

300627

32

24



Universidad La Salle

Escuela de Química
Incorporada a la U.N.A.M.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

“Elaboración de un producto en polvo para lactantes a partir de los cuatro meses de edad, con base en Amaranto”

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de
Químico Farmacéutico Biólogo
p r e s e n t a

CLAUDIA UGARTE NOVELO

Director de Tesis: Q. Irene Montalvo



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Este trabajo fue realizado en el

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS DE LA
DIVISION DE NUTRICION EXPERIMENTAL Y CIENCIA DE LOS ALIMEN-
TOS DEL INSTITUTO NACIONAL DE LA NUTRICION SALVADOR ZUBIRAN.

con la asesoría de:

M. en C. JOSEFINA MORALES DE LEON, Jefe del Departamento de
Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la División de Nu-
trición Experimental y Ciencia de los Alimentos del Institu-
to Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán.

Q. IRENE MONTALVO, asesor académico de la UNIVERSIDAD LA --
SALLE.

I N D I C E

	págs.
I. RESUMEN.....	1
II. INTRODUCCION.....	2
III. OBJETIVOS.....	5
IV. GENERALIDADES.....	6
V. METODOLOGIA.....	18
VI. RESULTADOS Y DISCUSION.....	29
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	65

I N D I C E D E C U A D R O S

Cuadro		págs.
I	COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL - DEL AMARANTO EN COMPARACION CON ALGUNOS CEREALES.....	14
II	DATOS SOBRE PRODUCCION Y COSTO DE ALGUNOS PRODUCTOS AGRICOLAS EN MEXICO.....	21
III	ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE - LAS MATERIAS PRIMAS.....	30
IV	ANALISIS MICROBIOLOGICO DE LAS MATERIAS PRIMAS.....	32
V	COMPOSICION Y COSTO DE LAS MEZ CLAS BASE.....	33
VI	ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE - LAS MEZCLAS BASE.....	35
VII	ANALISIS QUIMICO PROXIMAL EN - EL PRODUCTO FINAL.....	43
VIII	FORMULACION DEL PRODUCTO FINAL	45
IX	ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DEL- PRODUCTO EN POLVO Y KILOCALO- RIAS APORTADAS.....	48
X	ANALISIS DE VITAMINAS Y NUTRI- MENTOS INORGANICOS DEL PRODUC- TO FINAL.....	49
XI	CUENTA MICROBIOLOGICA DEL PRO- DUCTO FINAL EN COMPARACION CON LA NORMA OFICIAL MEXICANA.....	51
XII	CUENTA MICROBIOLOGICA DEL PRO- DUCTO FINAL DESPUES DEL TRATA- MIENTO CON OXIDO DE ETILENO EN COMPARACION CON LA NORMA OFI- CIAL MEXICANA.....	53

Cuadro		págs.
XIII	ANALISIS DE AMINOACIDOS DEL PRODUCTO FINAL EN COMPARACION CON EL PATRON FAO-OMS/1973.....	55
XIV	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS FISICAS Y QUINICAS DEL PRODUCTO FINAL.....	57

I N D I C E D E F I G U R A S

Figura		págs.
1	OBTENCION DE LAS HARINAS DE AMARANTO INTEGRAL Y REVENTADO A - - PARTIR DE LA SEMILLA DE AMARANTO.....	20
2	ESTABILIDAD DE LAS MEZCLAS BASE A DIFERENTES TEMPERATURAS CON Y SIN MOLIENDA COLOIDAL.....	36
3	EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA SOLUBILIZACION DE LA MEZCLA BASE (AMARANTO INTEGRAL - SOYA - MAIZ).....	40
4	EFECTO DEL pH SOBRE LA SOLUBILIZACION DE LA MEZCLA BASE (AMARANTO INTEGRAL - SOYA - MAIZ).	41
5	DIAGRAMA DE ELABORACION DEL ALIMENTO INFANTIL.....	59

1. RESUMEN

En este trabajo se describe la utilización de la semilla de amaranto como una alternativa para elaborar alimentos infantiles. El objetivo fue elaborar un producto en polvo para lactantes a partir de los cuatro meses de edad. Se seleccionaron las materias primas con base en su disponibilidad y costo. Se diseñaron diferentes mezclas base mediante combinaciones de distintas harinas por calificación química para obtener una adecuada complementación de aminoácidos. Se seleccionó a la mezcla de harinas de amaranto integral - soya - maíz en proporción 70:21:9 respectivamente. Esta mezcla se adicionó de glucosa, aceite de maíz, vitaminas y nutrientes inorgánicos, así como de agentes estabilizantes. El producto formulado se homogeneizó y se deshidrató por aspersión. Las materias primas y el producto desarrollado se evaluaron mediante análisis químico proximal, determinación de lisina disponible, aminograma, vitaminas, nutrientes inorgánicos, análisis microbiológicos, viscosidad, estabilidad y solubilidad del producto. El producto final aportó un contenido proteínico de 15 g/100 g. con una calidad superior al 80% del patrón FAO-OMS /1973; un contenido energético de 460 kcal/100g. en base seca. En general, el producto cumple con los objetivos planteados en este estudio.

II. INTRODUCCION

La solución al problema de la alimentación es uno de los retos más complejos a los que se enfrenta el mundo entero. Los esfuerzos para aumentar la disponibilidad de alimentos así como para disminuir la tasa de natalidad se ven reducidos por la falta de educación, costumbres y la letargia -- producida por la mala nutrición (27).

En México, la mala nutrición es sumamente heterogénea. Por un lado existen comunidades rurales aisladas cuyos recursos naturales, económicos y técnicos son excesivamente precarios y en donde la poca disponibilidad de alimentos dificulta la diversificación de la alimentación que, además, se realiza bajo patrones tradicionales que se establecieron en un ambiente de suma pobreza que aún persiste. Por otro lado, -- se encuentran las grandes concentraciones de población en -- donde la demanda de alimentos aumenta sin cesar debido al -- violento incremento demográfico. Además, México enfrenta -- problemas ancestrales de consumo que se agudizan con la crisis económica actual y limitan la expresión de las potencialidades de la población, haciendo imposible el desarrollo -- verdadero del país. Los primeros en sufrir la escasez de -- alimentos o un desequilibrio en el consumo de éstos, tanto en las comunidades primitivas como en ciudades desarrolladas

son los niños (20). Si la alimentación es deficiente durante un tiempo prolongado, el niño ya no podrá alcanzar crecimiento y desarrollo adecuados, ya que se ha demostrado que el ser humano es particularmente vulnerable a la desnutrición durante los dos primeros años de vida (19). Esta escasez o desequilibrio de los alimentos no solo acarrea problemas de desarrollo físico y capacidad mental, sino que debido a la poca resistencia a infecciones, es común que se enfermen gravemente de enfermedades digestivas y respiratorias (27).

Una buena alimentación en los primeros años constituye una importante medida preventiva y un factor indispensable para promover la salud del niño, el cual, debido a su rápido crecimiento, no solo necesita más alimentos que los adultos, en proporción al peso corporal sino también, alimentos compuestos por proteínas que contengan los aminoácidos indispensables.

Una alternativa para la elaboración de alimentos compuestos por proteínas de buena calidad es la utilización de fuentes de alimentos no tradicionales, este es el caso del amaranto.

En la antigüedad, el amaranto se cultivó extensivamente hasta llegar a constituir un importante rubro de su econo

mía primitiva y de su cultura. Sin embargo, por razones -- esencialmente de carácter religioso, su cultivo comenzó a declinarse hasta quedar prácticamente relegado. Pero lo cierto es que las principales características del amaranto y las posibilidades y ventajas de volver a utilizarlo como alimento de uso común son promisorias.

Aunque la mayoría de las personas sólo conocen el amaranto a través del "dulce de alegría" es importante saber -- que existen muy variadas formas de aprovecharlo.

El Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán, consciente del valor nutricional del amaranto, ha realizado diversos estudios e investigaciones para elaborar nuevos - - productos, y para incorporarlos a alimentos tradicionales. - Los resultados obtenidos han sido satisfactorios, comprobándose que los nuevos productos con amaranto o las mezclas de amaranto con otras materias primas tradicionales son una opción interesante para la elaboración de alimentos de elevado valor nutricional.

III. O B J E T I V O S

Desarrollar un producto en polvo para lactantes a partir de los 4 meses de edad, con base en amaranto, que reúna las siguientes características:

- a) Un contenido en el producto en polvo de:
 - Proteína 12-15%
 - Lípidos 18-20%
 - Hidratos de carbono 55-60%
 - Fibra cruda 1-3%
 - Humedad 3-5%
- b) Un contenido de vitaminas y nutrimentos inorgánicos que cumpla con las recomendaciones diarias (pág. 48).
- c) Un contenido energético de 430-480 kcal/100 g. de producto en polvo, de tal forma que cumpla con las recomendaciones diarias (pág. 45).
- d) Una calificación química del 80% para el aminoácido limitante con respecto al patrón de aminoácidos FAO-OMS/1973.
- e) Un producto en polvo que para ser consumido sea hidratado con agua al 14% de sólidos de tal forma que sus características físicas sean similares a la leche materna.

IV. GENERALIDADES

IMPORTANCIA DE LA ALIMENTACION INFANTIL.

La leche materna es el único o principal alimento de los niños hasta la edad de tres o cuatro meses. Después de esta edad el suministro diario de leche materna no puede ya satisfacer todas las necesidades de un niño en crecimiento, aunque puede seguir siendo una contribución grande a la dieta. Es entonces cuando se lleva a cabo la ablactación. En los países en desarrollo, el niño es ablactado con una dieta "rica" en fécula y pobre en proteínas de buena calidad, -- en vitaminas y en ciertos nutrimentos inorgánicos esenciales (12).

