION DE LA LITERATURA.....	5
5. Análisis proximal de ingredientes.....	37
A. Los cereales.....	5
6. Análisis estadístico de ingredientes.....	37
B. El amaranto.....	6
7. Formulación de alimento crudo.....	54
III. OBJETIVOS.....	13
8. Formulación de alimento mixto.....	55
IV. MATERIALES Y METODOS.....	15
9. Formulación de alimento expandido.....	56
A. Metodología.....	15
10. Formulación de alimento germinado.....	57
B. Formulación de alimento.....	18
11. Análisis químico proximal.....	58
C. Diseño experimental.....	22
12. Análisis químico (fórmulas seleccionadas.....	59
D. Equipo necesario.....	24
13. Análisis físico fórmulas seleccionadas.....	60
Cristalería.....	25
14. Efecto de hidrólisis enzimática.....	61
Reactivos.....	26
15. Análisis estadístico.....	62
E. Análisis estadístico.....	29
16. Formulación de emulsiones.....	63
V. DIAGRAMA DE FLUJO.....	31.1
17. Análisis físico fórmulas limitadas.....	64
VI. DISCUSION DE RESULTADOS.....	33
18. Fórmulas de alimento seleccionadas.....	65
VII. CONCLUSIONES.....	43
VIII. RECOMENDACIONES.....	45
19. Bibliografía.....	67
IX. APENDICE.....	47

TABLAS

1. Separación por fracciones.....	48
2. Análisis químico por tamices.....	49
3. Análisis proximal de grano procesado.....	50
4. Análisis estadístico proximal.....	51
5. Análisis proximal de ingredientes.....	52
6. Análisis estadístico de ingredientes.....	53
7. Formulaciones de alimento crudo.....	54
8. Formulaciones de alimento nixtamalizado.....	55
9. Formulaciones de alimento expandido.....	56
10. Formulaciones de alimento germinado.....	57
11. Punteos promedio, prueba sensorial.....	58
12. Análisis químico fórmulas seleccionadas.....	59
13. Análisis físico fórmulas seleccionadas.....	60
14. Efecto de hidrólisis enzimática.....	61
15. Digestión in vitro selección.....	62
16. Contenido de aminoácidos.....	63
17. Puntaje químico y aminoácido limitante.....	64
18. Fórmulas de alimento seleccionado.....	65
IX. BIBLIOGRAFIA.....	67

PREFACIO

En la actualidad y durante toda la historia, los cereales han formado parte importante de la dieta humana, en especial de la población infantil. Son utilizados para proporcionar la cantidad calórica necesaria para el desarrollo y crecimiento del individuo; además tienen un sabor agradable y su consumo es sinónimo de buena salud.

Desde las primeras civilizaciones de Norte y Sudamérica, el grano de amaranto se ha utilizado en diversos grados y formas. Recientemente, se ha renovado el interés en su utilización debido a su alto rendimiento y valor nutritivo. Investigadores del mundo entero, se empeñan en mejorar e incrementar su producción, procesamiento y utilización; el Amaranto tiene una mejor calidad proteica que los granos utilizados comúnmente en la manufactura de alimentos para niños, además de contar con cantidades adecuadas de aminoácidos esenciales, en particular lisina, triptofano y aminoácidos azufrados (4).

Para el Ingeniero en Alimentos, la utilización de la semilla de amaranto en la manufactura de productos alimenticios de alta aceptabilidad, valor nutritivo y estabilidad, es un reto. En este trabajo se propone el desarrollo de un alimento para niños formulado con amaranto y cantidad sus necesidades nutricionales, ya que en esta etapa tienen lugar su crecimiento y desarrollo máximos.

1. INTRODUCCION RESUMEN

En este estudio se analiza la preparación de un alimento infantil con alto valor nutritivo. A partir del grano de amaranto (Amaranthus cruentus), se obtuvieron cuatro diferentes harinas con distintas técnicas de procesamiento, estas fueron: harina de grano crudo sin tratamiento, harina de grano expandido, harina de grano nix-tamalizado y harina de grano germinado. Para cada una de ellas se formularon cinco diferentes mezclas, cada una fortificada con un ingrediente que mejoraba su valor nutritivo, estas fueron: harina de hoja de amaranto, harina de germen de amaranto, harina de soya y leche descremada. Posteriormente mediante un análisis sensorial, se establecieron distintamente las fórmulas que gozaban de mayor aceptación.

Con los estudios realizados en este trabajo, se puede determinar que las fórmulas de alimento, pueden ser utilizadas de manera efectiva en la producción de un alimento para niños tipo atole, de bajo costo y rico en nutrientes. Las muestras seleccionadas se encontraban en un intervalo de 12-13% de proteína, de 409 a 423 Kcal/100 gr de alimento, un porcentaje de digestibilidad de 80 a 98%, y un valor de puntaje químico que oscilaba entre 55.45 a 94.10 %. En conclusión, la fórmula de alimento que gozaba de mayor aceptación

I. INTRODUCCION

Una manera de luchar contra la malnutrición proteico-calórica, la cual es uno de los problemas más ampliamente distribuidos en todas las poblaciones de los países en desarrollo, sería el de introducir alimentos de bajo costo y alto valor nutritivo, producidos localmente, utilizando a la vez materia prima de producción nacional. Asimismo, el balance nutricional y energético requerido en este tipo de alimentos, se vería satisfecho con el desarrollo de alimentos basados en tecnologías simples.

Los niños de edad preescolar constituyen uno de los grupos más vulnerables a la desnutrición, ya que en esta etapa tiene lugar un crecimiento y desarrollo con requerimientos nutricionales relativamente altos (4).

Por ello, se hace necesario satisfacer sus necesidades nutricionales, tanto en calorías, proteínas, minerales y vitaminas. Los cereales procesados están elaborados para ser el primer alimento sólido que los niños ingieran y contribuyan a suministrar en parte, los nutrientes que el niño necesita en los primeros meses de vida. Aunque los cereales son ricos en calorías, su valor proteínico es bajo y no suplen debidamente al individuo de todos los aminoácidos esenciales necesarios en la dieta (1).

Se ha popularizado el uso de productos comercializados

para la alimentación infantil, pero muchos no llenan los requisitos nutricionales (2,3). Los cereales deben llenar y suplir al niño del valor nutricional adecuado, sin olvidar las características de funcionalidad y aceptabilidad (4,6).

En la actualidad, se hace necesario identificar nuevas formas de alimentos de alto valor nutritivo que puedan satisfacer la necesidad de muchas poblaciones. El grano de amaranto constituye una de las especies que podría ser introducida en la cadena alimenticia. Su utilización se remonta desde las épocas precolombinas, recientemente ha sido tema de interés para muchos investigadores y se ha determinado que tiene un valor proteico de alta calidad, ya que cuenta con los aminoácidos esenciales para un crecimiento y desarrollo adecuados.

Se han realizado varios trabajos que utilizan el grano de amaranto solo o en mezclas con cereales y/o otras fuentes de nutrientes como posibles componentes de fórmulas alimenticias (6).

El presente estudio enfoca el desarrollo de un cereal a base de Amaranto (Amaranthus cruentus), para luego procesarlo de cuatro diferentes maneras (grano crudo; grano germinado, grano expandido y grano nixtamalizado); además se hicieron pruebas de fortificación y aceptación del grano procesado de amaranto con harina de hoja de amaranto deshidratada, harina de germen de amaranto, harina de soya y leche descremada. Con el fin de mejorar su aceptabilidad, a las

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

muestras se le añadió el sabor vainilla.

A. LOS CEREALES

El propósito es evaluar el efecto de las técnicas de procesamiento sobre la calidad nutricional y aceptabilidad del grano de amaranto variedad Amaranthus cruentus.

Cuando los cereales ocupan la posición principal en la dieta, el consumo de cereales es alto. Desde el punto de vista de la alimentación y nutrición, los cereales constituyen una fuente importante de calorías, y por su relativo alto contenido de fibra aportan nutrientes como proteínas y fibra dietética. El aporte de calorías a la dieta por parte de los cereales es debido en alto grado al almidón, con contenidos entre 40-73%, que es completamente digestible; el nivel de proteína de los cereales es relativamente bajo, entre 6 y 11%.

La utilización biológica de la proteína es baja, principalmente por que contienen niveles bajos de los aminoácidos esenciales, como lisina y triptófano en el maíz, lisina y metionina en el trigo, lisina y triptófano en el arroz (12). Esta deficiencia, que por lo general se agrava con el procesamiento, es responsable del bajo valor biológico de la proteína en los cereales. Sin embargo, los cereales son importantes en la dieta de muchos en las dietas de las poblaciones de países en desarrollo (11).

En general, los cereales son procesados por diversos

II. REVISION DE LA LITERATURA

A. LOS CEREALES

Los cereales son las semillas secas de la familia de las gramíneas, que se cultivan por sus granos, siendo los más importantes a nivel mundial el trigo, el maíz y el arroz, ocupando una segunda posición el sorgo, la cebada, el centeno la avena y el mijo. Desde el punto de vista de alimentación y nutrición, los cereales constituyen una fuente importante de calorías, y por su relativo alto consumo también aportan cantidades altas de proteínas y otros nutrientes. El aporte de calorías a la dieta por parte de los cereales es debida en alto grado al almidón, con contenidos entre 60-75%, que es completamente disponible; el nivel de proteína de los cereales es relativamente bajo, entre 6-11 % (11).

La utilización biológica de la proteína es baja, principalmente por que contienen niveles bajos de los aminoácidos esenciales, como lisina y triptófano en el maíz, lisina y metionina en el trigo, lisina y treonina en el arroz (12). Esta deficiencia, que por lo general se agrava con el procesamiento, es responsable del bajo valor biológico de la proteína en los cereales. Sin embargo, los cereales son componentes de alto nivel de consumo en las dietas de la población mundial y en sectores de la población de países en desarrollo (11).

En general, los cereales son procesados por diversos

métodos para el consumo. Estos procesos incluyen la separación de porciones físicas por molienda y tamizado como en el caso del trigo (11), por nixtamalización como se practica en varios países latinoamericanos (12), por molienda y fermentación en el caso del Africa en la preparación de sorgo (12) y por descascarado y cocción húmeda del arroz (12). Debido a su alta disponibilidad y a que son alimentos inocuos, los cereales se utilizan en alimentación infantil (2). Sin embargo, debido a la pobre calidad de su proteína, los cereales se suplementan con proteínas de buena calidad como la leche o la soya, además de ser suplementados con minerales y vitaminas.

