

17 300627  
2ej



# Universidad La Salle

ESCUELA DE QUIMICA  
Incorporada a la U.N.A.M.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

"COMPARACION DE LA CALIDAD NUTRICIONAL Y ACEPTACION DE PRODUCTOS  
ELABORADOS CON MEZCLAS EXTRUIDAS DE CEREALES Y LEGUMINOSAS"

## Tesis Profesional

Que para obtener el título de  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO  
p r e s e n t a

IGNACIO MILLAN VACA

Director de tesis: Irene Montalvo Velarde



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## INDICE.

|   |    |
|---|----|
| Objetivos .....   | 1  |
| Resumen .....   | 2  |
| Capítulo I  |    |
| Introducción .....  | 3  |
| Capítulo II   |    |
| Generalidades.  |    |
| 2.1 Características de los granos empleados<br>para hacer las mezclas .....   | 5  |
| 2.1.1 Maíz .....  | 5  |
| 2.1.2 Sorgo .....   | 13 |
| 2.1.3 Frijol .....  | 18 |
| 2.1.4 Soya .....  | 22 |
| 2.2 ¿Qué es suplementación? Tipos de suplementación<br>y métodos de suplementación .....                              | 25 |
| 2.3 Pruebas Biológicas .....  | 29 |
| 2.4 Antecedentes del estudio de la mezcla de<br>frijol-tortilla de maíz y frijol-tortilla de<br>harina de trigo ..... | 31 |
| 2.5 Procesos de extrusión .....   | 33 |
| 2.5.1 Utilización de la extrusión como alterna-<br>tiva de la nixtamalización .....                                   | 39 |
| Capítulo III  |    |
| Material y Métodos.....   | 43 |
| 3.1 Métodos Químicos .....  | 47 |
| 3.1.1 Análisis Bromatológico .....  | 47 |
| 3.1.2 Digestibilidad "in vitro" .....   | 48 |
| 3.1.3 Determinación de triptófano en las<br>mezclas obtenidas .....   | 50 |
| 3.1.4 Determinación de inhibidores de tripsina<br>en las mezclas obtenidas .....                                      | 51 |
| 3.2 Métodos Biológicos .....  | 53 |

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 3.2.1 Determinación del R.E.P. ....  | 53 |
| 3.2.2 Digestibilidad "in vivo" ..... | 56 |
| 3.3 Análisis Microbiológico .....    | 56 |
| 3.4 Pruebas Físicas .....            | 56 |
| 3.5 Análisis Sensorial .....         | 57 |
| Capítulo IV                          |    |
| Resultados y Discusión .....         | 60 |
| Capítulo V                           |    |
| Conclusiones .....                   | 74 |
| Bibliografía .....                   | 76 |

## OBJETIVOS

- 1) Comparar la calidad nutricional de las mezclas maíz/soya, maíz/frijol y maíz/soya/sorgo, con el objeto de elevar el nivel nutricional en -- productos elaborados con estas mezclas como -- tortillas.
- 2) Determinar en los productos elaborados mediante una evaluación microbiológica periódica su vida de anaquel.
- 3) Determinar en los productos elaborados el grado de aceptación por el consumidor mediante -- pruebas sensoriales.

## RESUMEN

Las mezclas maíz/soya, maíz/frijol y maíz/soya/sorgo se elaboraron con el objeto de comparar la calidad nutricional de éstas, así como la calidad microbiológica de las harinas elaboradas con estas y el grado de aceptación de las tortillas preparadas con estas harinas.

De este estudio se obtuvo la conclusión de que la mezcla de maíz/soya/sorgo es la que presenta una calidad nutricional buena debido a que el R.E.P. es de 2.3- muy cercano al valor de la caseína. Las tres mezclas -- presentan una buena calidad microbiológica y las mezclas de maíz/soya y maíz/soya/sorgo tienen una excelente aceptación por parte del consumidor.

## CAPITULO I INTRODUCCION.

El maíz es el producto básico en la alimentación del pueblo mexicano. Su consumo es aproximadamente de 12 millones de toneladas anualmente, de las cuales el 60% esencialmente son de autoconsumo, y el resto es usado para la alimentación del ganado.

El maíz es un grano con bajo contenido de proteína (alrededor de un 10%). Además, éstas son consideradas de baja calidad, ya que casi el 50% de ellas es zeína, una fracción proteica que no puede ser digerida por animales monogástricos y, el porcentaje restante no tiene todos los aminoácidos esenciales para el consumo humano. Específicamente, es deficiente en los aminoácidos lisina y triptófano.