En épocas recientes, la industria de alimentos ha prestado atención al desarrollo de productos con un contenido -- energético-proteínico adecuado para la época de la ablactación y el destete, sin embargo, son productos de alto costo que quedan fuera del presupuesto familiar del grupo más necesitado.

Una alternativa para obtener productos para infantes -- que reúnan características de costo y valor nutritivo es la aplicación de los conceptos de complementación, particular -- mente entre cereales y leguminosas. Las semillas de legumi-

nosas son alimentos cuya utilización ha sido probada a través de los años como complemento de los cereales, dado que contiene del 20 al 40% de proteínas compuesta por ciertos aminoácidos que limitan el valor biológico de la proteína de los cereales. Por lo tanto, la combinación de los cereales, por ejemplo el maíz, con otras fuentes de proteínas, como las provenientes de leguminosas, por ejemplo la soya, mejora notablemente su utilización en la dieta (5), pues una proteína de calidad deficiente puede ser complementada por una proteína que contenga los aminoácidos deficientes de la otra, a fin de lograr una proteína de mejor calidad, pero ambas proteínas deben suministrarse a la vez, ya que el cuerpo tiene una capacidad de almacenamiento limitada y todos los aminoácidos se necesitan para la síntesis proteínica diaria (24). Por consiguiente, es fundamental concentrar los esfuerzos en el mejoramiento del valor nutritivo de los propios cereales y leguminosas.

AMARANTO

La familia de las amaranthaceas constituye un grupo de plantas que comprende el género *Amaranthus* L. con más de 60 especies. Su grano y sus hojas poseen valiosos componentes, por lo que se le considera un alimento de gran valor nutritivo. En los tiempos prehispánicos la semilla o grano de ama

ranto fue uno de los alimentos básicos de América, casi tan importante en la alimentación como lo eran el maíz y el frijol (28).

En la zona central de la Nueva España las semillas de amaranto se consumían en especial en forma de atoles y tamales. Los productos más comunes eran unas esferas de masa de amaranto llamadas tzoali o zoale. Para preparar las semillas de amaranto se las molía y mezclaba con miel de maguey. Los tarahumaras, mayas, tepehuanes, yanquis y miembros de otras tribus preparaban un producto similar. En Jalisco y Oaxaca sus usos eran parecidos a los mencionados y en algunos lugares se empleaban para preparar tortillas y atole.

El amaranto ocupó un sitio importante en las fiestas ceremoniales y religiosas. Se ha dicho que los indios Hopi de Arizona y los suñiz de Nuevo México utilizaban en sus ceremoniales las semillas de alegría, a semejanza de otros pueblos autóctonos de la parte central de México que las usaban para formar ídolos pequeños. Estos servían como amuletos para asegurar el éxito de las siembras y cosechas, así como para celebrar diversas festividades en honor a sus dioses. Algunos grupos indígenas sembraban los amarantos como fuente de pigmento para colorear las "hostias" ceremo-

niales de pan de maíz que personificaban a sus dioses y que distribuían a las personas a manera de comunión durante sus danzas tradicionales (26,28). Como consecuencia de la persistente labor de los misioneros españoles que trataban de abolir las ceremonias religiosas, el interés de esta planta fue decreciendo hasta quedar prácticamente relegada.

- CARACTERISTICAS GENERALES

Las especies del género *Amaranthus* (familia amarantáceas) están ampliamente distribuidas en el mundo. Comprende hierbas anuales, con hojas simples, enteras, cuneiformes o lanceoladas en la base y decurrentes en los peciolo. Estas plantas en general están matizadas con un pigmento rojo llamado amarantina. Las flores son unisexuales, forman densos racimos cimosos situados en las axilas de las hojas y en algunas especies en tirso terminales, densos, sin hojas. Estas suelen presentar diversos colores de la semilla que varían del negro al blanco.

Algunos autores indican que el amaranto es originario de América, mientras que otros dan pauta para aseverar que es nativo de Europa, Asia, África y Australia. La especie más comúnmente encontrada en México es *A. Hypochondriacus* aunque a veces se le encuentra mezclado con *A. cruentus*.

Estas producen abundantes semillas, las cuales son en general comestibles y tienen un sabor semejante al de los cereales. Además presentan una fuente de proteína de buena calidad; por éstas razones debe recomendarse la promoción intensiva de los cultivos tanto en las áreas donde se practican actualmente en pequeña escala, como en otras regiones donde se desconocen, pero las condiciones climatológicas y edafológicas deben ser adecuadas para su desarrollo y producción (26).

- CULTIVO

La siembra del amaranto se lleva a cabo en abril o mayo. Para ello se labra el terreno como para la siembra del maíz; se traza una raya con una estaca sobre el lomo del surco y se esparcen las semillas tapándolas ligeramente. Las plántitas nacen a los ocho días cuando éstas alcanzan unos 20 cms. Florece en agosto y septiembre y la cosecha se hace a fines de octubre o principios de noviembre, para lo cual las panojas se cortan desde su base y se ponen a secar; luego se desgranan azotándolas con varas sobre una tela extendida en el suelo. Después se ciernen y se ensacan conservando las semillas en un lugar seco (26).

El amaranto se adapta muy bien a las altas temperaturas y a grandes altitudes. Es resistente a la sequía, su

crecimiento es rápido durante la época calurosa y requiere de suelos cuya textura varíe de media a gruesa, con buena superficie y drenaje, para mantener suficiente humedad. La combinación del suelo fértil y lluvias frecuentes favorece los rendimientos de las cosechas (26).

Aunque el cultivo del amaranto ha declinado en nuestro país, aún es posible observar pequeñas áreas sembradas entre las milpas. Esto ocurre en ciertas zonas del D. F., circunscritas al área de Mixquic, Milpa Alta y Xochimilco, así como en algunas poblaciones comprendidas en los estados de Morelos, Tlaxcala, Veracruz, Guerrero y Oaxaca. Sin embargo, en México, el principal centro de cultivo, producción y comercialización del amaranto aún sigue siendo Tulyehualco, D.F. (28).

- PRODUCCION

Uno de los principales problemas en cuanto a la producción de amaranto es lo referente a la cosecha, debido al pequeño tamaño de la semilla (1.0 - 1.5 mm.). Casi todas las operaciones de cosecha carecen del equipo adecuado para el desgrane, en tanto que en las diversas fases del procesamiento se siguen empleando todavía utensilios primitivos, que desde luego deben cambiarse hacia formas más efectivas para tecnificarlos adecuadamente y llevar los procesos a su fase de industrialización (26).

Otro factor importante que desfavorece el aprovechamiento del amaranto es su escasa disponibilidad y, como resultante, su elevado costo (\$2.500.00/Kg*) en comparación con otras materias primas similares como los cereales (\$ 600.00/Kg*).

En México se están abordando los siguientes aspectos con el objeto de destacar la potencialidad del amaranto (27):

- a) Delimitación de las áreas de cultivo existentes en diferentes estados de la República.
- b) Estudios agronómicos de diversos tipos, incluyendo fertilización y riego.
- c) Mejoramiento en las prácticas de recolección y selección de la semilla.
- d) Perfeccionamiento de las tecnologías actuales seguidas en la obtención de diferentes productos alimentarios.
- e) Desarrollo de nuevos productos alimentarios de bajo costo.

*Costos de enero de 1988.

Por lo anterior, es importante destacar que para lograr un adecuado aprovechamiento y un desarrollo tecnológico de opciones industriales del amaranto, es necesario darle un impulso agrícola que permita su competencia económica.

COMPOSICION DEL AMARANTO

Los valores que se señalan a continuación son promedios generales de las especies más comunes. Por 100 gramos de semilla, con una humedad de 8%, los distintos tipos de amaranto contienen entre 13.0 y 17.8 g. de proteína; de 4.4. a 8.0 g. de extracto etéreo; de 3.2 a 6.4 g. de fibra cruda; de 3.0 a 4.0 g. de cenizas y casi 370 kilocalorías. Se estima un contenido de fibra cruda de entre 13.0 y 17.8%. En el cuadro 1 se presentan la composición química proximal del amaranto en comparación con algunos cereales. Se observa que la cantidad de proteína del amaranto es mayor que la de los cereales más comunes.

Lo más importante de la proteína del amaranto es su riqueza en aminoácidos indispensables, incluyendo la lisina y la metionina. La calificación química de su proteína va del 70 a 80 por ciento, siendo la leucina el aminoácido limitante.

C U A D R O 1

COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DEL AMARANTO EN COMPRACION CON ALGUNOS
CÉREALES

	PROTEÍNA	LÍPIDOS	FIBRA CRUDA (g/100 g)	CENIZAS	HIDRATOS DE CARBONO*
A. CRUENTUS	13.2-17.6	6.3-8.1	3.4-5.3	2.8-3.6	60.4
A. HYPOCHONDIACUS	13.9-17.3	4.8-7.7	3.2-5.8	3.3-4.1	63.1
MAÍZ BLANCO	7.9	3.9	2.0	1.2	73.0
MAÍZ AMARILLO	8.3	4.8	2.0	1.2	69.6
ARROZ	6.7	0.4	0.3	0.5	78.8
TRIGO	10.2	2.0	2.3	1.7	73.4
CEBADA	9.7	1.9	6.5	2.5	75.4

* POR DIFERENCIA

FUENTE: TEUTÓNICO, R. A., KNORR, D. (1985). AMARANTH: COMPOSITION, PROPERTIES
AND APPLICATIONS OF A REDISCOVERED FOOD CROP. FOOD TECHNOLOGY, 39, 4.

El aceite, por su parte, es rico en ácidos grasos indispensables como son el linoléico, el linolénico y el araquidónico. Aún cuando el contenido total de grasa no es muy alto resulta, sin embargo, aceptable desde el punto de vista nutricional.