Está aceptado que para prevenir la mala nutrición en niños se requiere de alimentos que están nutricionalmente balanceados, con alta densidad calórica y que sean altamente disponibles. Aunque esto se puede lograr en cualquier cereal como fue mencionado en el párrafo anterior, se han buscado otras alternativas, lo cual originó el interés en utilizar granos que fueran importantes en civilizaciones del pasado como el amaranto en Mesoamérica (9) y la quinua en la región andina (9).

B. EL AMARANTO

Desde el punto de vista científico y técnico, el grano de amaranto es relativamente una fuente nueva de alimento para la nutrición. Sin embargo, su uso como vegetal y grano se

remonta mucho tiempo atrás, en tiempos de las civilizaciones Maya y Azteca. Debido a su composición química y su valor nutritivo excepcional, el grano de amaranto, comparado con los otros cereales de uso común, ofrece un potencial relativamente alto para la alimentación de la población. Varios documentos han sido publicados sobre las aplicaciones del grano de amaranto, desarrollados por investigadores alrededor del mundo (11).

El contenido de aminoácidos esenciales balanceado de la proteína de Amaranto, tiene niveles relativamente altos de lisina, triptófano y aminoácidos azufrados. Un gran número de investigadores, han sugerido su utilización como fuente de proteína suplementaria y/o complementaria para otros alimentos, en particular para los cereales (11). Los atributos de la proteína de amaranto permiten su uso en una amplia variedad de mezclas que podrían satisfacer a muchos consumidores.

La mayoría , si no todos los gramos de cereal son consumidos después de algún tipo de procesamiento; el grano de amaranto puede ser consumido después de someterlo a un procesamiento adecuado, como se lleva a cabo en ciertas regiones.

Estos factores indican que un tipo de alimento puede ser producido a partir del grano de amaranto, utilizando técnicas de procesamiento disponibles para transformar el grano a un producto listo para consumo (11,12,13).

Debido a la calidad química y altamente nutritiva de los productos de amaranto, pueden ser utilizados como alimentos del período post-destete, conteniendo la mayoría de especificaciones nutritivas de esta clase de alimentos. Los ensayos biológicos realizados han demostrado que la calidad proteínica de alimentos que contienen amaranto es relativamente alta (16).

B.1 COMPOSICION QUIMICA DEL GRANO DE AMARANTO

Durante los últimos 10 a 15 años se han publicado datos sobre la composición química proximal de las principales especies del grano de amaranto. El Cuadro # 1, presenta datos sobre el Amaranthus cruentus (1). La variabilidad en el contenido de proteína y grasa es relativamente grande, debido posiblemente a diferencias genéticas dentro de las especies y por las prácticas de cultivo y ambiente. Los cereales contienen entre 6-12 % de proteína y entre 3-5 % de grasa (12). Respecto a la proteína su contenido de aminoácidos esenciales, se muestra en el Cuadro # 2; Este cuadro también muestra el patrón de referencia de aminoácidos de la FAO/WHO.

La comparación demuestra que la proteína del grano de amaranto es alta en lisina, triptófano y aminoácidos azufrados. A pesar de que el contenido de leucina es bajo, la investigación biológica no demuestra que este sea un aminoácido limitante (1).

Finalmente, el Cuadro # 3 muestra datos sobre el valor

proteico del amaranto, en comparación con el maíz, sorgo, arroz y trigo, expresado como porcentaje del valor de caseína. Estos datos confirman que la calidad de la proteína del amaranto es mayor que la de los cereales indicados. Los estudios realizados en el Amaranto, sugieren que se puede utilizar para suplementar la proteína de los cereales, que de hecho se ha confirmado (1,16).

Varios estudios se han realizado sobre los efectos del procesamiento en la calidad de la proteína del Amaranto. Todos los procesos como: cocción en húmedo, nixtamalización, extrusión etc. se han relacionado con un aumento en la calidad de proteína. Otro proceso comúnmente utilizado en el grano de amaranto es el de expansión o popping. Aunque este proceso también se traduce en un aumento en la calidad de proteína, debe estar bien controlado, de lo contrario se producen pérdidas en lisina y en el valor nutritivo del producto.

B.2. UTILIZACION DEL GRANO DE AMARANTO EN PRODUCTOS

La investigación de la literatura trajo tendencias en la utilización del grano procesado de amaranto en el desarrollo de productos para la alimentación y nutrición. Las tendencias son:

a. Uso del grano solo, se ha justificado por su alto

contenido de proteína, grasa, energía y alta calidad.

b. En mezclas con otros productos.

En esta última se unen también tres tendencias: una es utilizar el grano de amaranto como suplemento de los cereales, en particular maíz y trigo. La segunda tendencia, es utilizarlo en mezclas con cereales y leguminosas de grano; y la tercer tendencia es utilizar fracciones de la molienda con otros cereales y productos como la leche o harina de soya. En todos estos se ha tomado en cuenta el alto valor nutritivo del grano de amaranto y de hecho en productos desarrollados ha demostrado ser de alto valor nutritivo, en particular para la alimentación infantil. En Estados Unidos, al grano de amaranto procesado se ha agregado a una cantidad relativamente grande de cereales para el desayuno, sin embargo, las cantidades utilizadas son en general reducidas.

El estudio de la utilización del grano de amaranto debe continuarse y expandirse, debido a su valor nutricional como alimento, además de la importancia de optimizar el procesamiento térmico del grano para mejorar las condiciones en los procesos (14).

Otra alternativa en la preparación de productos, es utilizar el grano de amaranto con otras fuentes de proteína como leche, frijol de soya, semilla de algodón, trigo, etc;

para así obtener un producto con un contenido de proteínas un poco mayor (11).

C. ALIMENTOS PARA NIÑOS.

La importancia de alimentos para el destete, para promover el crecimiento y desarrollo de los niños, está bien establecido. Varios tipos de alimentos para el destete se han desarrollado y su efectividad ha sido demostrada en muchos países del mundo. Muchos de estos son alimentos producidos a nivel industrial, y otros han sido formulados para que sean consumidos a nivel del hogar. Este último enfoque permite reducir el costo del alimento, ya que los producidos a nivel industrial son por lo general de alto precio. Para fines de formulación, el Comité de Nutrición de la Academia Americana de Pediatría, recomienda que estos alimentos contengan un mínimo de 1.8 gr a un máximo de 4.5 gr de proteína por 100 Kcal, y que contengan un mínimo de 3.3 gr a un máximo de 6.0 gr de grasa por 100 Kcal (18). Además recomiendan que deben ser suplementados con vitaminas y minerales. Sin embargo, en la información publicada, se encuentra alguna variabilidad. Por ejemplo, Rathod y Udipi (4) formularon alimentos para el destete con unos valores entre 1.46 a 2.12 gr por 100 Kcal. Del Valle et.al. (6), formularon alimentos para el destete con amaranto para un conteni

do de 16 a 17 % de proteína (3.6-3.8 gr proteína/100 Kcal)
y con 13.8 a 14.5 % de grasa (3.3 gr grasa/100 Kcal).

Un producto comercial como el Cerelac, de acuerdo a la
etiqueta contiene: 9.0% de grasa (2.14 gr grasa/ 100 Kcal),
y 15.5% de proteína (3.7 gr proteína/ 100 Kcal), suplemen-
tado con vitaminas y minerales. Otros autores (19), han
formulado productos para el destete que caen entre los rangos
de proteína ya indicados, aunque se hace poca mención sobre
la calidad proteínica mínima que estos productos deben tener,
se asume que es alta lo cual se ha indicado a través de estu-
dios en animales de experimentación (1) o en niños (19).

Se han considerado como características deseables para
usar el grano de amaranto como alternativa de un cereal para
alimentación infantil, su contenido relativamente alto de
proteína y aceite, así como la calidad elevada de su
proteína. Los infantes y niños de edad preescolar con
requerimientos proteicos y energéticos, deben satisfacerlos
para evitar efectos adversos en su desarrollo físico y
mental (28).

Cuadro # 2

BRESSANI

Table 3. Amino Acid Content, Milligram per Gram Nitrogen

Amino acid	Species ^a				FAO Reference
	<i>A. caudatus</i>	<i>A. hypochondriacus</i>	<i>A. cruentus</i>	<i>A. edulis</i>	
Lysine	364	374	337	329	340
Threonine	230 (92.0)	268	238 (95.2)	212 (84.8)	250
Methionine	148	106	118	125	
Cystine	116	131	127	123	
Total sulfur	264	237	245	248	220
Valine	264 (86.8)	237 (76.4)	269 (86.8)	254 (81.9)	310
Isoleucine	218 (87.2)	250	222 (88.8)	216 (86.4)	250
Leucine	349 (79.3)	382 (86.8)	344 (78.2)	348 (79.1)	440
Phenylalanine	238	328	263	250	
Tyrosine	205	269	200	207	
Total aromatic	443	597	463	457	380
Tryptophan	86	84	75	59	60
Histidine	158	169	159	150	
Arginine	556	506	434	541	
Aspartic acid	495	506	485	500	
Serine	400	500	387	265	
Glutamic acid	1003	1037	956	870	
Proline	254	287	244	223	
Glycine	453	525	461	415	
Alanine	229	244	216	215	

^aValues in parentheses indicate percent adequacy.

CUADRO # 1
COMPOSICION PROXIMAL GRANO DE AMARANTO
 (Amaranthus Cruentus)

Humedad	9.4
Grasa	7.2
Proteína	14.5
Fibra Cruda	8.4
Cenizas	3.2
Carbohidratos	64.8

CUADRO # 3

CALIDAD PROTEICA
 (% Caseína)

Grano	Grano sólo	C/A	Aumento	AS
		70/50	%	
Arroz	72	90	25	92
Maiz	58	81	40	98
Trigo	32	52	62	94

C=Cereal

AS= Amarantho
 sólo

III. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

- Preparar un cereal nutritivo a base de grano de amaranto destinado a niños de edad preescolar.

B. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Aplicar diferentes métodos de procesamiento al grano de amaranto para la preparación del cereal.
- Formular varias mezclas utilizando solamente el grano de amaranto procesado y con suplementos de harina de soya, leche descremada, harina de germen de amaranto y harina de hoja de amaranto.
- Realizar pruebas sensoriales para determinar cuál de las formulaciones goza de mayor aceptación.
- Caracterizar física, química y nutricionalmente las formulaciones aceptadas de alimento.

1. Unir las muestras de amaranto que estaban separadas por lavar y mezclar bien el grano para que se distribuya uniformemente.
2. Hacer aproximadamente 25 gr. de grano mezclado.
3. Realizar en triplicado análisis de proteína, grasa, humedad.