En los seres humanos que consumen maíz y constituye su fuente de proteína básica, la deficiencia de egtos aminoácidos se muestra de manera sorprendente, especialmente en los niños. Entre ellos existe una alta frecuencia del síndrome policarencial de deficiencia proteica llamado Kwashiorkor. (1)

Debido a que el maíz es un cereal de bajo contenido proteico, se han realizado estudios genéticos para su mejoramiento, y también se han realizado suplementaciones con otros granos de cereales y leguminosas.

Este trabajo ha sido enfocado al estudio de la suple-  
mentación del maíz, mezclándolo con un cereal como el -  
sorgo y leguminosas como el frijol y la soya. Debido a-  
que la combinación de cereal-leguminosa, trae como con-  
secuencia un mejoramiento en la calidad de la protefina-  
consumida vía la suplementación de aminoácidos esencia-  
les (2), por esta razón se realizarán las mezclas de: -  
maíz/soya, maíz/frijol y maíz/soya/sorgo, para elevar -  
su calidad nutricional.

CAPITULO II  
GENERALIDADES.

2.1 Características de los granos empleados para  
hacer las mezclas.

Los granos tienen un papel muy importante en la --  
alimentación del hombre debido a que son la base de la  
agricultura.

De la gran variedad de granos que existen se referi-  
rá a cuatro de ellos que son: maíz, sorgo, soya y fri-  
jol.

2.1.1 Maíz.

La clasificación taxonómica del maíz es la siguien-  
te:

División: Traqueophyta.  
Clase: Angiosperma.  
Subclase: Monocotiledonea.  
Orden: Graminales.  
Familia: Gramnede.  
Especie: Zea mays.

El maíz como planta:

A) Raíz: Según el tipo de maíz que se trate presen-  
ta dos tipos de raíces.

a) Pivotantes: Tiene una raíz original y de ésta -  
parten muchas otras, este tipo de raíces son más primi

tivas.

b) Fibrosa: Este tipo de raíces son muy ramificadas que parten del mismo sitio, este tipo de raíces son las más evolucionadas.

B) Tallo: El xilema se distribuye en forma de ases- que transporta las sales y el agua a la planta ( a la- sabia de la hoja). El resto del tallo es muy esponjoso.

Hay una vaina que envuelve el tallo y la hoja, esta protege las yemas de la base de la hoja, que son muy - sensibles al frío y por lo tanto se helarían más fácil- mente; y es de una de estas yemas de donde nace la ma- zorca.

C) Hojas: Tiene una nervadura central que se distri- buye en las hojas y una secundaria (que comienza desde la base de la vaina) se distribuye a todo el tejido, - ayuda a llevar a cabo la fotosíntesis (por lo tanto - llega donde están los cloroplastos y transformar los - azúcares).

D) Flores: El maíz es una planta monoica (dos sexos). Las plantas masculinas se encuentran arriba y son las- espigas, los vértices de las hojas son femeninas (ma- zorcas).

La estructura de la espiga es la siguiente: Tiene - un eje con anteras que contiene el polen, es un saco - que se rompe en la maduración y fecunda el óvulo que - es cada grano, el cual fue una flor con un óvulo. Las-

hojas que recubren a las flores tienen en el exterior una sustancia líquida a la que se pega el polen y entonces se logra la fecundación.

El maíz como cultivo:

El grano de maíz es de un tamaño superior al resto de los demás, lo cual trae como consecuencia que el material de reserva sea mayor que al de los otros granos y pueda ser sembrado con una profundidad mayor.

El maíz generalmente tiene dos usos principales:

1.- Como forraje: Se aprovecha toda la planta y la distancia a la que se siembra una de otra es corta ya que no interesan los daños y requiere de mayor cantidad de nitrógeno.

2.- Producción del grano para la alimentación humana: En este caso el maíz se siembra a un metro de distancia para evitar daños. (14)

El maíz como grano:

El maíz consta de pericarpio (5-6%), endospermo (80-84%) y embrión (10-14%).

a) El pericarpio incluye el pedicelo (pie), que está formado por diversas capas. Está constituido por -- epidermis, mesocarpio, células tubulares y células cruzadas.

b) Endospermo: Una porción cubre la parte central - del embrión (aleurona). Está constituida por: aleurona donde se concentran los colores del grano, endospermo córneo (parte cristalina); endospermo harinoso (parte opaca).

Las células del endospermo córneo contiene la matriz proteica. Para obtener almidón a partir del maíz debe romperse la matriz proteica. La pared celular es más gruesa en el endospermo harinoso y más delgada en el córneo.