En lo que respecta a los hidratos de carbono, el más abundante en la semilla de amaranto es el almidón. Los monosacáridos tales como glucosa y fructosa se presentan en menor cantidad y los niveles de rafinosa son similares a los niveles de trisacáridos encontrados en el trigo, arroz y triticale (23).

La semilla contiene sodio, potasio, calcio, magnesio, cinc, cobre, manganeso, níquel y hierro. En cuanto a las vitaminas, el amaranto contiene tiamina, riboflavina, niacina y vitamina C en cantidades similares a las de los cereales, que se distribuyen principalmente en la cáscara. Los nutrimentos se encuentran en toda la semilla, por lo que se recomienda su aprovechamiento integral (28).

En suma, desde el punto de vista exclusivamente agrónomico, el amaranto resulta ser un cultivo muy recomendable y la composición química de sus partes constitutivas lo colocan como un alimento de alto rango, que debe ser rescatado.

- SECADO POR ASPERSION

Las soluciones, suspensiones y pastas pueden secarse mediante su aspersión en pequeñas gotas dentro de una corriente de gas caliente en un secador por aspersión. El líquido que se va a secar se atomiza y se introduce en una cámara grande de secado, en donde las gotas se dispersan en una corriente de aire caliente. Las partículas de líquido se evaporan rápidamente y se secan antes de que puedan llegar a las paredes del secador: el polvo seco que se obtiene cae al fondo cónico de la cámara y luego es extraído mediante una corriente de aire hasta un colector de polvos.

El gas de secado, ya sea de combustible o de aire, puede entrar a la temperatura práctica más elevada, 80 a 760°C, limitada únicamente por la sensibilidad del producto a la temperatura. Puesto que el tiempo de contacto entre el producto y el gas es muy corto, es posible utilizar temperaturas relativamente elevadas.

El secado por aspersión ofrece la ventaja de un secado extremadamente rápido para los productos sensibles al calor y costos relativamente bajos de operación, en especial en el caso de secadores de capacidad grande.

Los secadores por aspersión se utilizan para gran variedad de productos, que incluyen materiales tan diversos como sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, productos farmacéuticos, alimenticios como leche, huevos, café soluble, lo mismo que jabón y productos detergentes (3).

V. METODOLOGIA

1. DESARROLLO EXPERIMENTAL.

1.1. Selección y caracterización de las materias primas.

La semilla de amaranto (*Amaranthus Hypochondriacus*) se limpió manualmente. Para ello se pasó por un tamiz del No. 20 para eliminar las impurezas de mayor tamaño; se colocó la semilla en una manta y se removió con las manos de tal forma que las impurezas de menor tamaño quedaron atrapadas en la manta; por último se pasó la semilla por aire para eliminar las impurezas de menor peso.

La semilla de amaranto se utilizó de dos maneras: reventada e integral, debido a que por ser el componente básico de éste estudio, era necesario conocer la forma óptima que cumpliera con las características deseadas en el producto final.

La obtención del amaranto reventado se llevó a cabo mediante el tostado de la semilla en una sartén a 168° C durante 10 segundos.

En la figura No. 1 se presenta el procedimiento seguido para la obtención de la harina de amaranto integral y la harina de amaranto reventado.

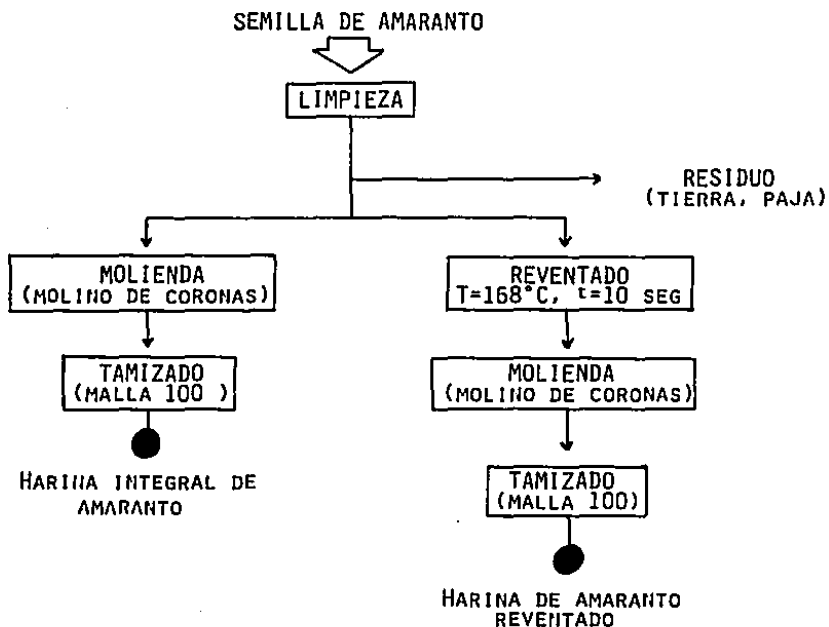
Las harinas de amaranto obtenidas, así como las harinas de maíz y Soya desgrasada seleccionadas con base a su disponibilidad y costo (Cuadro II), además de su contenido proteínico que proporcionan una adecuada complementación de aminoácidos con el amaranto, se caracterizaron mediante análisis químico proximal basado en los métodos oficiales del AOAC (35).

1.2. Diseño de las mezclas base.

Las "mezclas base" se obtuvieron a partir de la combinación de harinas de amaranto integral y harina de amaranto reventado, con harina de soya desgrasada y cocida y harina de maíz con base en la calificación química. Para ello se utilizó un programa de computadora elaborado para la obtención de mezclas proteínicas en el cual se relaciona el contenido de aminoácidos (lisina, triptofano y aminoácidos azufrados) con el patrón de aminoácidos FAO-OMS/73. La información que se proporcionó al programa fue la siguiente:

FIGURA No. 1.

OBTENCION DE LAS HARINAS DE AMARANTO INTEGRAL Y
REVENTADO A PARTIR DE LA SEMILLA DE
AMARANTO



C U A D R O I I

DATOS SOBRE PRODUCCION Y COSTO DE ALGUNOS PRODUCTOS AGRICOLAS EN
MEXICO
(1983)

GRANO	PRODUCCIÓN (MILES DE TON)	'DISPONIBILIDAD' (MILES DE TON)	PRECIO MEDIO RURAL (\$/TON)	CONSUMO NACIONAL (MILES DE TON)
ARROZ	511	511	9,242	418
MAÍZ	10,129	10,348	9,766	10,347
SOYA	648	1,189	15,382	1,189
TRIGO	4,462	4,780	6,899	4,780

- FUENTE: - SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS, SUBSECRETARÍA DE AGRICULTURA Y OPERACIÓN (1983). ECONOTECNIA AGRÍCOLA, CONSUMOS -- APARENTES DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS 1925-1982, VOL. II, DIRECCIÓN GENERAL DE ECONOMÍA AGRÍCOLA.
- SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO. (1984). AGENDA ESTADÍSTICA. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA, MEXICO.

- a) Un contenido de proteína en la mezcla base de 20 a 25% ya que de ésta forma el producto final cubrirá la recomendación diaria de proteína de los lactantes a partir de los 4 meses de edad, que es de 18.4 g/día (15).
- b) Un aporte proteínico por parte del amaranto mínimo de 60% con base en el total de proteína.
- c) Una calificación química para el aminoácido limitante con respecto al patrón FAO-OMS/73 mínima del 80%.

1.3 Elaboración experimental de la mezcla base.

Se determinaron los factores para estabilizar aproximadamente el 80% de los sólidos totales de la base proteínica en solución acuosa.

La estabilidad se evaluó de la siguiente manera: las mezclas base se hidrataron con agua al 14% de sólidos a diferentes temperaturas (20, 40, 60°C) y se pasaron por un molino coloidal. Posteriormente se colocó cada mezcla en su respectiva probeta graduada de 100 ml. en donde se midió la separación de fases cada 5 minutos durante 1 hora.

Las determinaciones físicas y químicas que se evaluaron de las mezclas elaboradas una vez probada su estabilidad fueron solubilidad de sólidos y proteínas a diferentes temperaturas y pH. Las temperaturas seleccionadas fueron 20, 40 y 60° C debido a que a temperaturas más elevadas se presenta el fenómeno de la gelatinización y el pH seleccionado fue de 5 a 9 debido a que las proteínas del amaranto y la soya precipitan a pH de 4 y a pH muy alcalinos (10) se pueden alterar sus propiedades funcionales.

1.4. Desarrollo de las formulaciones.

Una vez seleccionadas las mezclas propuestas por la computadora, que cumplieran con los requisitos establecidos, se formuló el producto quedando de la siguiente manera: 50-55 g. de mezclas base se adicionaron de 14-18 g. de aceite de maíz y de 25-30 g. de glucosa como aportadores de energía, de 2-4 g. de las vitaminas A como palmitato de vitamina A, B₁ como clorhidrato de tiamina, B₂ como riboflavina, B₆ como clorhidrato de piridoxina, C como ácido ascórbico y los nutrimentos inorgánicos calcio, hierro y fósforo como fosfato de calcio y

fosfato férrico, (ésta cantidad cumple con las recomendaciones diarias) y de 1-3 g. de los aditivos lecitina de soya y goma guar.