IV. MATERIALES Y METODOS

A. Metodología

1. Recolectar aproximadamente 10 Kgs de grano amaranto
2. Para limpiar el grano y extraer basura proceder a tamizarlo, recolectar las fracciones que pasan los tamices número 18,20 y 30. Tamizar durante 5 minutos.
3. Separar y recolectar las muestras por número de tamiz 18,20,30. Pesar cada una de las fracciones para determinar el rendimiento de tamizado.
4. Moler aproximadamente 25 gr de muestra de cada uno de los tamices, hasta obtener harina.
5. A cada una de las muestras molidas realizarles análisis de humedad, trabajar en triplicado.
6. Tomar una porción de la muestra sin humedad y realizar análisis de grasa en triplicado para cada uno de los tamices
7. Tomar una porción de las muestras molidas y realizar el análisis de proteína por el método de Kjendal, trabajar en triplicado.
8. Unir las muestras de amaranto que estaban separadas por tamiz y mezclar bien el grano para que se distribuya uniformemente.
9. Moler aproximadamente 25 gr. de grano mezclado.
10. Realizar en triplicado analisis de proteína, grasa, humedad.

FASE I

Separación muestra 10 Kgs en lotes de :

tres 2800 gr; uno 2000 grs.

1. GRANO CRUDO

Los 2000 gr de grano se lavan 2 veces con 3 Lts.

de agua destilada con el fin de eliminar tierra y otras impurezas que no se eliminaron en la fase preliminar. Luego del lavado el grano se esparcerá por una superficie y se secó en una corriente de aire.

Luego se procedió a la molienda para obtener una harina.

2. GRANO NIXTAMALIZADO

2.1 Grano Nixtamalizado

La porción de aproximadamente 2800gr se lava con agua destilada 2 veces con 3 litros de agua. Agregar 6000 ml de agua, 14 gr de hidróxido de calcio y someter a cocción por 15 minutos, luego dejar enfriar, eliminar agua de cocción y lavar el grano 2 veces con 2 lt de agua destilada. Descartar las aguas de lavado y someter a deshidratación el grano

cocido en un horno de convección con circulación de aire a 60 grados centigrados. Una vez seco almacenarlo bajo refrigeración.

3. GRANO GERMINADO

Lavar bien 3 veces con agua destilada y dejar en remojo

en una solución de 0.1% de hipoclorito de sodio. El remojo es por 10 horas, luego secar con corriente de aire y dejar germinar por aproximadamente 48 horas para luego someter a molienda.

4. GRANO DE AMARANTO EXPANDIDO

Lavar bien el grano de amaranto como en los procesos anteriores, para someterlo a un secado y tomar lotes de 30 grs. de grano y colocarlos sobre una superficie caliente, en un beaker de 600ml hasta que estos se expandan.

5. PREPARACION DE LA HOJA DE AMARANTO

5.1 COCCION Y DESHIDRATACION DE LA HOJA DE AMARANTO

Las hojas y tallos de amaranto (Bledo), seco se pesan y son lavadas varias veces con agua destilada, para que se escalden en vapor por 5 minutos, se drena toda el agua y se vuelve a pesar. El material escaldado se deshidrata en un deshidratador de bandejas a temperaturas entre 115-130 C. Al estar secos se pesan nuevamente y luego se muelen para la obtención de la harina. La harina de hoja se almacena en un frasco oscuro y bajo refrigeración hasta su utilización.

6. GERME DE GRANO DE AMARANTO

Se obtiene por medio de una molienda abrasiva en un molino de discos, el germen obtenido se cocina en autoclave

por 10 min, luego se seca con aire caliente a 60 C y posteriormente transformado en harina.

7. HARINA DE SOYA Y LECHE DESCREMADA

Se obtendrán del mercado local.

A todas las muestras descritas anteriormente, se les realizó un análisis proximal por triplicado.

Estos análisis se encuentran ampliamente descritos en el manual de laboratorio AOAC.

B. FORMULACION DE ALIMENTOS

A. Seleccionar patrón de referencia

Se seleccionaran los límites recomendados por el Comité Nacional de la Asociación Americana de Pediatría.

Estos se encuentran en la tabla A del apéndice.

B. Agregado de aditivos para fortificación

Esta fase comprende la fortificación con harina de soya, harina de hoja de Amaranto, harina de germen de Amaranto y leche descremada en los niveles siguientes respectivamente: 8, 2.5, 8, y 12 %.

2.3 Formulación de alimentos

Con base en los patrones indicados en la sección 2.2 se realizaron un total de 20 diferentes formulaciones para el

alimento, utilizando como base el grano de amaranto crudo, el grano de amaranto nixtamalizado, grano de amaranto germinado y grano de amaranto expandido. A cada una de estas preparaciones se les adicionará:

- a. Ningún suplemento
- b. 12% de leche descremada.
- c. 8% de harina de soya.
- d. 8% de harina de germen de amaranto.
- e. 2.5% de harina de hoja de amaranto (bledo).

A todas las muestras se le añadió los siguientes aditivos con el fin de mejorar sus características organolépticas:

0.02% sabor vainilla

30.0% azúcar refinada

0.01% citrato de sodio

0.50% goma Xantan

0.02% canela en polvo

0.30% sal fina

0.5-0.9% Aceite vegetal

FASE III

Evaluación sensorial de las formulaciones

Se utilizó 20 gr de muestra por 100 ml de agua y se preparó las fórmulas con 20 gr alimento/100 ml de agua;

después de haber sido cocido por aproximadamente 10 minutos. Cada uno de los panelistas llenará un formato con instrucciones para clasificar cada una de las 20 formulaciones dentro de la siguiente escala:

Muestra No. -----

Disgusta mucho

Disgusta un poco

Ni gusta ni disgusta

Gusta un poco

Gusta mucho

Esta escala conocida como Hedónica, será asignada para cada una de las siguientes características: color, sabor y textura. Con este formato y mediante análisis estadístico de varianza (ANDEVA) y la prueba W de Tukey se seleccionaron las siete formulaciones para fines de otros estudios que se mencionarán a continuación.

FASE II

Las 7 muestras seleccionadas se sometieron a las siguientes pruebas experimentales:

Contenido de humedad

Contenido de grasa

Contenido de proteínas

Pruebas funcionales (viscosidad, absorción de agua, solubilidad en agua)

Contenido calórico total

FASE VI

Pruebas nutricionales

Se puede realizar un análisis biológico para determinar la razón de eficiencia proteínica (PER) o en su lugar se elaboran pruebas de digestión in vitro de pepsina, con el fin de obtener el puntaje químico corregido por digestibilidad, haciendo uso del contenido de aminoácidos esenciales de los ingredientes y del patrón de referencia FAO/OMS 1973. Es así como se estimará el valor proteico de las formulaciones de alimento de amaranto.

C. DISEÑO EXPERIMENTAL

a. Unidad experimental

La unidad de estudio fue el grano de amaranto que fue procesado por diferentes métodos:

Grano crudo

Grano nixtamalizado

Grano expandido

Grano germinado

Cada uno de ellos fortificado con:

Harina de soya

Harina de germen de amaranto

Leche descremada en polvo

Harina de hoja de amaranto y

Sin fortificación.

b. Tamaño de muestra

A cada uno de los métodos de procesamiento del grano y al grano crudo en diferentes fracciones, se le realizó un análisis proximal, contando con 3 repeticiones por muestra para cada una de las pruebas que forman el análisis proximal. Para cada uno de ellos se obtuvo las desviaciones standar y sus respectivas medias.

Hubo un total de veinte diferentes formulaciones, y se sometieron a 15 panelistas para el análisis sensorial de cada una de las fórmulas. Obteniendo aquí un total de 300

datos. Los datos anteriores se sometieron a un análisis de varianza ANDEVA , para cada una de las características que se midieron, : color , sabor y textura del alimento. Además se hizo una prueba de comparación por pares , y el test W tukey para la selección de las siete fórmulas finales .

Las fórmulas seleccionadas fueron:

- a. Alimento crudo-germen
- b. " germinado-leche
- c. " nixtamalizado
- d. " nixtamalizado-leche
- e. " expandido-germen
- f. " expandido-leche
- g. " expandido-soya

D. EQUIPO NECESARIO

- 1 Tamizador. Fisher Scientific Company, USA Standar Testing Sieve. Tamiz # 18, 20, 30, 40. AST Me II.
- 1 Balanza Mecánica. Hanson General Household, 11.3 kg.
- 1 Balanza Mecánica. Triple Beam. OHAUS, 2610 gr. USPAT 2729.439
- 1 Balanza Analítica. OHAUS
- 1 Deshidratador. Snackmaster, 2400. American Harvest.
- 1 Refrigeradora. Supercold.
- 1 Ventilador. 12 pulg. E 1 18435 GoHZ.
- 1 Molino. Thomas Wiley Lab Mill mod 4 Cat No. 3375 E4 Serie No. 780901 115/236 Voltz.
- 1 Molino al vacio Udy
- 1 Mufla. Type 48000. Therolyne SYBRON.
- 1 Horno. Fisher Scientific Isotemp Modelo 6306.
- 1 Aparato extractor de grasa. Lab Conco Corporation Cat No. 3500100. No. de Serie 203462. 115 Voltz.
- 1 Aparato extractor de fibra. Lab Conco Corporation Cat No. 3000100. No. de Serie 203042. 115 Voltz.
- 1 Microkjendall.
- 3 Estufas. Stirrer Hot Plate Corning.
- 1 Viscosímetro Botswall

CRISTALERIA

- 10 Crisoles. Corning.
- 10 Balones. Pyrex, +/- 5%. 50 ml.
- 2 Tablas de asbesto.
- 2 Pinzas para crisol.
- 2 Espátulas.
- 1 Embudo Buncher.
- 1 Quitasato. 1000 ml. Pyrex.
- 1 Desecadora.
- 10 Cajuelas para humedad.
- 20 Beakers. 600 ml, Pyrex.
- 1 Beaker. 2000 ml, Pyrex.
- 6 Beakers. 250 ml, Pyrex.
- 6 Beakers. 60 ml, Pyrex.
- 3 Probetas. Pyrex. 100, 50 y 25 ml.
- 1 Pipeta. 20 ml Pyrex.
- 1 Mortero. Corning.
- 1 Pistilo. Corning.
- 1 Par de guantes de plástico.
- Perlas de ebullición.
- 50 Bolsas plásticas.
- 5 Varillas de agitación.
- 6 Cajas de Petri. PYREX
- 6 Tubos de polietileno para centrifuga 50 ml.
- 1 bulbo



REACTIVOS:

- 20 gr ácido bórico. Merck, grado Analítico 98% .
- 2 gr verde de bromocresol. Merck, grado analítico 99.99%.
- 1 Kgr. hidróxido de sodio. Merck, grado analítico 98.70%.
- 5 gr Citrato de Sodio. Grado Alimenticio. USP.
- 8 gr Goma Xantan. Grado Alimenticio.
- 5 gr Cal hidratada. Hidróxido de Calcio.
- 1 lt Acido sulfúrico concentrado. Baker Analyzed Reagent 96.40%.
- 100 ml Metanol grado industrial
- 25 gr Dihidrógeno fosfato de potasio. Merck grado analítico 99.5 %.
- 1 Ampolla Tritisol Ph 4 Merck.
- 1 gr Pepsina. Sigma Chemical Co. Np P7000
- 75 ml Agua Oxigenada 33.00% Merck Grado Analítico
- 20 gr Rojo de metilo. Merck Grado analítico 99.98%.
- 10 ml Enzima Amilolitica BAO 240.