La capa cristalina es por la cual pasa el agua para que el embrión empiece a germinar.

Entre la aleurona y las células cruzadas está el tegumento que opone resistencia a la entrada de agua, -- por lo tanto debe deshacerse antes o durante la nixtamalización.

c) Embrión: Está formado por: 1) El eje embrionario constituido por la radícula que será la raíz formada -- por coleorresinas, plúmula que son las hojas cubiertas por coleoptilo y mesocotilo; 2) escútelos formado por células moristemáticas.

El maíz puede almacenarse para semilla o para grano.

Componentes Químicos:

El maíz contiene almidón, proteína, lípidos, fibra cruda, minerales y vitaminas.

Composición química del germen (100%).

34.5% Lípidos.  
18.8% Proteína.  
10.8% Azúcares.  
8.2% Almidón.  
10.0% Minerales.  
5.7% Fibra cruda.

Composición química del endospermo (100%).

83.9% Almidón.  
0.7% Lípidos .  
6.7% Proteínas.  
0.5% Azúcares.  
0.2% Cenizas.

Composición química del pericarpio (100%).

50.0% Fibra.  
3.7% Proteína.  
7.3% Almidón.  
0.3% Azúcares.  
0.8% Cenizas.

El resto en la composición química de cada una de las partes es agua.

En cada capa el tipo de proteína es diferente. Las proteínas se encuentran en: Matriz proteica (gluteninas); b) Gránulos (prolamina), dentro de estas proteínas hay:

|             |       |
|-------------|-------|
| Albúmina.   | 3.2%  |
| Globulina.  | 1.5%  |
| Prolamina.  | 47.2% |
| Glutalinas. | 35.1% |

Las prolaminas son deficientes en lisina y triptó--  
fano.

En las tablas 1 y 2 se muestra la distribución de -  
las proteínas en el germen y el endospermo, así como -  
la composición en aminoácidos en estas proteínas del -  
maíz. (1)

#### Valor nutritivo:

El maíz posee un valor nutritivo inferior al del -  
trigo, siendo particularmente deficiente en la vitami-  
na niacina que evita la enfermedad llamada pelagra, --  
así como en los aminoácidos esenciales lisina y triptóf  
fano.

En los pueblos cuya alimentación se basa en una -  
dieta rica en maíz se presenta con mayor frecuencia la  
enfermedad anteriormente mencionada.

Estos casos se podrían disminuir si se incrementara  
el proceso de nixtamalización para este grano, ya que-  
con ésto se favorecen algunos cambios químicos, siendo  
el más importante la transformación de triptófano en -  
niacina por la ausencia de leucina, la cual es destruyf  
da por el proceso de calentamiento.

Tabla 1. Distribución de proteína en el germen y endospermo del maíz normal.

| Fracción de proteína | Germen% | Endospermo% |
|----------------------|---------|-------------|
| Insoluble            | 0.9     | 1.9         |
| Soluble en ácido     | 39.4    | 26.3        |
| Soluble en álcali    | 54.0    | 28.0        |
| Soluble en alcohol   | 5.7     | 43.8        |
|                      | 100.0   | 100.0       |

Proteína en el grano entero 8.2%, proteína en el germen 16.1%, proteína en el endospermo 7.2% en peso. ( Bressani y Mertz, 1958 ).

Tabla 2. Aminoácidos del germen y endospermo de maíz normal.

| Aminoácidos     | Germen | Endospermo |
|-----------------|--------|------------|
| Lisina          | 6.1    | 2.0        |
| Histidina       | 2.9    | 2.8        |
| Arginina        | 9.1    | 3.8        |
| Acido Aspártico | 8.2    | 6.2        |
| Acido Glutámico | 13.1   | 21.3       |
| Treonina        | 3.9    | 3.5        |
| Serina          | 5.5    | 5.2        |
| Prolina         | 4.8    | 9.2        |
| Glicina         | 5.4    | 3.9        |
| Alanina         | 6.0    | 8.1        |
| Valina          | 5.3    | 4.7        |
| Cistina         | 1.0    | 1.8        |
| Metionina       | 1.7    | 2.8        |
| Isoleucina      | 3.1    | 3.8        |
| Leucina         | 6.5    | 14.3       |
| Tirosina        | 2.9    | 5.3        |
| Fenilalanina    | 4.1    | 5.3        |
| Triptofano      | 1.3    | 0.5        |

Los resultados de la tabla están expresados como gramos por 100 gramos de proteína. ( Mertz, 1966 )