Se utilizó el aceite de maíz como fuente aportadora de energía debido a su contenido de ácidos grasos esenciales y a la glucosa por ser una monosacárido de fácil asimilación. En lo que respecta a la adición de vitaminas y nutrimentos inorgánicos, se emplearon aquellos que se consideraron más importantes en la alimentación de los lactantes. En cuanto a la adición de aditivos, se utilizó la lecitina de soya dadas sus propiedades emulsivas y antioxidantes. Para suspender los sólidos que se sedimentaban se seleccionaron los tres aditivos empleados con mayor frecuencia en la elaboración de alimentos en polvo: carboximetilcelulosa, goma carragenina y goma guar, las cuales tienen la función de estabilizar sólidos mediante la retención de agua por medio de moléculas polarizadas que se adhieren a las moléculas de agua. Se utilizaron diversas concentraciones de los aditivos en forma individual y en forma combinada según las recomendaciones de los proveedores hasta encontrar aquella que proporcionara una estabilidad de los sólidos del 95 al 100% y una viscosidad similar a la de la

leche fresca que es 2.1 cp. (13)

1.5. Elaboración experimental del producto.

Para la obtención del producto se procedió a homogeneizar la mezcla con el objeto de evitar la separación de fases (acuosa y oleosa) y la sedimentación de partículas. La homogeneización de las - fases se llevó a cabo mediante la formación de una emulsión con lecitina de soya ya que su adición en aceite o grasa hace que ésta se disperse y se emulsione en una solución acuosa caliente (17).

Esta incorporación de los componentes oleosos (aceite de maíz, lecitina de soya, vitaminas liposolubles) en los componentes acuosos (agua, glucosa, mezcla base de harinas, vitaminas hidrosolubles y nutrimentos inorgánicos) se logró añadiendo lentamente la fase oleosa a la acuosa con agitación vigorosa y constante a una temperatura de 45° C.

Una vez establecida la emulsión, se procedió a suspender los sólidos que se sedimentaban con la utilización de los aditivos estabilizantes.

El producto obtenido se deshidrató en un seca

por aspersión. La temperatura de entrada del aire se mantuvo por debajo de 160° ya que a temperaturas más elevadas puede haber desnaturalización de los componentes, principalmente de las proteínas o caramelización de los azúcares. La temperatura de salida del aire fue de 60° C debido a que en condiciones más bajas se obtiene un producto con más del 8% de humedad, lo cual restaría funcionalidad del producto. La concentración de sólidos de entrada del producto fue de 20% y la de salida fue de 95 a 97%, lo cual hace que el producto quede con 5 a 3% de humedad.

1.6. Evaluación del producto final.

Se evaluó mediante los siguientes análisis:

- a) Análisis químico proximal con base en los métodos oficiales del AOAC (35).
- b) Análisis microbiológico con base en los métodos oficiales de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (29).
- c) Calidad proteínica mediante la determinación de lisina disponible por el método de Carpenter y Tovar (7,8) y la elaboración de un aminograma con un analizador automático Beckman modelo 116 (10.32).

d) Características físicas y químicas como son:

- Estabilidad con la utilización de una probeta graduada de 100 ml. en la cual se vierten las diferentes mezclas a distintas temperaturas. Se tomó la lectura de separación de fases cada 5 minutos durante 1 hora.
- Solubilidad de proteínas mediante la determinación de la cantidad de proteína solubilizada a diferentes pH mediante el método de Rasekh.
- Solubilidad de sólidos con un refractómetro de Abbe Marca Bausch and Lomb. (35).
- Viscosidad con un viscosímetro marca Brookfield modelo RFV (35).

e) Análisis de vitaminas y nutrimentos inorgánicos como son:

- Vitamina A.

Se determinó por método espectrofotométrico mediante saponificación de los componentes oleosos y extracción de la vitamina A con éter etílico (14).

- Vitamina B₁.

Se determinó por método flourométrico mediante la oxidación de la tiamina a tiocromo en solución alcalina. La flourescencia es directamente proporcional a la cantidad de tiocromo producido durante la oxidación de la tiamina (14,16).

- Vitamina B₂

Se determinó por método fluorométrico mediante la disolución de la riboflavina en una mezcla de agua-piridina-ácido acético (14.16).

- Vitamina B₆

Se determinó por método espectrofotométrico mediante la formación de indofenol con coloración azul producido por la reacción entre piridoxina y 2, 6-dicloroquinonclorimida en solución alcohólica (14.16).

- Vitamina C

Se determinó por titulación potencigráfica mediante la oxidación cuantitativa del ácido ascórbico a ácido dehidroascórbico con una solución de yodo (14.16).

- Calcio, Hierro, Fósforo.

Se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica mediante la disolución de la materia inorgánica en una solución de ácido clorhídrico y ácido nítrico (14).

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

De los cereales propuestos se seleccionó el maíz fundamentalmente por su elevada producción y consumo en México - en comparación con otros cereales.

De las leguminosas se seleccionó a la soya debido a que presenta un elevado contenido proteínico y un alto contenido de lisina (6.54 g/100 g. proteína), aminoácido que complementa adecuadamente a los cereales.

La materia prima base para la elaboración del producto fue el amaranto; éste presenta un elevado contenido proteínico en comparación con los cereales, además de un alto contenido de lisina (4.23 g/100 g. proteína) que complementan a los cereales.

Los resultados del análisis químico proximal para las materias primas seleccionadas se presentan en el cuadro III. Como se observa, el contenido de proteína de las harinas de amaranto (14.47% en la integral y 14.25% en la reventada) son mayores que la del maíz (11.27%), mientras que la harina de soya desgrasada cocida, como era obvio, presenta un contenido de proteína elevada (40.2%) en comparación con los anteriores. El contenido de lípidos para las harinas de amaran

C U A D R O I I I

ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE LAS MATERIAS PRIMAS
(g/100 g)

MATERIA PRIMA	'PROTEÍNA*	'LÍPIDOS	'HUMEDAD	'CENIZAS	'CRUDA	'HIDRATOS DE CARBONO**
H. AMARANTO INTEGRAL	14.47 (A)	7.1	7.75	2.49	2.6	65.6
H. AMARANTO REVENTADO	14.25 (A)	7.44	1.24	3.19	3.24	70.64
H. SOYA DESGRASA SADA COCIDA	40.2 (B)	1.75	8.17	9.69	5.06	35.13
H. MAÍZ	11.27 (B)	4.4	9.27	1.35	2.01	71.7

* (A) N x 5.25

(B) N x 6.25

** POR DIFERENCIA

to (7.44%) y 7.1% para reventado e integral respectivamente es considerable en comparación con la harina de soya desgrasada cocida (1.75%) debido a que se trata de harina de soya "desgrasada". El contenido de humedad de la harina de amaranto reventado (1.24%) es bajo en comparación con el de la harina de amaranto integral (7.75%) debido al tratamiento térmico a que se somete la semilla durante el tostado o reventado.

Posteriormente se llevó a cabo el análisis microbiológico de las materias primas. Los resultados se presentan en el cuadro IV. Todas las harinas, a excepción de la harina de amaranto reventado debido a que lleva un calentamiento, presentan cuentas microbiológicas altas debido a que el cultivo, la cosecha y el manejo general de éstas, no se lleva a cabo higiénicamente dado su lugar de origen.

Para el cálculo teórico de las mezclas base se utilizó un programa dentro del cual se relacionan el contenido proteínico y la calificación química comparada con el patrón de aminoácidos FAO-OMS/1973. Las mezclas base que cumplieron con los objetivos del proyecto se presentan en el cuadro V.

La mezcla de harina de amaranto integral-harina de so-

C U A D R O I V

ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE LAS MATERIAS PRIMAS
(UFC/G)

MATERIA PRIMA	' BACTERIAS MESOFÍLICAS AEROBIAS	HONGOS	' LEVADURAS	' COLIFORMES TOTALES	' COLIFORMES FECALES
H. AMARANTO INTEGRAL	400.000	12.000	20	3	MEHOS DE 3
H. AMARANTO REVENTADO	8.100	260	0	MENOS DE 3	MENOS DE 3
H. SOYA DESGRA SADA COCIDA	370.000	400	0	3	3
H. MAÍZ	44.000	160	0	MENOS DE 3	MENOS DE 3

C U A D R O V

COMPOSICION Y COSTO DE LAS MEZCLAS BASE
(G/100 G)

MEZCLA BASE	'APORTE DE PROTEÍNA A LA MEZCLA	'INGREDIEN- TES	'PROTEÍNA' CRUDA	LÍPIDOS	'HIDRATOS CARBONO	' LISINA % EN RELACIÓN	' METIONINA CISTEINA AL PATRÓN 1973	'TRIPTOFANO FAO-OMS/
AM. INT. SOYA - MAÍZ	52 43 5	70.32 20.93 8.73	21.31	5.2	58.21	107.18	116.65	105.69
AM. REV. SOYA, MAÍZ	51 44 5	69.90 21.37 8.71	24.82	5.43	59.7	99.68	135.34	107.79

ya desgrasada cocida-harina de maiz presenta un contenido de proteina de 21.31% y una calificación química de 82.2% para el aminoácido limitante.

La mezcla de harina de amaranto reventado-harina de soya desgrasada-harina de maiz presenta un contenido de protei na de 24.82% y una calificación química de 90.41% para el -- aminoácido limitante.

Las mezclas base se elaboraron experimentalmente en una mezcladora de pantalón. Se mezclaron durante 15 minutos para asegurar su homogeneización. Los resultados del análisis químico proximal elaborado se presentan en el cuadro VI.

Debido a que los cereales y las leguminosas son poco solubles en agua a temperatura ambiente, las mezclas base se sometieron a diferentes tratamientos físicos y químicos para solubilizar y dispersar la mayor parte de los sólidos.