Aditivos utilizados: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos fueron analizados, mediante los

30ml Vainilla clara. Mansilla

5 lb. Azúcar de exportación. grado A

50 ml Aceite vegetal Masola

2 lb. Leche descremada

2 lb Harina de soya

1 lb Sal fina

25 gr Canela en polvo.

B. Cooperación por pares

$CP = \frac{E}{N} \cdot \frac{N-1}{n-1}$ (0.05)

$CP =$ Cooperación estándar

$n =$ Número de escuelas

$E =$ Valor tabla de datos

C. Valor W-tukey

$W = \frac{q}{n} \cdot \frac{N-1}{n-1}$

$q =$ Valor según significancia escogida

$N =$ Cooperación estándar

d. Análisis de varianza

Con el objeto de detectar diferencias en las correlaciones de alimentos, diseño completamente aleatorio.

E. ANALISIS ESTADISTICO

Los datos obtenidos fueron analizados, mediante los siguientes métodos estadísticos:

a. Cálculo de desviación standar

Con la ecuación:

$$S = \frac{\sum (X_i - m)^2}{N - 1}$$

- Xi = Medida i de la serie
- m = Media de la serie
- N = Número total de medidas

b. Comparación por pares

$$CP = 2 N_0 Se' F_{n-a}(0.05)$$

- Se' = Desviación standar
- N = Número de medidas
- F_{n-a} = Valor tabla de datos

c. Valor W-tukey

$$W = q(p, fc) Sy$$

- q = Valor según significancia escojida
- Sy = Desviación standar

d. Análisis de varianza

Con el objeto de detectar diferencias en las formulaciones de alimento, diseño completamente aleatorio.

Factor de Corrección:

$$CF = \frac{(\text{Gran Total})^2}{N}$$

Suma total de cuadrados:

$$SS(T) = (\text{Resp. individual})^2 - CF$$

Suma de cuadrados de tratamientos:

$$SS(Tr) = \frac{(\text{Total Trát.})^2}{\# \text{ Resp. / Trátam.}} - CF$$

Suma de cuadrados por panelista:

$$SS(P) = \frac{(\text{Total Pan.})^2}{\# \text{ Resp. / Pan.}} - CF$$

Error de suma de cuadrados:

$$SS(E) = SS(T) - SS(Tr) - SS(P)$$

Número total de grados de libertad:

$$dF(Tr) = \# \text{ Total resp.} - 1$$

Número de grados de libertad:

$$dF(Tr) = \# \text{ Trat.} - 1$$

Grados de libertad / Panelista:

$$dF(P) = \# \text{ Pan.} - 1$$

Grados de libertad del error:

$$dF(E) = dF(T) - dF(Tr) - dF(P)$$

Media de tratamientos:

$$M_s(\text{Tr}) = \frac{SS(\text{Tr})}{dF(\text{Tr})}$$

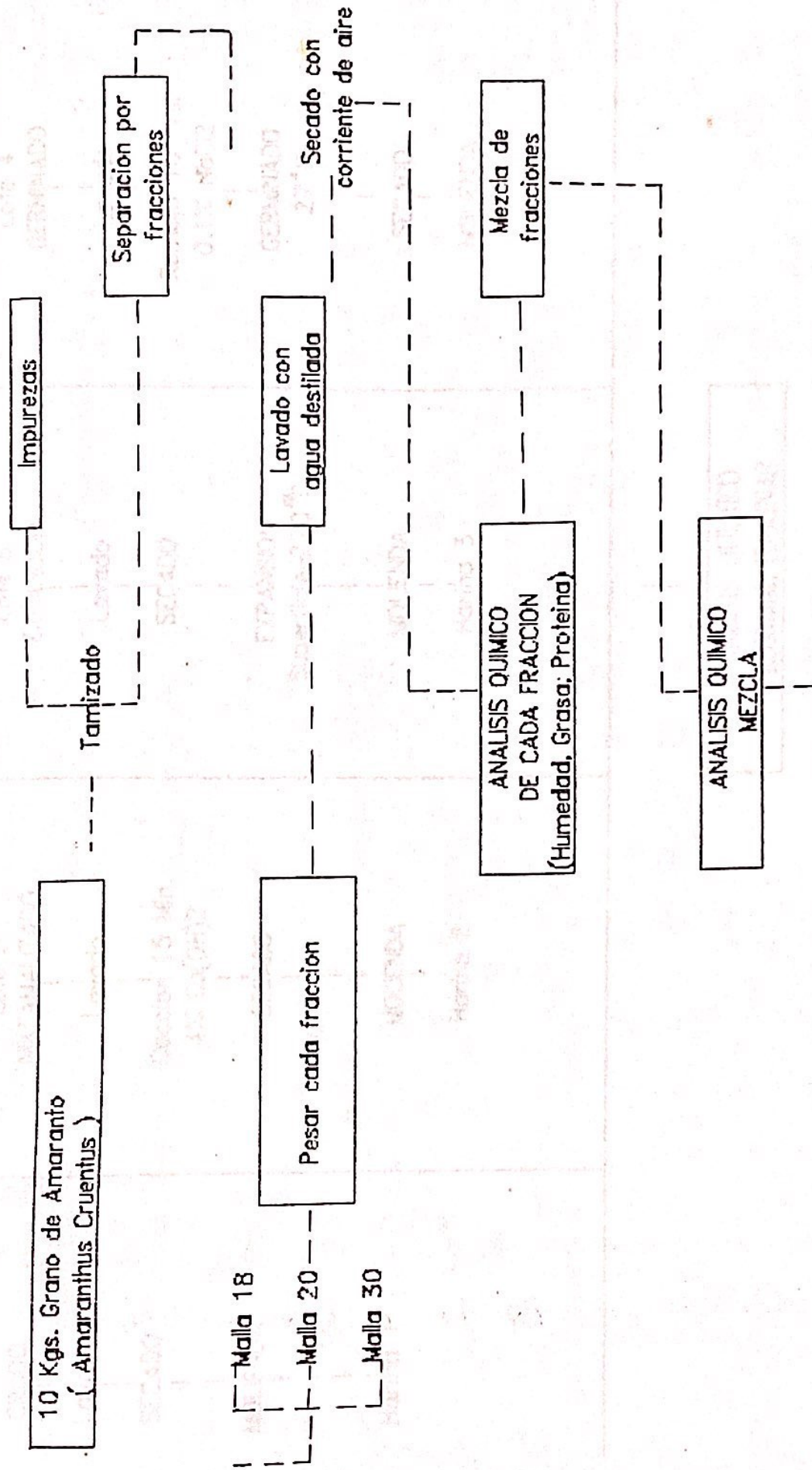
Media de panelista:

$$M_s(\text{P}) = \frac{SS(\text{P})}{dF(\text{P})}$$

Media del error:

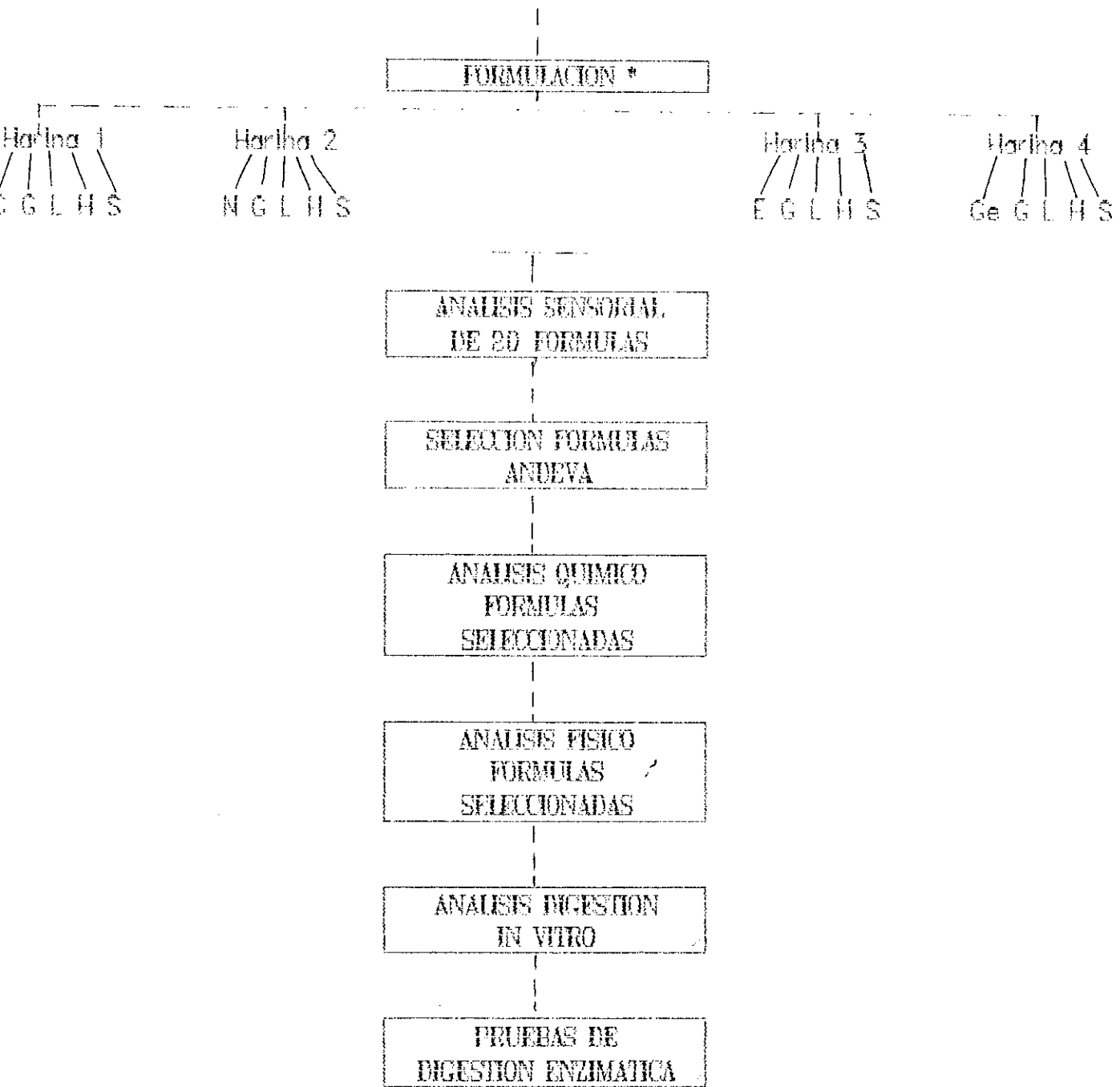
$$M_s(\text{E}) = \frac{SS(\text{E})}{dF(\text{E})}$$