El maíz se emplea en la alimentación animal, para consumo humano y para la fabricación de almidón, jara-be y azúcar, alcohol industrial y whisky. En la molturación se obtiene sémola de maíz, harina, germen, aceite de germen, maíz molido, almidón y sus productos hidrólisis, proteína y chicha o licor de maíz. De la sémola de maíz se preparan los copos que se usan en la preparación de desayunos. (10)

### 2.1.2 Sorgo.

La clasificación taxonómica del sorgo es la siguiente:

División: Fanerógamas.  
Clase: Angiosperma.  
Subclase: Monocotiledonea.  
Orden: Glumífera.  
Familia: Gramíneas.  
Tribu: Andropogénea.  
Especie: Sorghum vulgare.

El sorgo como planta:

A) Raíces: Las raíces maduras del sorgo son adventivas, fibrosas y desarrollan muchas ramificaciones laterales. A la profusa ramificación y amplia distribución del sistema radicular de los sorgos, se debe en gran parte a su gran resistencia a la sequía, pudiendo continuar nuevamente el crecimiento, una vez que las condiciones se humedezcan vuelvan a ser favorables.

B) Tallos: Están formados por cañas cilíndricas, - erectas, sólidas, que pueden tener un desarrollo desde los 0.60 m a los 4.50 m , que de igual forma que el maíz, tienen una vaina envolvente antes de separarse del tallo.

C) Hojas: Las hojas aparecen lateralmente y en forma alternada del tallo, las vainas foliares son largas, y en las variedades enanas se encuentran superpuestas. Las variedades difieren en el tamaño de sus hojas, pero en lo general, son más pequeñas que las del maíz. Las hojas del sorgo se enrollan durante los períodos de sequía, con lo que se reduce la transpiración facilitando en parte su resistencia a la falta de humedad.

D) Flores: La inflorescencia del sorgo se denomina "panícula", generalmente también se le llama espiga.- La panícula puede ser compacta o semicompacta, dependiendo de la variedad del sorgo. La generalidad de los sorgos forrajeros tienen la panícula abierta. Las espiguillas son de dos clases, sésiles y pediculadas. Cada espiguilla sésil contiene un ovario, el cual se desarrolla después de la fecundación para formar una semilla.

Las semillas se encuentran cubiertas por las glumas, totalmente en algunas variedades y parcialmente en otras.

Una panícula de sorgo puede llegar a tener hasta 6000 flores, cuyas anteras pueden producir hasta ----

24,000,000 de granos de polen. Ordinariamente se requiere de un período de cinco a siete días para realizar completo el ciclo de floración, en casos de bajas temperaturas, el ciclo de floración puede ser poco más largo.

E) Grano: Los granos de diferentes variedades de sorgo, en número de 25,000 a 60,000 por kilogramo, son muy pequeños en comparación con los de maíz que pueden tener de 2500 a 4000 granos, ya sea, blanco, amarillo, rojo o café, es debido a complejos genéticos que envuelven el pericarpio y la testa. La mayor parte del carióspside (fruto de las gramíneas) es endosperma, compuesto casi en su totalidad de almidón. Algunas de sus variedades tienen granos, con grandes cantidades de taninos en algunas capas, por ello toman un color ligeramente café.

F) Fotoperíodo El sorgo se caracteriza por ser de un fotoperíodo corto, lo que quiere decir, que la maduración de la planta se adelanta cuando el período luminoso es corto y el obscuro largo. Sin embargo se tienen diferencias en cuanto a la sensibilidad y a la longitud del fotoperíodo; por ejemplo, algunas variedades como los sorgos escoberos son poco sensitivos, en tanto que las variedades Hegaria y Milo son sumamente sensitivas. Estas diferencias de sensibilidad al fotoperíodo, son de origen genético y son las causas de las diferencias de madurez de las diferentes variedades. Periódicamente ocurren cambios (mutaciones), que se aprovechan para extender el cultivo de los sorgos a latitudes mayores.

Puede haber casos en que exista insensibilidad al fotoperíodo, debido aparentemente a la influencia de ciertas condiciones de temperatura.

El sorgo como cultivo:

Para el cultivo del sorgo se debe tener en cuenta varios factores importantes, como son: La humedad, la temperatura, la altitud, así como el ataque de plagas.

Humedad: Las plantas de las diferentes variedades de sorgo son resistentes a la sequía, produciendo mejores cosechas que el maíz en igualdad de condiciones. También se desarrollan satisfactoriamente en las regiones que cuentan con temporal de lluvias abundantes. Se estima que la mayoría de los sorgos pueden prosperar bien, en regiones que cuentan con una precipitación media anual desde los 430 a 630 mm.