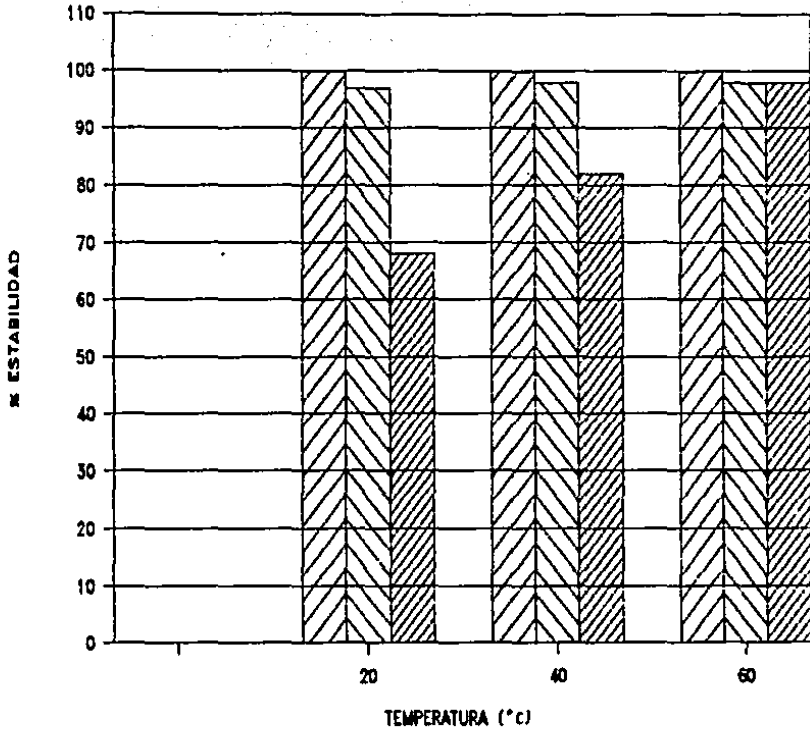
Los tratamientos se iniciaron mediante una molienda co loidal al 14% de sólidos en donde se obtuvo un tamaño de -- partícula de 30 micrómetros. Se evaluó la estabilidad de las mezclas a diferentes temperaturas (20, 40 y 60° C). Co mo se observa en la figura No. 2, la estabilidad de todas las mezclas base aumenta ante un incremento de temperatura.




C U A D R O V I

ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE LAS MEZCLAS BASE
(g/100 g)

MEZCLA BASE	PROTEINA (Nx6,25)	LÍPIDOS	HUMEDAD	CENIZAS	FIBRA CRUDA	HIDRATOS DE CARBONO
AM. INT. SOYA, MAÍZ	22.69	5.8	7.9	4.1	3.06	56.45
AM. REV. SOYA MAÍZ	25.2	5.95	3.42	4.41	3.52	57.5

ESTABILIDAD DE LAS MEZCLAS BASE A DIFERENTES TEMPERATURAS CON Y SIN MOLIENDA COLOIDAL



-  H. amaranto reventado - H. soya - H. maiz con molienda coloidal.
-  H. amaranto integral - H. soya - H. maiz con molienda coloidal.
-  H. amaranto integral - H. Soya - H. maiz sin molienda coloidal.

En la mezcla elaborada con harina de amaranto reventado se presentó el fenómeno de la gelatinización al añadir agua a temperatura ambiente. Esto se debe a que en el proceso de "reventado" de la semilla de amaranto, los almidones sufren una transformación debida al tratamiento térmico a que se somete. Esta gelatinización de los almidones produce un incremento muy elevado en la viscosidad de las mezclas con agua - obteniéndose un producto tipo puré, por lo cual no se presentó separación de fases obteniendo un valor de 100% de estabilidad. Por consiguiente, la mezcla elaborada con harina de amaranto reventado se eliminó del estudio, ya que la gelatinización es un fenómeno no deseable para el producto que se desea obtener. Al someter la mezcla elaborada con harina de amaranto integral a una temperatura de 60° C. también se presentó el fenómeno de la gelatinización; por ésta razón ya no se aplicó ésta temperatura.

La temperatura finalmente seleccionada para la mezcla - antes mencionada fue de 40° C, ya que la mezcla presenta la mayor estabilidad de los sólidos (98-100%) sin que se presente la gelatinización .

Posteriormente se evaluó la estabilidad de la mezcla -- elaborada con harina de amaranto integral al 14% de sólidos- sin molienda coloidal. Como se observa en la figura No. 2,-

la estabilidad de la mezcla a cualquier temperatura (20, 40, 60° C) sin molienda coloidal es menor que la mezcla sometida a molienda coloidal a las mismas temperaturas.

Con base en los resultados obtenidos, se comprobó que la estabilidad de los sólidos de las mezclas base aumenta ante un incremento de temperatura y sometiendo a molienda coloidal, por lo que se seleccionó la mezcla de harina de amaranto integral-harina de soya desgrasada cocida-harina de maíz sometida a molienda coloidal a una temperatura de 40° C.

Establecidas éstas condiciones se procedió a la determinación de los factores que solubilizan la mayor parte de los sólidos totales y de las proteínas variando la temperatura y el pH.

- Efecto de la temperatura sobre la solubilidad de las mezclas base.

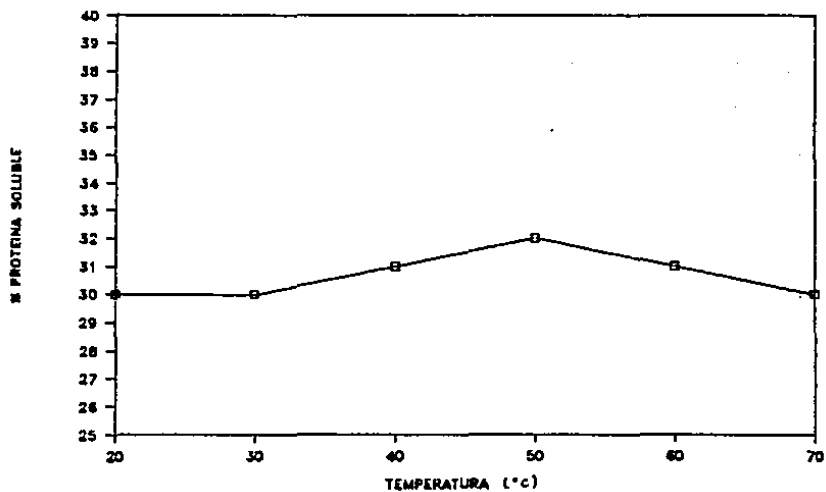
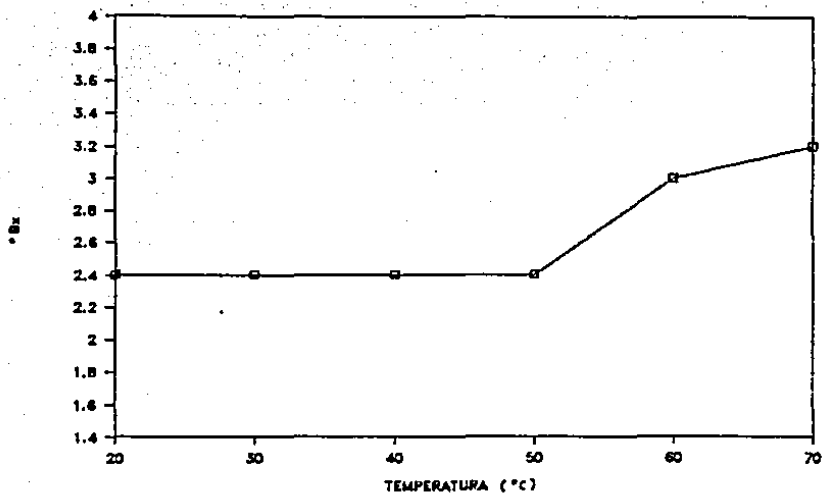
Como se observa en la figura No. 3, la solubilidad de los sólidos se mantiene constante hasta la temperatura de -50°C . A partir de ésta temperatura se inicia el fenómeno de la gelatinización. En cuanto a las proteínas, éstas son generalmente más estables a temperaturas entre 20 y 60°C . debido al tipo de ligaduras y estructuras que las conforman. A temperaturas superiores a 60°C , algunas proteínas presentan el fenómeno de la desnaturalización, dado que un gran número de moléculas acumulan suficiente energía para perder su estabilidad estructural. Con base en los resultados obtenidos, la temperatura seleccionada fue 20°C , ya que se presenta solubilización de los sólidos sin presentarse la gelatinización y de las proteínas sin presentarse la desnaturalización, además de que a ésta temperatura no se requiere de calentamiento.

- Efecto de pH sobre la solubilidad de las mezclas base.