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO



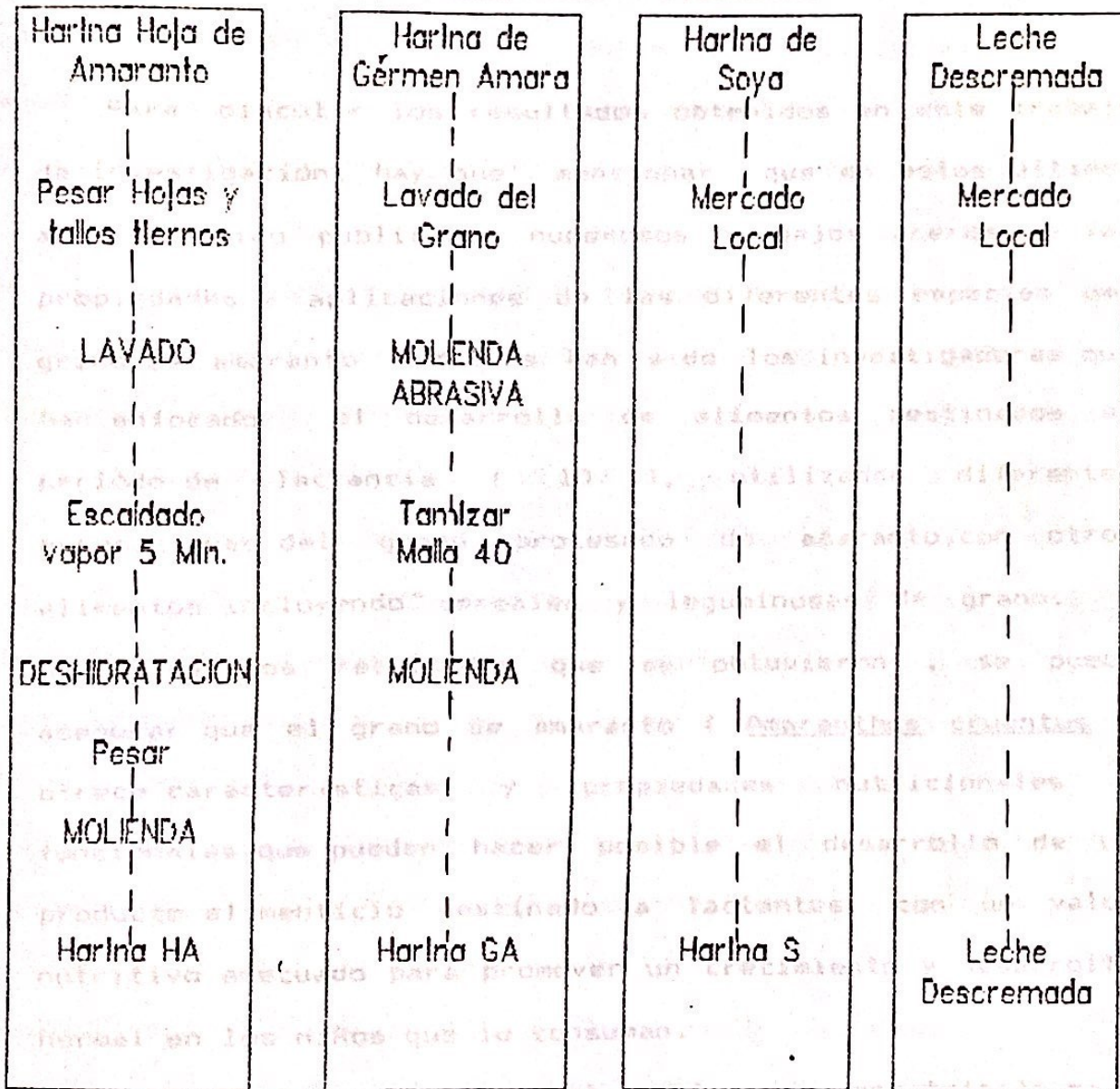
<p>Lote 1 CRUDO</p> <p>Lavado</p> <p>SECADO</p> <p>MOLIENDA</p> <p>Harina 1</p>	<p>Lote 2 NIXTAMALIZADO</p> <p>Lavado</p> <p>Coccion 15 Min 4% Ca(OH)₂</p> <p>SECADO</p> <p>MOLIENDA</p> <p>Harina 2</p>	<p>Lote 3 EXPANDIDO</p> <p>Lavado</p> <p>SECADO</p> <p>EXPANSION Superficie ~220°C</p> <p>MOLIENDA</p> <p>Harina 3</p>	<p>Lote 4 GERMINADO</p> <p>Lavado</p> <p>Remojo 10 Hrs. 0.1% NaCl2</p> <p>GERMINADO 27°C</p> <p>SECADO</p> <p>MOLIENDA</p> <p>Harina 4</p>
---	---	--	--

ANALISIS QUIMICO
PROXIMAL HARINAS



C, N, E, Ge: Harina amaranto cruda, instantaneizada, expandida y germinada
 G, L, H, S: Harina de germen, leche descremada, hoja Amaranto, harina soya

PREPARACION MATERIAS PRIMAS PARA SUPLEMENTAR EL ALIMENTO DE AMARANTO



ANALISIS QUIMICO PROXIMAL *

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

Para discutir los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, hay que mencionar que en estos últimos años han sido publicados numerosos trabajos acerca de las propiedades y aplicaciones de las diferentes especies del grano de amaranto. Muchos han sido los investigadores que han enfocado el desarrollo de alimentos destinados al período de lactancia (0 a 10 meses), utilizando diferentes proporciones del grano procesado de amaranto, con otros alimentos incluyendo cereales y leguminosas de grano. A partir de los resultados que se obtuvieron, se puede asegurar que el grano de amaranto (Amaranthus cruentus) ofrece características y propiedades nutricionales y funcionales, que pueden hacer posible el desarrollo de un producto alimenticio destinado a lactantes, con un valor nutritivo adecuado para promover un crecimiento y desarrollo normal en los niños que lo consuman.

Para ofrecer una solución al problema de desnutrición en países en desarrollo, no es necesario utilizar alimentos proteicos altamente costosos. Este problema puede solucionarse con la utilización de mezclas de alimentos localmente disponibles para todas las madres, incluyendo los cereales con los que se reducen los costos de alimentos.

destinados a lactantes. En Guatemala, la mayoría de la población se encuentra fuera de las posibilidades de comprar alimentos ricos en proteínas y otros nutrientes, destinados exclusivamente al niño lactante. El alimento a desarrollar podría destinarse al público de bajos ingresos económicos y sería de una preparación muy simple. De los datos que se muestran en la Tabla # 1, que corresponde al fraccionamiento del tamaño del grano de seis variedades de amaranto, por medio de tamizado, se puede ver que el 57.2% se queda en la malla # 20. Esta tiene una abertura de 850 μ m lo que da, una idea del tamaño del grano. Esta fracción y todas las demás, exceptuando las impurezas se unieron y se utilizaron en el presente estudio. Por consiguiente el grano utilizado en el estudio fue una mezcla de 6 variedades de Amarantus cruentus. El porcentaje de impurezas fue bajo, con un valor del 0.26 % del total, lo cual es considerado como un factor importante en el trabajo en gran escala.

Del análisis químico de proteína de cada fracción del tamizado se puede establecer que el contenido de las fracciones es bastante similar, con un valor promedio del 12.60%. Sin embargo se puede observar (Tabla # 2) que el grano retenido en el mesh 18 (1mm) contiene 10.5 % más de proteína que el grano retenido en el mesh 30 (600 μ m), pero este sólo representa el 9.7% del peso total.

La mezcla de las fracciones de los tamices, cuenta con un porcentaje de proteína promedio de 12.11 %, un contenido de grasa de 7.33 %, un contenido de humedad de 4.95 %, contenidos de fibra, cenizas y carbohidratos de 1.03, 2.48. y 68.96 % respectivamente. (Tabla 4,5).

Al comparar el contenido proteico del grano crudo de amaranto, con otros granos utilizados en la fabricación de alimentos tipo cereal, se puede concluir que este es relativamente alto. Asimismo, el contenido de aminoácidos esenciales del grano de amaranto es superior en lisina , triptófano y aminoácidos azufrados que los que contienen los cereales que se usan en la manufactura de alimentos (14). Para granos como el trigo y el arroz los valores del contenido de proteína fluctúan entre un 8-11 % (14).

Con el fin de transformar el grano crudo de amaranto en una harina se utilizaron tres métodos de procesamiento: expansión (puffing), nixtamalización (cocción alcalina), y grano germinado. Estos procesos influyeron sobre la composición química del grano de amaranto. Se observó por ejemplo que el contenido protéico aumenta hasta en un 40.0 % (Tabla # 3,4), en el caso del grano de amaranto expandido.

Este aumento se puede atribuir a menores niveles de humedad y a pérdidas en compuestos orgánicos solubles, cambiando de esta manera el contenido de proteína, como sería el caso del Amaranto nixtamalizado o hervido en agua. Aparentemente todos

los procesos de transformación del grano de amaranto, redujeron el contenido de lípidos y el de nixtamalización, redujo el nivel de fibra cruda, aunque aumentó el nivel de cenizas, lo que se espera debido al uso de cal en la cocción. Con respecto al grano germinado, se observó un incremento de fibra posiblemente debido a pérdidas en azúcares solubles. Es muy importante mencionar que los procesos deben ser bien controlados con respecto a los factores de : tiempo de cocción y temperatura del medio y en el caso del grano nixtamalizado la cantidad de hidróxido de calcio (cal añadida) , mientras que en el grano germinado el tiempo de germinación, con el fin de evitar pérdidas del valor nutritivo del Amaranto, principalmente en el valor biológico de la proteína.