En general los períodos durante los cuales los sorgos tienen mayor necesidad de humedad, son durante la germinación, en la floración y la fructificación.

Temperatura: El mejor desarrollo del sorgo se logra cuando se tiene tiempo cálido durante el ciclo vegetativo. Se requiere que el suelo esté caliente, para tener una buena germinación y crecimiento inicial de las plantas. El desarrollo de las plantas se retarda con las bajas temperaturas, pudiendo morir cuando las afectan las heladas. En general como resultado de los experimentos, pueden estimarse que las plantas --

rinden mejores cosechas, en los casos en que se cuente con un período de cinco meses libres de heladas y una temperatura media de 24°C o más. En determinadas regiones con temperaturas bajas y períodos libres de heladas cortas, los sorgos pueden cultivarse solamente para producción de forraje verde.

Altitud: Tanto el desarrollo como la producción y productividad del sorgo, son influenciados grandemente por la altitud. En México se ha observado, que el sorgo se desarrolla perfectamente desde el nivel del mar hasta los 1800 metros de altura. En alturas mayores de los 1900 metros, el sorgo tiene un desarrollo un tanto lento y un bajo porcentaje de polinización, con lo que afecta grandemente la producción de grano.

Al sembrarse la semilla del sorgo se deberá tener cuidado, que éstas queden tapadas por una cubierta de tierra de 2 cm, en suelos pesados y de 3 cm, en suelos ligeros.

El sorgo como grano:

Entre los diferentes grupos de sorgo especializados en la producción de grano; se tienen tipos altos y enanos. De igual manera pueden variar la duración del ciclo vegetativo, teniéndose tipos tardíos y precoces.

El sorgo se utiliza para elaborar almidón, dextrosa, mieles, aceites comestibles y otros muchos productos. Los separados secundarios de la industria sorguera, --

pueden utilizarse como elementos para la producción de alimentos para el ganado. La industria animal puede -- consumir el sorgo partiendo directamente del grano, en substitución o mezclado con el maíz. Consumen el sorgo desde aves, hasta el ganado mayor. En la producción de cerdos, el sorgo puede tomar un lugar importante en la alimentación porcina.

De igual manera que con el maíz, las plantas del - sorgo pueden utilizarse para forraje verde, como ensilado o bien como rastrojo seco.

En las variedades escoberas, sus espigas sirven para la fabricación de escobas o escobillas, aprovechando - que sus ramificaciones (raquillas), son sumamente re-- sistentes, largas y rectas.

Composición química del sorgo:

|       | Humedad        | Proteína | Grasa | Fibra | Cenizas |
|-------|----------------|----------|-------|-------|---------|
| Sorgo | 10.5%          | 7.0%     | 3.7%  | 1.9%  | 2.0%    |
|       | Carbohidratos. |          |       |       |         |
|       | 74.9%          |          |       |       | (12,27) |

2.1.3 Frijol.

La celsificación taxonómica del frijol es la siguien  
te:

Género: Phaseolus.  
Familia: Leguminosae.  
Subfamilia: Papilionideae.  
Tribu: Phaseoleae.  
Subtribu: Phaseolineae.

Del género *Phaseolus*, se desconoce el número exacto de especies; pero algunos investigadores consideran - que son 150 especies diferentes. En México existen 50- especies de las cuales las más importantes son cuatro: *Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus coccineus* L., *Phaseolus lunatus* L., *Phaseolus grayi*.

Estas especies se desarrollan entre los 1000 y 2800 metros sobre el nivel del mar. El *Phaseolus vulgaris* y el *P. coccineus*, crecen juntos entre los 1400 y 1800 - metros de altura.

El frijol es uno de los granos principales que conforman la dieta general, de los habitantes de América-Latina ya que es una fuente importante de proteínas para las clases poco privilegiadas.

Del cultivo del frijol se tienen datos, que se remontan hasta antes de la llegada de los españoles a -- México, estos datos se encuentran en códices los que - indican que este grano era un tributo a los aztecas, - tributos que alcanzaba 5280 toneladas de frijol al año. Se puede dar cuenta que antes de la conquista, el cultivo, la producción, el consumo y el almacenamiento de este grano, era parte importante de la cultura agrícola en México.

En México, el consumo de frijol por la población, - se considera de 50 g por persona por día; en contraste con los países de gran avance tecnológico, donde el -- consumo de leguminosas es muy bajo.