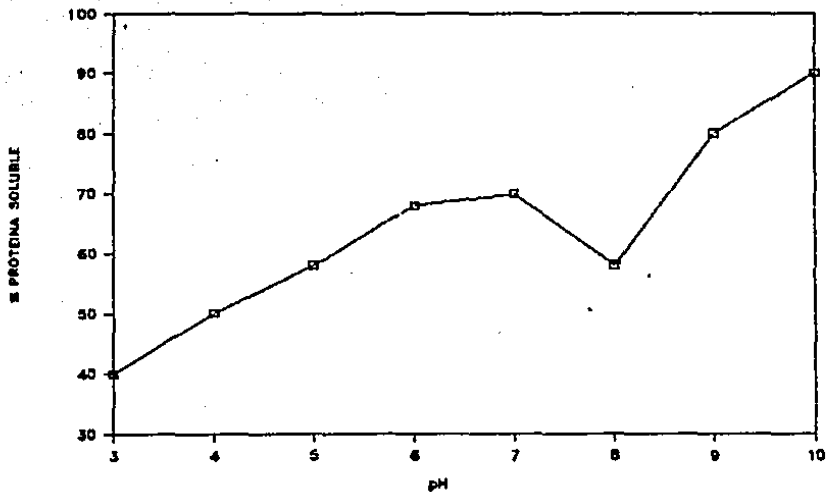
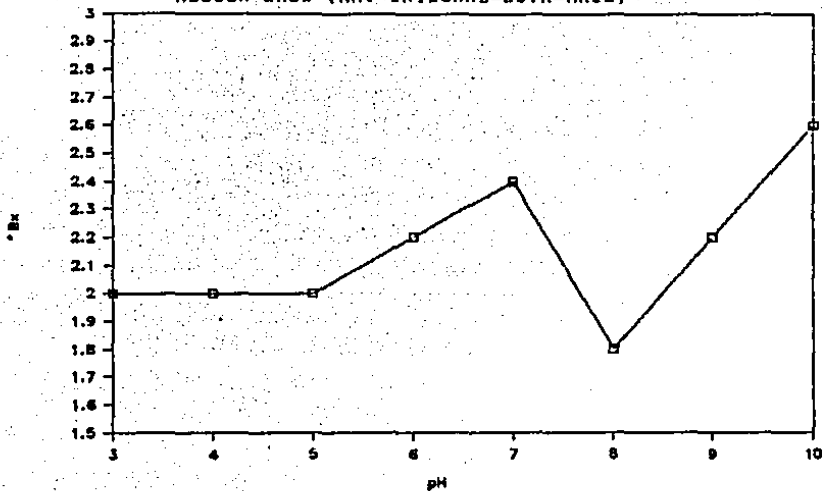
Como se observa en la figura No. 4, la solubilidad de los sólidos se mantuvo constante hasta un pH de 9. En cuanto a las proteínas, a medida que el pH es más bajo (3), la solubilidad es menor debido a que éstas se encuentran más cerca de su punto isoeléctrico, en donde el número de cargas

F I G U R A N o . 3

EFFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA SOLUBILIZACION DE LA MEZCLA BASE (AM. INTEGRAL-SOYA-MAIZ)



EFFECTO DEL pH SOBRE LA SOLUBILIZACION DE LA MEZCLA BASE (AM. INTEGRAL-SOYA-MAIZ)



positivas y negativas es similar, por lo cual se atraen produciéndose su precipitación. La solubilidad aumenta a medida que el pH es mayor ya que las moléculas se repelen distribuyéndose homogéneamente en la solución, sin embargo, a pH muy alcalino (9) la proteína se desnaturaliza. El incremento más considerable de la solubilidad se encontró entre pH 6 y 7 a los cuales no se afectan las propiedades funcionales ni el valor nutritivo de las proteínas. Por tanto, el pH seleccionado fue de 6.5.

La formulación del producto se basó en las características propuestas con los objetivos (Cuadro VII). Considerando que la mezcla base tiene 22.7% de proteína, se tomaron 52.99 g. de mezcla base para la elaboración 100 g. de producto, ya que de ésta forma se suministra la cantidad de proteína deseada.

La homogeneización del producto, compuesto por mezcla base, aceite de maíz, glucosa, vitaminas y nutrimentos inorgánicos, se llevó a cabo mediante la formación de una emulsión y una suspensión.

Se probaron concentraciones de 0.5 a 3% de lecitina con intervalos de 0.5 para conocer la mínima cantidad necesaria para llevar a cabo la emulsión. La concentración seleccionada fue de 2.0% ya que no se observó separación de las fases -

CUADRO VII

**ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL EN EL
PRODUCTO FINAL
(g/100 g ó kcal/100 g*)**

COMPONENTES	CONCENTRACIÓN (%)
HUMEDAD	3-5
PROTEÍNA	12-15
LÍPIDOS	18-20
FIBRA CRUDA	1-3
CENIZAS	2-4
HIDRATOS DE CARBONO	55-60
ENERGÍA*	430-480

oleosa y acuosa.

También se probaron concentraciones de 0.01 y 0.5% de los aditivos carboximetilcelulosa, goma carragenina y goma guar en forma individual y combinada con intervalos de 0.05% hasta encontrar aquella que proporciona una estabilidad de sólidos del 95 al 100% y una viscosidad aproximada de 2.1 cp. Las concentraciones de los aditivos que proporcionaron las características anteriormente indicadas fueron 0.06% de goma guar y 0.02% de carboximetilcelulosa en combinación con 0.2% de goma carragenina, de las cuales se seleccionó la primera (0.05% de goma guar) debido a que solamente se utiliza un aditivo y a que es más económico que los otros aditivos. La goma guar tiene un costo de \$4,000.00/kg* mientras que la carboximetilcelulosa y la goma carragenina tienen un costo de \$14,000.00/kg* y \$22,400.00/kg* respectivamente.

La formulación finalmente seleccionada se presenta en el cuadro VIII. Se calculó el valor energético tomando en cuenta un aporte de 4 kcal/g para hidratos de carbono, 4 kcal/g para proteínas y 9 kcal/g para lípidos. Como se observa, la formulación proporciona la cantidad de proteína y energía deseadas que son 12-15% y 430-480 kcal/100 g. respectivamente. Considerando los datos de proteínas y energía

* Costos de enero de 1988

C U A D R O V I I I

FORMULACION DEL PRODUCTO FINAL		
INGREDIENTES	CONCENTRACIÓN (g/100 g)	ENERGÍA (KCAL/100 g)
MEZCLA BASE*	55.88	195
ACEITE DE MAÍZ	16.00	144
GLUCOSA	27.12	108
LECITINA	2.00	18
GOMA GUAR	0.06	
VITAMINAS Y NUTRI MENTOS INORGÁNICOS	2.06	---
		465

* HARINAS DE AMARANTO INTEGRAL - SOYA - MAÍZ.

de la formulación deseada y que un lactante de cuatro meses de edad consume diariamente 1200 ml. de una bebida al 14% de sólidos, el producto obtenido suministra 23 g. de proteína y 880 kcal. por día, los cuales cumplen con las recomendaciones diarias que son de 18.4 g. de proteína y 865 kcal. por día (15).

El producto obtenido es una bebida al 14% de sólidos, por lo tanto se procedió a llevar a cabo la deshidratación en un secador por aspersion. La temperatura de entrada del aire se mantuvo por debajo de 160° C ya que a temperaturas más elevadas puede haber desnaturalización de sus componentes, principalmente de las proteínas o caramelización de los azúcares.

La temperatura de salida del aire fue de 60°C debido a que en condiciones más bajas se obtiene un producto con elevada cantidad de humedad, lo cual restaría funcionalidad al proceso.

En el secado del producto las mermas fueron provocadas principalmente por la formación de "costras" del producto en las paredes ocasionando caramelización del mismo.

Una vez obtenido el producto en polvo, se caracterizó mediante análisis químico proximal. Los resultados se mues

tran en el cuadro IX. Al igual que en el cuadro VIII, se calculó el valor energético tomando en cuenta un aporte de 4 kcal. por gramo de hidratos de carbono, 4 kcal por gramo de proteínas y 9 kcal. por gramo de lípidos. Como se observa, la composición química proximal del producto final se encuentra dentro de los límites propuestos en los objetivos (Cuadro VII), lo cual indica que el producto proporciona la cantidad de proteína y energía recomendadas para los lactantes a partir de los cuatro meses de edad, que son 18.4 g. y 865 kcal por día respectivamente. El contenido de humedad que presenta el producto es de 3.46%, cantidad tan baja que hace que el producto sea estable microbiológica y químicamente (18). En cuanto al contenido de fibra cruda, el producto presenta 1.96% en base húmeda ó 0.003319 g. fibra/ml. en el producto rehidratado al 14% de sólidos. Esta cantidad se encuentra por debajo de la concentración máxima permitida en los alimentos para lactantes que es de 10% peso/volumen, es decir, 0.1 g. fibra/ml (2). En lo referente al contenido de cenizas, éste incluye los nutrientes inorgánicos adicionales, los cuales se analizaron de manera específica. Los resultados de los análisis de vitaminas y nutrientes inorgánicos se encuentran en el cuadro X. Las vitaminas A y B₁ se adicionaron con un 30% de exceso, debido a que, por ser sensibles a elevadas temperaturas, pueden descomponerse durante el proceso de secado (30,34). Como se observa en el cuadro

C U A D R O I X

ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DEL PRODUCTO EN POLVO
Y KILOCALORIAS APORTADAS
(g/100 g ó KCAL/100 g*)

DETERMINACIÓN	CONCENTRACIÓN	ENERGÍA *
HUMEDAD	3.46	
PROTEÍNA	15.23	60.92
LÍPIDOS	18.30	164.70
CENIZAS	1.94	
FIBRA CRUDA	1.96	
HIDRATOS DE CARBONO	59.11	236.44
		<u>462.06</u>

CUADRO X

ANÁLISIS DE VITAMINAS Y NUTRIENTOS INORGÁNICOS DEL PRODUCTO FINAL (MG/100 G)			
DETERMINACIÓN	RECOMENDACIÓN*	CONTENIDO EN EL PRODUCTO	PORCENTAJE EN COMPRACIÓN -- CON LA RECOMENDACIÓN
VITAMINA A	0.2	0.18	90.00
VITAMINA B ₁	0.25	0.26	103.01
VITAMINA B ₂	0.3	0.28	94.45
VITAMINA B ₆	1.0	0.97	97.27
VITAMINA C	20.0	19.58	97.90
CALCIO	300.0	291.75	97.25
HIERRO	5.0	4.81	96.3
FOSFORO	300.0	292.2	97.4

FUENTE: HERNÁNDEZ, M., CHÁVEZ, A., BOURGES, H. (1979) VALOR NUTRITIVO DE LOS ALIMENTOS MEXICANOS. TABLA DE USO PLÁSTICO. PUBLICACIÓN L-12, DIVISIÓN DE NUTRICIÓN DEL INNSZ, MÉXICO.