Con el propósito de poder formular los alimentos para el destete, con base a las harinas procesadas del grano de amaranto, y así poder llenar las especificaciones del Comité de la Asociación de Pediatría y de productos para niños disponibles en el mercado, se seleccionaron cuatro ingredientes que aportaran proteína de buena calidad, además de otros nutrientes. Los ingredientes fueron harina de hoja de amaranto, leche descremada, harina de soya y germen de grano de amaranto. De acuerdo a los datos de la Tabla # 5,6, los cuatro ingredientes contenían entre 26,5 % a 36,7 % de proteína. La hoja de amaranto y la leche descremada contenía

niveles bajos de lípidos, mientras que el germen de amaranto contiene 16.5% y la harina de soya 23.8 % de esta fuente de energía. La harina de hoja de amaranto se preparó por escaldado por 10 minutos y luego fue deshidratada con aire caliente (143 F), mientras que el germen del grano de amaranto fue sometido a una leve tostación con el fin de estabilizarlo, ya que sus lípidos son muy susceptibles a oxidación.

Con los productos procesados del grano de amaranto se procedió a formular 20 alimentos, (Cuadros # 7,8,9,10), en los cuales además del amaranto se utilizó 8 % de harina de soya, 12 % de leche descremada, 2.5 % de harina de hojas deshidratadas de amaranto, que de acuerdo a resultados previos se habían considerado adecuados para optimizar el nivel de proteína total en los alimentos formulados. Además se agregan a las fórmulas otros ingredientes como ya fuera mencionados en secciones anteriores (ver Cuadros # 7,8,9,10) .

Estos ingredientes fueron seleccionados para mejorar aún más el valor nutritivo del grano de amaranto que por sí sólo es considerado el "pequeño gigante" en nutrición .

En cuanto a los resultados estadísticos, para fines de selección de las fórmulas con mayor aceptabilidad , se encontró para todas las fórmulas de los alimentos diferencias estadísticamente significativas (t-student = 95 %) en cuanto a color, textura y sabor, asociado a la técnica de

procesamiento a la cual fué sometido el grano de amaranto (Tabla # 11). Los valores de desviación estandar son considerados bajos y oscilaban en un rango de (0.05-4.85), por lo que los datos obtenidos para las repeticiones de los análisis son bastante precisos.

Para ampliar, un poco más los resultados obtenidos del análisis sensorial, como ya fué mencionado, las características medidas fueron: color, sabor y textura del alimento de amaranto en sus 20 fórmulas distintas. El grupo procesado con técnicas de expansión y nixtamalización, gozó de mayor aceptación en cuanto a textura y sabor y en cuanto a color las muestras con mejor aceptación fueron la expandido-germen y la nixtamalizado-leche. Los de menor puntaje o menor aceptación al grupo de panelistas fueron las fórmulas del grupo de amaranto crudo o harina sin tratamiento, además cabe mencionar que se obtuvieron comentarios de una ligera astringencia en las muestras del grupo de amaranto crudo y germinado. Las muestras que contenían en su fórmula la hoja de amaranto deshidratado no estuvieron entre las aceptadas por los panelistas principalmente debido a su apariencia física, en particular el color. En este caso, inicialmente el nivel a usar fue del 5%, sin embargo, debido al puntaje sensorial bajo, este nivel fue reducido a un 2.5% . Las fórmulas seleccionadas fueron:

a. Expandido-leche descremada

- b. Nixtamalizado-leche descremada
- c. Expandido-germen de grano de Amaranto
- d. Nixtamalizado
- e. Expandido-harina de soya
- f. Crudo-harina de germen de amaranto
- g. Germinado- leche descremada

Los porcentajes para fortificación del grano, con los ingredientes arriba señalados fueron según los porcentajes indicados debido a que así se pueden cumplir con las recomendaciones para calorías y proteínas que señala el Comité de la Asociación Americana de Pediatría (18) ; fueron ajustados según la contribución protéica que ellos mismos incorporan al producto de amaranto.

Con la aplicación del análisis sensorial se extrajeron las 7 fórmulas seleccionadas para análisis químico/nutricionales posteriores, y que son las que gozan de mayor aceptación según el panel sensorial. Los datos de composición química de las 7 formulaciones se describen en el Tabla # 12 . El contenido de humedad varió de 3.17 a 6.15%, mientras que el de grasa entre un 4.62 a un 6.22 %. El contenido de proteína fue de 11.67 a 12.45 % y el de energía varió entre 408 a 423 Kcal/100 grs. Otro factor importante de mencionar, además del contenido de nutrientes, es la granulometría del producto, por el aspecto físico-visual del alimento. En el producto desarrollado se

fueron muy viscosos, en especial en el caso del amaranto nixtamalizado y el Amaranto expandido, (Tabla # 13). Los valores oscilan entre de 2.32 a 53.07 Kg seg/ m, y las fórmulas fueron preparadas con 20 gr de fórmula de alimento por cada 100 ml de agua. La viscosidad de la fórmula de amaranto crudo-germen y de amaranto germinado-leche fueron los menores. La alta viscosidad en las otras muestras, se debe a la gelatinización de los almidones del amaranto y al hinchamiento por el cocimiento. Este es un problema ya que el producto es muy " Bulky ", dando una sensación de llenura en el individuo que lo consume, y disminuyendo, por consiguiente, la densidad de nutrientes ingerida.

Debido a esto, y con el fin de aumentar la densidad de nutrientes y disminuir la propiedad de Bulk, se realizó una prueba de digestión enzimática utilizando la enzima denominada BAO (enzima amilolítica de origen bacteriano) cuya actividad óptima se encuentra entre los 70 - 90 C, permitiendo que en caliente se realice la hidrólisis de los almidones. Al añadir esta enzima a las muestras de alimento de amaranto, cuya viscosidad es alta, como las fórmulas nixtamalizado, nixtamalizado-Leche y expandido-leche; se observa que la viscosidad disminuye muy significativamente, (Tabla # 14), por ejemplo la fórmula nixtamalizado-leche , cuya viscosidad sin enzima era de 25.16 con enzima fue de 1.28 Kg Seg/m. Un cambio más significativo se observó con la fórmula expandido-

soya, de 53.07 a 0.84 Kg seg/m . Este punto es realmente muy importante ya que con el uso de la enzima se puede disminuir la viscosidad y hace posible añadir un poco más de fórmula, aumentando la densidad calórica. Además, muestras con una alta viscosidad, causan una sensación de llenura en el individuo, con una poca cantidad de alimento ingerido y es difícil su ingestión a través de una pacha. En cuanto a la ingesta de nutrientes, al lograr la hidrólisis es posible que el niño ingiera una mayor cantidad de nutrientes con el mismo volumen de alimento, en comparación con la muestra no hidrolizada . Así mismo, con el producto hidrolizado es más factible su consumo a través de tubos como los que se utilizan en la alimentación enteral.

Con el propósito de tener una idea de la calidad proteínica de los productos formulados que fueron seleccionados por los panelistas, se calculó el contenido de aminoácidos esenciales a través del contenido de aminoácidos de los ingredientes . Las cifras resultantes fueron corregidas por la digestibilidad in vitro de la proteína y luego se calculó el puntaje químico en comparación con el patrón de aminoácidos de

FAO/OMS

Los resultados de la digestibilidad in vitro de los productos seleccionados se muestran en la Tabla # 15. Con la excepción del alimento de grano de amaranto crudo-gérmén, que mostró una digestibilidad in vitro de la proteína de 69.4%, los otros

alimentos mostraron una digestibilidad proteínica mucho más alta, que varió entre 80.64 a 97.72 %. El contenido de aminoácidos de las mezclas, ya corregidos por digestibilidad proteínica se muestran en la tabla 16, junto con el patrón de referencia FAO/OMS . Para todas las fórmulas el aminoácido limitante fue la leucina, (Tabla # 17), sin embargo todas fueron buenas fuentes de lisina (Tabla # 16). La composición de los ingredientes de las 5 mejores formulaciones se detallan en la Tabla # 18.

Ampliando sobre las formulas seleccionadas se explica porque se usaron los ingredientes, por ejemplo: el azúcar por su poder edulcorante, la canela por ser aromática, además de su sabor y olor característico, la sal para resaltar el sabor de los demás ingredientes, la goma xantana como espesante para evitar sedimentación , el aceite vegetal para aumentar el nivel energético, proporcionando calorías y el citrato de sodio para evitar el crecimiento de mohos.

En resumen, se puede indicar que es factible formular alimentos para el destete utilizando el grano de amaranto (Amaranthus cruentus) , adecuadamente procesado y combinandolo con otros ingredientes, que son de alta aceptabilidad, buena funcionalidad y aceptables al consumidor.

Además, con un proceso adicional como lo es la hidrólisis enzimática de los almidones previamente gelatinizados, se incrementa la densidad calórica y sus posibilidades de uso en biberones de niños y alimentación enteral.

VII. CONCLUSIONES

De los resultados del presente estudio se puede concluir que:

1. El procesamiento del grano de amaranto por expansión y nixtamalización desarrolla propiedades funcionales, atractivo para el desarrollo de productos como: sabor, color, apariencia, capacidad de absorción y retención de agua.
2. A pesar de que el proceso de germinación también indujo características funcionales de interés, como los indicados no fue de alta aceptabilidad, lo que sugiere un tratamiento adicional.
3. La utilización el grano de amaranto procesado ,en conjunto con otras fuentes de proteína como: leche descremada, germen de Amaranto, hoja deshidratada y harina de soya, es una alternativa efectiva para mejorar la calidad proteínica del alimento a base de amaranto. Sin embargo, las hojas deshidratadas de amaranto influyen negativamente en la aceptabilidad del producto.
4. Las formulaciones seleccionadas a través de pruebas sensoriales que garantizan su aceptabilidad, mostraban tener una composición química adecuada, un valor proteico y digestibilidad aceptables para la alimentación y nutrición de niños.

5. A través de una hidrólisis enzimática de los almidones previamente gelatinizados se aumenta la densidad calórica y su funcionalidad para la alimentación por biberón y enteral.