Ortega y colaboradores, señala la composición de 68 genotipos procedentes de diferentes estados de la República, distribuidos en 6 grupos de P. vulgaris los cuales se describen a continuación.

Grupo Blancos: Se caracteriza por su alto contenido en cenizas de 5 a 6%, la cantidad de grasa es baja la fibra cruda está entre 5.23 y 7.12%, este grupo es uno de los más homogéneos en cuanto a proteína cruda en base seca, ya que se encuentra entre 26.6 y 28.4%.

Grupo Colores: Tiene frijoles de diferentes pigmentos y tamaños. También varía el contenido de proteína que va de  $18.3 \pm 0.9$  hasta  $37.6\% \pm 1.7$ .

Negro Tropical: Las variedades de este grupo presentan características comunes en cuanto a tamaño, forma y coloración de la semilla, el porcentaje de proteína fluctúa desde  $24\% \pm 8.1$  hasta  $31.7 \pm 6.2\%$ .

Negro Arribeño: Son pocos los representantes de este grupo. El tamaño de la semilla es mayor que el Negro Tropical y crece en condiciones ecológicas diferentes a éste. Tiene alto contenido de cenizas, fibra cruda y proteína.

Canario: Son semillas grandes, elípticas y comprimidas. Su contenido de proteína fluctúa desde  $30\% \pm 0.6$  y  $33.7\% \pm 3.7$ .

Ayocote: Este grupo contrasta con los de P. vulgaris por que presenta semillas muy grandes, aún cuando esta característica no es uniforme. La planta tiene raíces-

carnosas y es perene. Los valores de proteína cruda -- van de 20.55% a 27.38%.

Los frijoles de acuerdo con el contenido de aminoácidos son deficientes en metionina y con valores altos de ácido aspártico, ácido glutámico, prolina y lisina. Este último aminoácido puede balancear la deficiencia del maíz en una dieta asociada.

Por lo que respecta al contenido de aminoácidos esenciales, para frijoles en general es de 7.39 para lisina, 5.43 para isoleucina, 4.28 para valina, 8.43 para leucina. 0.9 para triptófano, 1.02 para metionina y 5.47 para fenilalanina, todos en gramos por 100 gramos de proteína.

El contenido de cenizas a veces es mayor del 4%, conteniendo sales minerales de fósforo, potasio, calcio, magnesio y otros elementos traza esenciales para la alimentación.

Los valores de hierro y calcio para leguminosas en general varían de 2 a 10 mg por 100 g de muestra y de 4.5 a 13.5 mg por 100 g de muestra respectivamente.

El contenido de vitaminas en frijoles depende de la variedad, pero fluctúa dentro de los siguientes valores para tiamina de 0.42 a 0.82 mg por 100 g de muestra, para riboflavina de 0.10 mg a 0.67 mg, para niacina de -- 1.1 a 2.1 mg, para ácido ascórbico de 0 a 1 mg todas -- las cantidades por 100 g de muestra y para retinol de 0 a 3 mcg eq.

#### 2.1.4 Soya.

La soya pertenece al género de plantas papilionáceas, sinónimo de glycine (no la de los jardines, que es wistaria). Esta leguminosa crece en vaina y se conoce por las variaciones en color, tamaño y la forma de la semilla y otras propiedades físicas tanto en su composición química. Las modificaciones físicas y químicas son modificaciones considerables por la herencia de la variedad y la influencia de las condiciones climatológicas con las cuales ha crecido. Es una planta fotosensible, es decir, que se acelera su crecimiento si está mucho tiempo expuesta a la luz solar.

La semilla del frijol de soya está compuesta de -- una cáscara, un hipocotilio y dos cotiledones, que -- tienen una composición en base seca, como sigue:

|             | Proteína | Grasa | Cenizas | Carbohidra<br>tos |
|-------------|----------|-------|---------|-------------------|
|             | %        | %     | %       | %                 |
| Soya 100%   | 40       | 21    | 5       | 34                |
| Cáscara 8%  | 9        | 1     | 4       | 86                |
| Hipocotilio |          |       |         |                   |
| 2%          | 41       | 11    | 5       | 43                |
| Cotiledones |          |       |         |                   |
| 90%         | 43       | 23    | 5       | 29                |

La soya es única entre las plantas, ya que a diferencia de otros vegetales, proporciona proteínas de -- una calidad que se asemeja a la proteína de origen animal, sólo está limitada por la metionina, aminoácido

esencial. El contenido proteico de la soya varía según la especie entre el 40 y 90%. Basándose en este rango de proteína, a la soya se le puede clasificar como una "semilla proteica" en lugar de "semilla oleaginosa". (31)

Los productos de soya debido a sus propiedades funcionales y nutricionales únicas, se han convertido en uno de los ingredientes de mayor uso en muchos sistemas alimenticios. El uso de la proteína de soya como ingrediente extensor o análogo, se ha extendido a todo tipo de alimentos.