X, el porcentaje de vitaminas y nutrimentos inorgánicos obtenido en el producto, en comparación con las recomendaciones, es adecuado (90 - 100%). La razón por la que no se obtuvo un rendimiento del 100% en todas las vitaminas y nutrimentos inorgánicos es una ligera descomposición de los mismos durante el proceso de secado, además de que el contenido de éstas en forma natural en las materias primas es insignificante -- en comparación con las recomendaciones.

En cuanto al análisis microbiológico, el producto final se obtuvo con una cuenta microbiológica elevada en comparación con la Norma Oficial Mexicana (22). Los resultados del producto y las especificaciones de la Norma se muestran en el cuadro XI. A pesar de que la cuenta microbiológica obtenida en el producto final es mayor que la especificada por la Norma, el primero presenta resultados más bajos que aquellos obtenidos para las harinas utilizadas como materia prima. Esto implica que durante el procedimiento hubo una disminución de microorganismos, la cual posiblemente se produjo durante la elaboración de la emulsión o durante el secado -- por aspersión, ya que son los tratamientos térmicos que se llevaron a cabo. Estos resultados también indican que durante el procedimiento no hubo contaminación. Por lo tanto, la elevada cuenta microbiológica del producto se debe a que se trabajó con materias primas (principalmente harinas) que, dada la naturaleza, tienen un elevado contenido de microorga

C U A D R O X I

**CUENTA MICROBIOLÓGICA DEL PRODUCTO FINAL
EN COMPARACION CON LA NORMA OFICIAL MEXICANA
(COL/G)**

DETERMINACIÓN	PRODUCTO FINAL EN BASE SECA	NORMA OFICIAL MEXICANA*
CUENTA DE BACTERIAS MESOFÍLICAS AEROBIAS	34,000	10,000
CUENTA DE HONGOS	130	0
CUENTA DE LEVADURAS	0	0
CUENTA DE ORGANISMOS COLIFORMES FECALES - NMP.	3	NEGATIVO
CUENTA DE ORGANISMOS COLIFORMES TOTALES - NMP	1.100	NEGATIVO
ESTAFILOCOCO AUREO - (COAGULASA POSITIVO)	NEGATIVO	NEGATIVO
SALMONELLA	NEGATIVO	NEGATIVO

FUENTE: NOM-F-421-1982. PRODUCTOS ALIMENTICIOS PARA USO -
HUMANO-CEREALES LACTEADOS. NORMA OFICIAL MEXICANA.
DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.

nismos.

La disminución de la cuenta microbiológica no puede -- llevarse a cabo mediante tratamientos térmicos drásticos, ya que se pueden presentar fenómenos tales como la desnaturalización de proteínas que modifica las propiedades físicas y químicas del producto, la caramelización de los azúcares que proporciona una apariencia no deseable y la gelatinización de los almidones, lo cual afecta la viscosidad del producto.

La forma seleccionada para disminuir la cuenta microbiológica del producto final sin someterse a tratamientos -- térmicos fue la utilización de cámaras de óxido de etileno. Este tratamiento se llevó a cabo en MAYCOSA S. A. de C.V. -- Los resultados del análisis microbiológico después del tratamiento con óxido de etileno se muestran en el cuadro XII. -- Como se observa, hubo una reducción considerable de los microorganismos ya que todos se encuentran dentro de las especificaciones establecidas por la Norma Oficial Mexicana (22). -- Este método es efectivo debido a que el óxido de etileno tiene considerable potencia esterilizante, es muy útil en el -- tratamiento de materiales alterables por el calor y es volátil a temperatura ambiente. Su flammabilidad es inconveniente, por lo que, a nivel industrial se mezcla con 90% de gas carbónico, obteniendo una mezcla comercial llamada "carbóxido", que aumenta la eficacia del gas y reduce su peligro (17).

CUADRO XII

**CUENTA MICROBIOLÓGICA DEL PRODUCTO FINAL DESPUES
DEL TRATAMIENTO CON OXIDO DE ETILENO EN COMPARACION
CON LA NORMA OFICIAL MEXICANA
(COL/G)**

DETERMINACIÓN	PRODUCTO FINAL EN BASE SECA	NORMA OFICIAL MEXICANA*
CUENTA DE BACTERIAS MESOFILICAS AEROBIAS	7,700	10,000
CUENTA DE HONGOS	0	0
CUENTA DE LEVADURAS	0	0
CUENTA DE ORGANISMOS COLIFORMES FECALES - NMP	NEGATIVO	NEGATIVO
CUENTA DE ORGANISMOS COLIFORMES TOTALES - NMP	NEGATIVO	NEGATIVO
ESTAFILOCOCO AUREO (COAGULASA POSITIVO)	NEGATIVO	NEGATIVO
SALMONELLA	NEGATIVO	NEGATIVO

*FUENTE: NOM-F-491-1982. PRODUCTOS ALIMENTICIOS PARA USO HUMANO-CEREALES LACTEADOS. NORMA OFICIAL MEXICANA. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.

Cabe destacar que este paso se llevó a cabo con el fin de disminuir la cuenta microbiológica del producto final, -- pero no se incluyó en el desarrollo experimental definitivo para la elaboración de dicho producto. Esto se debe a que -- éste no es necesario siempre y cuando se parta de materia -- prima que se encuentre en las condiciones microbiológicas -- permitidas.

Posteriormente se llevó a cabo el análisis de aminoácidos. En el cuadro XIII se observa que todos los aminoácidos se encuentran dentro de los objetivos establecidos para la calificación química, la cual es de 80 como mínimo. El aminoácido limitante es isoleucina con una calificación química de 80.

Una vez obtenido el aminograma, se procedió a la determinación de lisina disponible. Esta se llevó a cabo debido a que en algunas condiciones fisicoquímicas, el grupo E-amino de la lisina puede reaccionar con los grupos carbonilos reductores, formando un complejo que no es atacado por las enzimas digestivas, lo cual hace que no toda la lisina del alimento sea asimilada por el organismo (8). El resultado obtenido para el producto final fue 5.5 g. lisina/16 g. nitrógeno. Este dato indica que el 85% de la lisina presente en el producto final es disponible, con la cual se puede obtener una proteína de buena calidad.

CUADRO XIII

ANÁLISIS DE AMINOÁCIDOS DEL PRODUCTO FINAL EN
COMPARACION CON EL PATRÓN FAO-OMS/1973

AMINOÁCIDO	PRODUCTO FINAL (G/100 G. PROTEÍNA)	PATRÓN FAO-OMS/1973	CALIFICACIÓN QUÍMICA
LEUCINA	5.66	7.0	104.09
ISOLEUCINA	2.5	4.0	80.02
LISINA	6.47	5.5	129.53
VALINA	3.5	5.0	90.15
TREONINA	3.72	4.0	119.71
FENILALANINA-			
TIROSINA	6.49	6.0	139.27
METIONINA-			
CISTINA	2.5	3.5	91.9
TRIPTOFANO	1.86	1.0	240.07
HISTIDINA	2.73		
AMONIACO	2.05		
ARGININA	6.92		
AC. ASPÁRTICO	11.32		
TREONINA	3.72		
SERINA	7.09		
AC. GLUTÁMICO	18.60		
PROLINA	4.6		
GLICINA	6.42		
ALANINA	4.09		

En cuanto a las pruebas físicas y químicas que se llevaron a cabo, se incluyen viscosidad mediante un viscosímetro marca Brookfield modelo RFV (35), porcentaje de estabilidad mediante la utilización de una probeta graduada de 100ml., índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua mediante el método de H.F. Conway (9). Los resultados se muestran en el cuadro XIV.

La viscosidad del producto final rehidratado fue igual a la que se obtuvo en el producto antes de ser deshidratado (2.3 cp.). La viscosidad está dada principalmente por los aditivos y los almidones, por lo que cabe suponer que éstos no sufrieron alteración durante el procedimiento de secado.

La viscosidad del producto final es similar al valor reportado para la leche fresca, el cual es de 2.1 cp.

El porcentaje de estabilidad del producto final hidratado después de una hora fue de 100%. La estabilidad también está dada por los aditivos, por lo que es otra manera de comprobar que éstos no sufrieron alteraciones durante el secado del producto.

En cuanto a la determinación del índice de solubilidad en agua e índice de absorción de agua, los resultados se compararon con los del producto comercial "sobe" (producto en

CUADRO XIV

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS FISICAS Y QUIMICAS
DEL PRODUCTO FINAL

DETERMINACIÓN	PRODUCTO FINAL	SOBEE *
VISCOSIDAD *	2.3	2.2 CP
PORCIENTO DE ESTABILIDAD	100%	100%
INDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA	1.36	1.41
INDICE DE ABSORCIÓN DE - AGUA	1.62	1.64