6. El grano de amaranto (Amaranthus cruentus), constituye una alternativa efectiva; desde el punto de vista nutricional, que contribuiría a aliviar en parte, los problemas de desnutrición infantil y su aplicación para otros problemas de alimentación y nutrición.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Ya que el grano de amaranto germinado mostró buenas características químicas y funcionales con excepción del sabor, se recomienda buscar procesamientos adicionales para mejorar esta limitante.
2. El uso de una hidrólisis enzimática en el producto procesado del grano de amaranto, antes y después de la formulación del alimento, debe ser estudiado con mayor detalle.
3. Aunque es posible envasar un producto hidrolizado, y también es factible su deshidratación, se recomienda el estudio del agregado de la enzima amilolítica en la formulación en seco y evaluar su estabilidad y capacidad amilolítica.
4. Ya sea que los productos se usen para alimentación infantil o alimentación enteral, sería necesario balancear los alimentos aún más, a través de la fortificación con vitaminas y minerales, en particular vitamina A y hierro.
5. A pesar de que la evaluación nutricional in vitro, mostró calidades nutritivas aceptables, sería recomendable hacer pruebas en situaciones específicas de alimentación y nutrición en humanos.
6. Para mejorar las características funcionales, es de importancia conocer más sobre el significado de la granulometría del producto y si esta, influye sobre los

efectos de la hidrolisis enzimática de los almidones.

7. En vista del potencial nutricional del grano de amaranto, se recomienda promover su producción en el país.

salvo, se recomienda para procesamiento adicional para
 para preparar el alimento. El uso de este grano en la
 alimentación de los animales, especialmente en el ganado
 de campo, debe ser evaluado con mayor
 detalle.

3. Aunque es posible evaluar un producto hidrolizado, y
 también es factible su deshidratación, se recomienda el
 estudio del efecto de la enzima amilolítica en la
 formación en seco y evaluar su estabilidad y capacidad
 amilolítica.

4. Ya sea que los productos se usen para alimentación infantil
 o alimentación animal, sería necesario balancear los
 alimentos con las vitaminas de la fortificación con
 vitaminas y minerales, en particular vitaminas B y hierro.

5. A pesar de que la evaluación nutricional de estos productos, basados
 en técnicas nutritivas aceptadas, sería recomendable hacer
 pruebas en situaciones específicas de alimentación y
 nutrición en humanos.

6. Para mejorar las características funcionales, se debe
 investigar cómo este tipo de alimento puede ser
 granulometría del producto y si está listo para los

APENDICE

SEPARACION POR FRACCIONES DEL GRANO DE AMARANTO
(AMARANTHUS CRUENTUS) Grs.

Muestra	Malla 18	Malla 20	Malla 30	Impurezas
8 USA	659.0	7364.0	183.0	4.65
20 USA	844.0	1018.0	148.0	2.51
7 USA	703.0	1081.0	177.0	3.15
25 USA	423.0	893.0	147.0	5.64
26 USA	627.0	590.0	77.0	5.77
2 USA	62.0	1110.0	248.0	4.72
TOTALES	3318.0	5756.0	980.0	26.44
% DISTRIBUCION	33.0	57.2	9.7	0.26

TABLA # 2
ANÁLISIS PROTEINICO POR FRACCIONES DEL GRANO DE AMARANTO
(Amaranthus Cruentus)

(%)

Tamiz	R1	R2	R3	Promedio
Malla 18	13.56	13.34	13.25	13.38 +/- 0.16
Malla 20	12.50	12.55	12.50	12.52 +/- 0.03
Malla 30	11.16	12.25	12.49	11.97 +/- 0.71

TABLA # 3

ANALISIS PROXIMAL DEL GRANO DE AMARANTO PROCESADO
(*Amaranthus Cruentus*) (% p/p)

Grano	Humedad	Grasa	Proteina	Fibra	Cenizas	Carbohidratos
<i>Crudo</i>	4.90	7.82	12.03	1.05	2.50	65.54
	4.95	7.02	12.30	1.00	2.45	72.38
	5.00	7.16	12.11	--	--	--
<i>Expandido</i>	5.00	7.05	17.06	1.24	2.85	68.04
	4.00	6.43	16.00	1.26	2.75	69.56
	4.75	6.45	17.06	--	--	--
<i>Mixtamalizado</i>	8.00	7.05	15.75	0.75	4.75	63.23
	8.65	6.43	15.75	0.82	4.35	64.00
	8.55	6.45	15.75	--	--	--
<i>Germinado</i>	4.90	5.83	12.35	2.05	2.32	72.50
	4.95	5.56	12.50	2.00	2.34	72.65
	4.93	5.74	12.50	--	--	--

* Por diferencia

TABLA # 4

ANÁLISIS PROXIMAL DEL GRANO PROCESADO DE AMARANTO (*Amaranthus Coelestis*)

Analisis	G. Crudo	G. Expandido	G. Nixtamalizado	G. Germinado
Humedad	4.55 +/- 0.05	4.53 +/- 0.52	3.40 +/- 0.35	4.93 +/- 0.03
Grasa	7.35 +/- 0.43	6.87 +/- 0.33	5.64 +/- 0.35	5.72 +/- 0.15
Proteina	12.11 +/- 0.09	16.96 +/- 0.17	15.75 +/- 0.00	12.53 +/- 0.04
Fibra	1.05 +/- 0.04	1.25 +/- 0.01	0.78 +/- 0.05	2.02 +/- 0.04
Carbosa	2.43 +/- 0.04	2.30 +/- 0.07	4.55 +/- 0.28	2.28 +/- 0.09
Carbohidratos *	58.96 +/- 4.63	68.80 +/- 1.07	63.50 +/- 0.54	72.57 +/- 0.11

* Por diferencia

TABLA # 5
ANÁLISIS PROXIMAL DE INGREDIENTES PARA LA FORTIFICACION DEL CEREA
DE AMARANTO (*Amaranthus Cruentus*) (% p/p)

Ingredientes	Humedad	Grasa	Proteína	Fibra	Cenizas	Carbhidratos *
<i>Hoja de Amaranto</i>	5.00	0.97	36.53	3.93	12.75	41.62
	4.50	1.20	35.66	3.95	12.00	42.69
	4.75	1.03	35.44	--	--	--
<i>Leche Descremada</i>	5.66	0.69	35.87	0.00	7.80	49.72
	5.27	0.65	36.75	0.00	7.64	49.69
	5.09	0.71	36.75	--	--	--
<i>Harina de Soya</i>	4.67	24.02	36.53	1.40	5.19	27.99
	5.00	23.71	36.97	1.33	5.21	27.78
	5.40	23.84	36.09	--	--	--
<i>Germen de Amaranto</i>	9.16	16.45	26.54	2.38	4.64	40.54
	9.43	16.59	26.48	2.42	4.53	40.55
	9.82	16.49	26.37	--	--	--

* Por diferencia

ANALISIS PROXIMAL DE INGREDIENTES PARA FORTIFICACION DEL ALIMENTO
DE AMARANTO (*Amaranthus Cruentus*) (% pip)

**

Ingredientes	Humedad	Grasa	Proteina	Fibra	Cenizas	Carbohidratos
<i>Hoja de Amaranto</i>	4.75	1.07	35.87	3.95	12.38	41.61
<i>Derivacion</i>	0.25	0.12	0.57	0.05	0.53	0.75
<i>Leche Descremada</i>	5.34	0.68	36.46	0.60	7.72	49.70
<i>Derivacion</i>	0.29	0.05	0.51	0.60	0.11	0.02
<i>Soya</i>	5.02	23.66	36.53	1.36	5.20	27.88
<i>Derivacion</i>	0.36	0.16	0.41	0.05	0.01	0.15
<i>German</i>	9.47	16.51	26.46	2.40	4.58	49.54
<i>Derivacion</i>	0.33	0.07	0.09	0.05	0.08	0.01

* Por diferencia

TABLA # 7

FORMULACIONES DEL GRANO DE AMARANTO CRUDO

(*Amaranthus Cruentus*)

Grz./100 gr

Ingrediente	Crudo	Crudo-Soya	Crudo-Hoja	Crudo-Germen	Crudo-Leche
Grano Crudo	76.87	70.87	71.79	70.86	63.99
azucar	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50
mel	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
avella	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
al	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225
lema Kantan	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
cafe Vegetal	--	--	--	--	1.88
trato de sodio	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
acha Descremada	--	--	--	--	9.00
oja de Amaranto	--	--	1.87	--	--
germen de Amaranto	--	--	--	6.00	--
arena de soya	--	6.00	--	--	--
Total	385.00	408.60	386.00	362.00	412.00
Contenido Calorico					Kcal/100 gr

TABLA # 8
FORMULACIONES DEL GRANO DE AMARANTO NIXTAMALIZADO
(*Amaranthus Cruentus*) (Grs.)

Ingrediente	Nixtamalizado	Nixtarn.-Soya	Nixt.-Leche	Nixt.-Hoja
Grano Amaranato	71.42	61.15	55.15	69.98
Azucar	27.00	30.00	30.00	27.00
Canola	0.018	0.02	0.02	0.018
Vanilla	0.018	0.02	0.02	0.018
Sal	0.27	0.30	0.30	0.27
Goma Xantana	0.45	0.50	0.50	0.45
Acidie Vegetal	0.815	--	2.00	--
Citrato de sodio	0.009	0.01	0.01	0.009
Leche descremada	--	--	12.00	--
Harina de soya	--	3.00	--	--
Harina de germen	--	--	--	--
Harina de Hoja	--	--	--	2.25
Contribucion calorica	414	418	421	410

TABLA # 9

FORMULACIONES DE GRANO DE AMARANTO EXPANDIDO

(Amaranthus C. quetzal)

Costos

Ingrediente	Expandido	Expand-Soya	Expand-Leche	Expan-Germen	Expand-Hoja
Grano Amaranto	72.23	61.15	56.33	68.18	65.00
Azúcar	27.00	30.00	30.00	27.00	27.00
Canela	0.018	0.02	0.02	0.018	0.018
Vanillita	0.018	0.02	0.02	0.018	0.018
Sal	0.270	0.30	0.30	0.27	0.27
Goma Xantán	0.450	0.50	0.50	0.45	0.45
Acetate Vegetal	--	--	0.815	--	--
Citrato de sodio	0.009	0.01	0.01	0.009	0.009
Leche descremada	--	--	12.00	--	--
Harina soya	--	8.00	--	--	--
Harina Germen	--	--	--	7.30	7.30
Harina Hoja	--	--	--	--	--
Contribucion Cal	409.00	418.00	415.00	382.00	409.00

FORMULACIONES DEL GRANO DE AMARANTO GERMINADO
(Amaranthus Cruentus) Gts/100grs

Ingrediente	Germinado	Germinado-Soya	Germinado-Leche	Germinado-Hoja	Germinado-Germen
Grano Amaranto	75.87	69.37	61.43	73.49	69.57
Azucar	22.25	22.25	27.00	22.50	22.50
Canela	0.015	0.015	0.018	0.015	0.015
Vanilla	0.015	0.015	0.018	0.015	0.015
Sal	0.225	0.225	0.27	0.225	0.225
Goma Xantán	0.37	0.37	0.45	0.37	0.37
Acáite Vegetal	1.00	1.50	--	1.50	1.50
Citrato de sodio	0.009	0.01	0.009	0.009	0.009
Leche descremada	--	--	10.80	--	--
Harina soya	--	6.00	--	--	--
Harina Germen	--	--	--	--	6.00
Harina Hoja	--	--	--	1.875	--
Contribucion Calorica	409.00	416.00	408.00	405.00	390.00
Kcal/100gr					