En la industria de panificación se utilizan harinas de soya, las cuales están divididas en cuatro grupos básicos que son:

a) Harina integral de soya: Contienen todas las grasas naturales de la soya y ha sido tratada para eliminar los factores enzimáticos.

b) Harina de soya enzimáticamente activa: Es harina a la cual se le ha extraído la grasa, pero ha sido tratada con calor ligero, reteniendo por lo tanto la actividad de la enzima lipoxidasa.

c) Harina de soya desengrasada: Contiene aproximadamente el 1% de grasa y ha sido térmicamente tratada para eliminar toda actividad enzimática.

d) Harina reengrasada: Está hecha adicionando cantidades diversas de aceite de soya o lecitina a la

harina de soya desengrasada.

(28)

La soya se utiliza en la terapéutica, para fabricar el pan para los diabéticos, en el artritis, gastroenteritis y desnutrición. La leche de soya puede sustituir a la leche de mujer. La soya contiene también lecitina como la yema de huevo y ácido glicerofosfórico; - además contiene fermentos y diastasas, como la ureasa, que intervienen en el metabolismo de la urea. Por su contenido en vitaminas, la llaman alimento polivitamínico, pues es particularmente rico en las vitaminas A, B, C, D y E.

(31)

#### Nutrición:

He aquí un factor importante en el uso de la proteína de soya en los alimentos. Como otras muchas leguminosas, la soya cruda contiene inhibidores de tripsina, que inhibe el crecimiento de ratas, pollos, cerdos y terneros y causa hipertrofia del páncreas en las primeras dos especies. Por fortuna éstos constituyentes antinutricionales pueden ser fácilmente inactivados -- por medio de vapor. Aunque sus efectos en el hombre no han sido determinados, como una medida de seguridad se recomienda el calentamiento adecuado de productos de soya, ya se antes o durante el procesamiento del alimento al que se le va añadir la soya, teniendo una eficiencia proteica de 2.0 o más, en comparación con el 2,5 de la caseína.

Con la sola excepción del contenido de aminoácidos- esenciales de la soya es bueno, la metionina se en-

cuentra presente en un nivel de sólo 1.5% y es el primer aminoácido limitante. Un contenido de lisina de más del 6%, hacen la proteína de la soya ideal para su mezcla con cereales, los cuales tienen serias deficiencias en este aminoácido esencial. No solamente se adiciona lisina, sino que la soya suministra proteína extra, cuando se mezcla con trigo o maíz. (15)

## 2.2 ¿Qué es suplementación? Tipos de suplementación y métodos de suplementación.

La suplementación es el mejoramiento de un alimento en cuanto a la calidad de la proteína, con el objeto de complementar las deficiencias de los aminoácidos.

Un aminoácido limitante, es aquel que está presente en bajas cantidades o en cantidades limitadas y esto ocasiona que la proteína sólo se forme hasta que se termine la provisión de ese aminoácido, y esto origina que la calidad de la proteína sea baja.

Si dos proteínas tienen el mismo aminoácido limitante y se hace una mezcla de éstas, el valor biológico de la mezcla será igual al valor biológico de cada proteína por separado.

Si cada una de las proteínas tiene un aminoácido limitante distinto, entonces la restricción de una de ellas es suplida en parte por la otra proteína y ésta a su vez complementa a la primera, es decir, existe suplementación. Por ejemplo, una mezcla de tres par-

tes de maíz (BV=61) con una parte de leche (BV=75) - debería tener un valor biológico teórico de 65, pero experimentalmente se ha comprobado que es de 76. El valor biológico del maíz se ve limitado por la lisina, aminoácido que se encuentra en exceso en la leche; éta, a su vez, se ve limitada por la metionina, que es relativamente abundante en el maíz.

Del mismo modo, la mezcla de la harina blanca y la carne tienen un valor biológico teórico de 64 y uno real de 73. Una suplementación más llamativa es la -- que tiene lugar al mezclar harina de guisantes y de maíz en una proporción de 1:2 (partes iguales de proteína). El maíz tiene un valor biológico bajo de 35 y la harina de guisantes es algo mejor de 43, pero la mezcla posee un valor biológico de 40. (14)

Existen tres tipos de suplementación que son los siguientes:

1) Suplementación inadecuada: Es una suplementación que en realidad no se puede llamar así, debido a que, se realizan con mezclas de alimentos de las cuales ambos tienen el mismo aminoácido limitante. La -- respuesta gráfica a esta suplementación se da en la figura 1a.