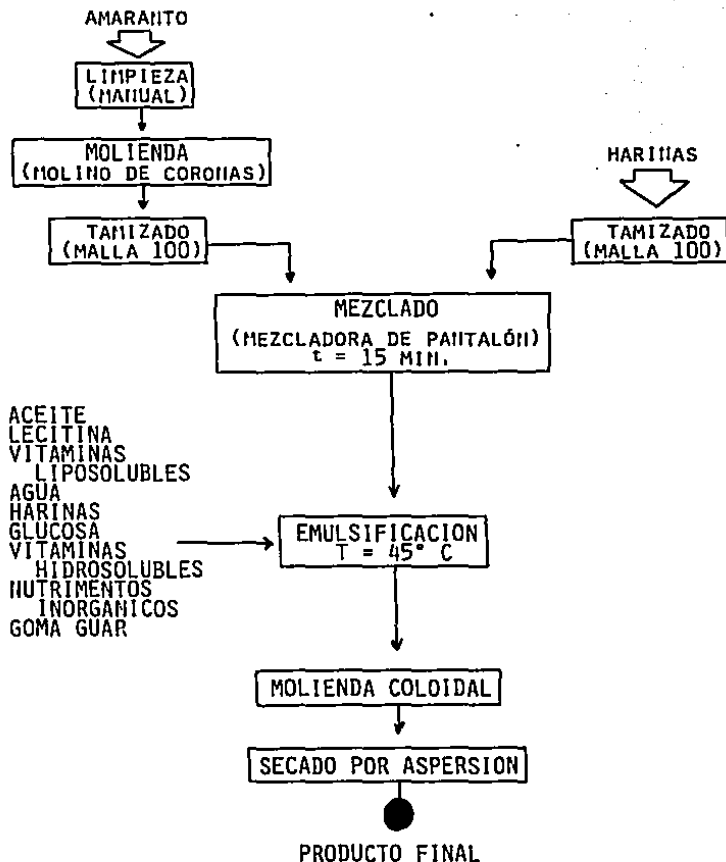
* PRODUCTO COMERCIAL EN POLVO ELABORADO CON SOYA

polvo elaborado con soya) debido a que no se encontraron referencias bibliográficas que indiquen cuales deben ser las condiciones óptimas para dichas determinaciones. El índice de solubilidad en agua del producto final fue 1.36 y del "Sobee" fue 1.41. El producto final presenta un valor un poco más bajo que el "Sobee" debido a que el primero contiene mayor cantidad de sólidos insolubles en agua (harinas); sin embargo, la variación de dichos resultados es muy poca. El índice de absorción de agua del producto final fue de 1.62 y del "Sobee" fue de 1.64. La variación en los resultados es mínima, por lo que, tomando como referencia el "Sobee", cabe suponer que el índice de absorción de agua del producto final es correcto.

Con base en los resultados obtenidos durante todo el procedimiento, se elaboró el diagrama de elaboración de un alimento infantil en polvo. (figura No. 5).

FIGURA No. 5

DIAGRAMA DE ELABORACION DEL ALIMENTO INFANTIL



ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se estableció el procedimiento general para la elaboración de un producto en polvo para lactantes, con base en amaranto.
- La composición de la formulación desarrollada en la si- - guiente:

INGREDIENTES	COMPOSICION DEL PRO DUCTO EN POLVO (%)
Mezcla base*	52.88
Aceite de maíz	16.00
Glucosa	27.00
Lecitina	2.00
Goma Guar	0.06
Vitaminas y Nutri- mentos inorgánicos	2.06

- * Harina de amaranto integral-harina de soya desgrasada-harina de maíz en proporción 70:21:9.
- El producto final cumple con las características propues- - tas en los objetivos que son:
- a) Un contenido en el producto en polvo de:
 - Proteína 12-15%
 - Lípidos 18-20%

- Hidratos de carbono 55-60%
 - Fibra cruda 1-3%
 - Humedad 3-5%
- b) Un contenido de vitaminas y nutrimentos inorgánicos -- que cumpla con las recomendaciones diarias.
- c) Un contenido energético de 430-480 kcal/100 g. de producto en polvo de tal forma que cumpla con las recomendaciones diarias.
- d) Una calificación química de 80 para el aminoácido limitante con respecto al patrón de aminoácidos FAO-OMS/1973.
- e) Un producto en polvo que para ser consumido sea hidratado con agua al 14% de sólidos de tal forma que sus características físicas sean similares a la leche materna.
- El producto final hidratado con agua al 14% de sólidos presentó las siguientes características:
 - * Viscosidad de 2.3 cp. la cual es similar a la leche materna cuya viscosidad es de 2.1 cp.
 - * Estabilidad de 100% durante una hora.
 - * índice de solubilidad en agua de 1.36 e índice de absorción de agua de 1.62 los cuales son similares al producto comercial "sobee" cuyo índice de solubilidad en agua es de 1.41 e índice de absorción de agua es de 1.64.

Con éstos resultados se obtuvo un producto similar a la

leche, lo cual fue el propósito de este estudio.

- Con los resultados obtenidos en este trabajo se confirma la utilidad del amaranto en el desarrollo de productos para la alimentación infantil y visualizándose alternativas promisorias para el aprovechamiento industrial de este recurso.

Este proyecto forma parte de una serie de estudios destinados a la investigación de alimentos infantiles con base en amaranto. Debido a que anteriormente se han elaborado alimentos tipo papilla, se consideró la posibilidad de elaborar un alimento similar a la leche materna. El presente proyecto abarca la parte de la elaboración del alimento, es decir, a partir de la materia prima hasta la obtención del producto terminado. Las evaluaciones que se lleven a cabo al producto una vez obtenido no están incluidos en los propósitos de este proyecto.

RECOMENDACIONES.

1. Para que el producto elaborado suministre las recomendaciones diarias de proteína, energía, vitaminas y nutrientes inorgánicos, debe ser hidratado con agua al 14% de sólidos la cual es el propósito de este estudio. Sin embargo, las características físico-químicas del produc

- to permiten elaborar también alimentos tipo papilla o atole dependiendo de la cantidad de agua con que sea hidratado.
2. Es importante tener un control microbiológico estricto en materia prima, principalmente cuando se trabaja con harinas, y durante todo el procedimiento, con el objeto de que no se presenten problemas de esta índole en el producto final.
 3. Es necesario llevar a cabo un estudio más profundo acerca del procedimiento de secado, ya que éste es un proceso complicado dado la interacción de gran cantidad de factores que en él intervienen. De esta forma se podría lograr una mayor eficiencia en el secado y, por consiguiente, un mayor rendimiento en la obtención del producto.
 4. Se propone llevar a cabo un estudio acerca del envase apropiado para este producto, el cual deberá preservar sus cualidades nutritivas e higiénicas con el fin de obtener una vida de anaquel considerable.
 5. Es importante hacer un análisis económico en donde se consideren costos de materias primas, equipo, mano de obra, empaque y embalaje con el objeto de estudiar la rentabilidad del producto.

6. Se recomienda llevar a cabo evaluaciones biológicas del producto con el fin de conocer la asimilación del mismo en el organismo humano, así como evaluaciones sensoriales con el fin de conocer el nivel de aceptación del -- producto.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

1. Alais Ch. (1981). Ciencia de la leche. Principios de -- técnica lechera. Cia, Editorial Continental, S. A. de C. V., tercera impresión, México.
2. American Dieteric Association. (1981). Handbook of Clinical Dietetics New Hven and London. Yale University Press. West Hanover Massachusetts.
3. Arroyo, E. (1982). Secado por Aspersión: Principios Generales. INFOTEC. Industria Alimentaria, 4,3.
4. Badui, D. S. (1981). Química de Alimentos. Ed. Alhambra-Mexicana, segunda edición, México.
5. Berg, A. (1978). Estudios sobre Nutrición. Ed. Limusa, - segunda edición, México.
6. Bourges, H. (1983). Programa Nacional de Alimentación. - Cuadernos de Nutrición. 6,10.
7. Bruno D. (1982). A modified procedure for the estimation of available lysine in food proteins. En Proceedings of the Biochemical Society Cambridge, London.
8. Cañizo, S. M. (1977). Elaboración y evaluación de un -- producto seco a base de leche fermentada y maíz y su adaptación a nivel rural. Tesis de licenciatura. Facultad de Química, UNAM. México.
9. Conway. F. (1971) Extrusión Cooking of cereals and soy - beans. Food Product Development.
10. Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. - (1985). Manual de técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. División de Nutrición Experimental y Ciencia de los Alimentos. INNSZ, segunda edición, México.
11. Earle, R. L. (1979). Ingeniería de los Alimentos, Ed. - Acribia, Zaragoza, España.
12. FAO. (1970). Vidas en peligro; las proteínas y el niño - Publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación por encargo del grupo asesor de proteínas. Roma.

13. Furia. (1975). Handbook of Food Aditives. Ed. CRC. Press, segunda edición, Cleveland, Ohio.
14. Hasselbart. E. (1986). Comunicación personal.
15. Hernández, M. Chávez, A. Borges, H. (1979). Valor nutritivo de los alimentos mexicanos. Tabla de uso práctico. Publicación L-12, División de Nutrición del INNSZ, México.
16. Hoffman, F. (1970). Compendio de vitaminas. La Roche y Cia. Basilea, Suiza.
17. Kirk-Othmer. (1962). Enciclopedia de Tecnología Química. Ed. Hispano-Americana, Tomo 7, 9, México.
18. Labusa, I.P. (1982). Pérdida y ganancia de humedad en alimentos empacados. Food Technology, 36. 4.
19. Langer, A. (1983). La alimentación durante el primer año de vida. Cuadernos de Nutrición, 6, 10.
20. Martínez P. (1984). Consecuencias sociales de la mala nutrición, Cuadernos de Nutrición, 7,1.
21. Morales. J. (1985). Conservación de alimentos: la desecación. Cuadernos de Nutrición, 8.2.
22. NOM-F-421-1982. Productos alimenticios para uso humano cereales lacteados. Norma Oficial Mexicana. Dirección General de Normas.
23. Oke, D. L. (1980) Amaranth in Nigeria. "Proceedings of the Second Amaranth Conference". Rodale Press, Emmaus, P.A.
24. Potter, N.N. (1978). La Ciencia de los Alimentos, EDUTEX S.A., segunda edición, México.
25. Ramírez J., Avelardo, L., Chávez, A. (1976). Problemática y perspectivas de la disponibilidad de alimentos en México Comercio Exterior, 5.5.
26. Sánchez, M. A. (1980). Potencialidad Agroindustrial del Amaranto, Centro de estudios económicos del tercer mundo primera edición, México.
27. Sandler, J. (1970). Desarrollo de un Alimento Infantil. Hospitales y Clínicas, 2. 17.