TABLA # 11
PUNTEOS PROMEDIO DE PRUEBA SENSORIAL

Formula	Color	Sabor	Textura	
<i>Crudo</i>	4	3	3	1:Disgusta mucho
<i>Crudo-Soya</i>	3	3	3	2:Disgusta un poco
<i>Crudo-Leche</i>	3	3	3	3:Ni gusta, ni disgusta
<i>Crudo-Germen</i>	3	3	4	4:Gusta un poco
<i>Crudo-Hoja</i>	2	3	2	5:Gusta mucho
<i>Nixtamalizado</i>	3	4	4	
<i>Nixt-Soya</i>	4	3	4	
<i>Nixt-Leche</i>	4	4	4	
<i>Nixt-Germen</i>	3	3	4	
<i>Nixt-Hoja</i>	2	3	3	
<i>Germinado</i>	2	2	3	
<i>Germin-Soya</i>	3	2	2	
<i>Germin-Leche</i>	3	3	3	
<i>Germin-Germen</i>	3	2	3	
<i>Germin-Hoja</i>	3	2	2	
<i>Expandido</i>	4	3	3	
<i>Expand-Soya</i>	3	3	4	
<i>Expand-Leche</i>	4	4	4	
<i>Expand-Germen</i>	4	4	4	
<i>Expand-Hoja</i>	3	3	4	

ANALISIS QUIMICO DE FORMULAS SELECCIONADAS DE ALIMENTO DE AMARANTO
(Amaranthus Cruentus) (% p/p)

Formulas	Humedad	Grasa	Proteina	Calorias (Kcal/100gr alimento)
<i>Crudo-Germen</i>	5.82	6.00	11.67	409.0
*	0.02	0.14	0.36	
<i>Germinado-Leche</i>	4.21	4.62	12.25	408.0
*	0.06	0.40	0.31	
<i>Nixtamalizado</i>	6.15	5.38	12.31	414.0
*	0.19	0.49	0.44	
<i>Nixtamalizado-Leche</i>	5.94	6.22	12.72	420.0
*	0.05	0.06	0.50	
<i>Expandido-Soya</i>	3.17	6.22	12.19	418.0
*	0.03	0.06	0.27	
<i>Expandido-Leche</i>	3.39	5.45	12.84	423.0
*	0.01	0.04	0.51	
<i>Expandido-Germen</i>	3.22	5.40	12.95	415.0
*	0.08	0.40	0.45	

* Desviacion Standard

ANALISIS FISICO DE FORMULAS SELECCIONADAS

Formulas	Indice de Absorcion de Agua (WAI) Gr/gr	Indice de Solubilidad de Agua (WSI) %	Viscosidad (KgSeg/m)
<i>Crema-Chester</i>	1.80	44.40	2.32
<i>Desviacion</i>	0.08	0.56	0.06
<i>Combinado-Leche</i>	3.18	25.40	2.69
<i>Desviacion</i>	0.03	1.98	0.23
<i>Mixtamalizado</i>	3.40	34.60	12.40
<i>Desviacion</i>	0.03	0.85	0.24
<i>Mixtamalizado-Lec</i>	2.83	42.00	25.16
<i>Desviacion</i>	0.04	2.82	0.55
<i>Expandido-Soya</i>	3.52	32.40	53.07
<i>Desviacion</i>	0.08	0.56	1.59
<i>Expandido-Leche</i>	3.52	25.40	18.21
<i>Desviacion</i>	0.08	1.97	2.43
<i>Expandido-Crema</i>	3.83	51.40	12.40
<i>Desviacion</i>	0.01	1.97	0.81

TABLA # 14

EFFECTO DE LA HIDROLISIS ENZIMATICA SOBRE VISCOSIDAD

Formulas	Digestibilidad (%) RI RE	Viscosidad (Kg seg/m)
	Sin enzima	Con enzima
Nixtamalizado	12.40 +/- 0.24	0.02 +/- 0.01
Nixtamalizado-Leche	25.16 +/- 0.55	1.28 +/- 0.02
Expandido-Soya	53.07 +/- 1.59	0.94 +/- 0.09
Expandido-Leche	18.21 +/- 2.43	2.09 +/- 0.11
Expandido-Germen	12.40 +/- 0.81	4.52 +/- 0.16

* Preparaciones con una densidad de 20 gr de alimento/ 100 ml de agua

TABLA # 15

ANALISIS DE DIGESTION IN VITRO DE FORMULAS SELECCIONADAS

Formulas	Digestibilidad (%)			Digestibilidad (%)
	R1	R2	R3	
Crujo-Germen	67.36	74.72	66.13	69.40 +/- 4.84
Germineado-Leche	89.44	89.47	89.44	89.45 +/- 0.02
Nixtamalizado	86.27	85.71	85.26	85.75 +/- 0.50
Nixtamaliz-Leche	81.38	78.40	82.14	80.64 +/- 1.97
Expandido-Soya	89.28	88.42	80.90	86.20 +/- 4.61
Expandido-Leche	95.23	91.43	94.39	93.68 +/- 1.99
Expandido-Germen	98.40	98.24	96.53	97.72 +/- 1.97

TABLA # 17
 PUNTAJE QUIMICO Y AMINOACIDO LIMITANTE DEL ALIMENTO DE AMARANTO
 (*Amaranthus Cruentus*) (%)

Formula	Puntaje Quimico (%)	Aminoacido Limitante
<i>Crudo-Germen</i>	55.45	<i>Leucina</i>
<i>Germinaldo-Leche</i>	88.86	<i>Leucina</i>
<i>Nixtamalizado</i>	69.80	<i>Leucina</i>
<i>Nixtamalizado-Leche</i>	79.30	<i>Leucina</i>
<i>Expandido-Germen</i>	78.20	<i>Leucina</i>
<i>Expandido-Leche</i>	94.10	<i>Leucina</i>
<i>Expandido-Soya</i>	75.90	<i>Leucina</i>

TABLA # 18

FORMULACIONES SELECCIONADAS DE ALIMENTO DE AMARANTO
(*Amaranthus Cruentus*)

Ingrediente	Nixtamalizado	Nixt-Leche	Expand.-Soya	Expand-Germ	Expand-Leche
Grupo Amarantho	71.42	55.15	61.15	65.63	54.65
Azúcar	27.00	30.60	30.00	27.00	30.00
Caseína	0.018	0.02	0.02	0.018	0.20
Vanilla	0.018	0.02	0.02	0.018	0.20
Sul	0.27	0.30	0.03	0.27	0.30
Goma Xantán	0.45	0.50	0.50	0.45	0.50
Acete Vegetal	0.615	2.00	--	--	--
Citrato de sodio	0.009	0.01	0.01	0.009	0.01
Leche descremada	--	12.00	--	--	12.00
Harina de soya	--	--	8.00	--	--
Harina de germen	--	--	--	7.20	--

IX. BIBLIOGRAFIA

1. Bressani R. THE PROTEINS OF GRAIN AMARANTH Food Reviews International Vol 5 No.1 Pg 1-40. 1989.
2. Imeri A., Bressani R., AMARANTO UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA LA ALIMENTACION INFANTIL Publicaciones INCAP. Archivos Latinoamericanos de nutrición. Guatemala C.A.
3. Birthe., Pedersen, Hallghen. THE NUTRITIVE VALUE OF AMARANTH GRAIN (AMARANTHUS CAUDATUS) Plants foods for human Nutrition. 36 325-334 pg 19. 1987.
4. Rathop P., Udipi S., THE NUTRITIONAL QUALITY AND ACCEPTABILITY OF WEANING FOODS INCORPORATING AMARANTH. Food and Nutrition Bulletin. Vol 13 No.1 1991.
5. Bressani R., Sumar L., Ortiz M., Elías L. NUTRITIONAL EVALUATION OF ROASTED, FLAKED AND POPPED. Incap Publication
6. Del Valle F., Sanchez-Marroquín A., Escobedo M., Bourges H., Maya S., Vega M., and Becker R. DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A LOW COST AMARANTH (A. Cruentus) CONTAINING FOOD FOR PRESCHOOL CHILDREN. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol XXXVLL No. 3. Sept. 1987.
7. Whitaker P., Ologunde M. STUDY OF IRON BIOABILITY IN NATIVE NIGERIAN GRAIN AMARANTH CEREAL FOR YOUNG CHILDREN USING A RAT MODEL. Cereal Chemistry Vol 67. No.5 pgs. 505-508 1990.
8. Ologunde M., Shepard R., Afolabi O., Oke O.

- BIOAVAILABILITY TO RATS OF IRON FROM FORTIFIED AMARANTH FLOUR International Journal of Food Science and Technology Vol 26. 493-500 1991.
9. Becker R., Wheter E., Lorenz K., Stafford A., Betschart A. and Saunders R. A COMPOSITIONAL STUDY OF AMARANTH GRAIN
 10. Gupta C., Seghgal G. DEVELOPMENT ACCEPTABILITY AND NUTRITIONAL VALUE OF WEANING MIXTURES Plants Food for Human Nutrition Bulletin Vol 10.No.2 49-59 1988.
 11. Bressani R. AMARANTH THE NUTRITIVE VALUE AND POTENCIAL USES OF THE GRAIN AND BY PRODUCTS Food and Nutrition Bulletin Vol 10 No.2 49-59 1988.
 12. Bressani R., Sanchez-Marroquín A., Morales F. CHEMICAL COMPOSITION OF GRAIN AMARANTH CULTIVARS AND EFFECTS OF PROCESSING ON THEIR NUTRITIONAL QUALITY Food Reviews International Vol 8 No.1 23-49 1992.
 13. Desnosier N. CONSERVACION DE ALIMENTOS 2da Edición Cia Editorial Continental S.A. México D.F. 1991.
 14. Potter N. LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS. Editorial Harla. México 1978.
 15. Charley H. TECNOLOGIA DE ALIMENTOS Primera Edición. Editorial Limusa S.A. México D.F. 1991.
 16. Bressani R. EL AMARANTO Y SU POTENCIAL Archivos Latinoamericanos de Nutrición. No.3 Sept 1985.

17. AOAC 1980 OFICIAL METHODS OF ANALYSIS 13 Th Edition
Washington D.C. Association of Official Analytical Chemist
746pp.

18. Comite Nacional de la Asociacion Americana de Pediatria