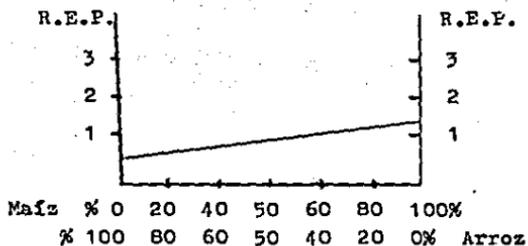
2) Suplementación incompleta: Esta suplementación se refiere, a que, la unión de los alimentos no llega a elevar el valor biológico de la mezcla según la de terminación teórica. Como se puede ver la respuesta gráfica en la figura 1b.

3) Suplementación verdadera: Se refiere, a que, la mezcla de los alimentos, que tienen diferentes aminoácidos limitantes, al unirlos por medio de la mezcla, elevará el valor biológico del alimento, debido a que la deficiencia de uno de los alimentos es suplida en parte por el otro y éste a su vez complementa al primero. La respuesta gráfica a esta suplementación se ve en la figura 1c.

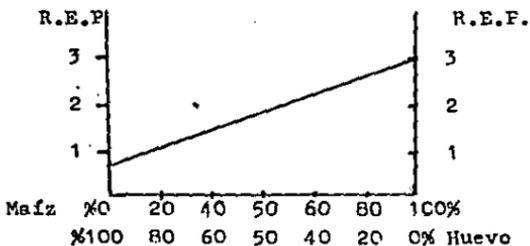
Al igual que los tipos de suplementación existen tres métodos para llevar a cabo la suplementación.

a) Por adición de aminoácidos sintéticos: Esto se debe a que el valor nutritivo de la proteína se ve limitada por el aminoácido que se encuentra en menor cantidad, la adición de tal aminoácido debe aumentar el valor nutritivo, lo que equivale a aumentar la calidad de la proteína disponible. (13). Esta suplementación es fácil pero costosa, la cantidad en la que se debe agregar el aminoácido sintético es entre 0.2g a 0.4g/10g de proteína. Si los aminoácidos sintéticos se adicionan por abajo de 0.2g/10g de proteína no se mejora la calidad de la proteína disponible, pero si se adiciona por arriba de 0.4g/10g de proteína presenta problemas de desequilibrio de la proteína, antagonismo de aminoácidos o problemas de toxicidad.

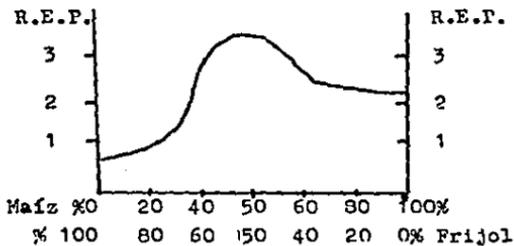
b) Por adición de concentrados proteicos: Esta adición de concentrados proteicos se efectúa generalmente en productos de panificación y en pastas para sopas debido a que el trigo y otros cereales tienen proteínas de baja calidad ya que son de origen vegetal y



1a. Suplementación inadecuada.



1b. Suplementación incompleta.



1c. Suplementación verdadera.

los concentrados proteicos son protefmas de origen animal con excepción de los concentrados proteicos de soya, ejemplo de estos concentrados proteicos son: harina de carne, harina de pescado, huevo deshidratado y caseína.

c) Mezcla de dos o más alimentos comunes en la dieta: Se mezclan alimentos que tengan diferentes aminoácidos limitantes, pero que a su vez tengan una buena cantidad del aminoácido en que es deficiente el otro, para que se realice una suplementación verdadera. Una mezcla puede ser maíz y frijol, debido a que el maíz es deficiente en lisina y triptofano y el frijol es abundante en estos aminoácidos, pero deficiente en metionina y el maíz es abundante en éste.

### 2.3 Pruebas Biológicas.

Para saber si los métodos de suplementación dieron resultado, se deben utilizar los métodos biológicos, para evaluar la calidad de la proteína de los alimentos suplementados, entre los métodos más comunes tenemos:

Valor Biológico: El valor biológico es el porcentaje de proteína absorbida que permanece en el organismo. Generalmente se estima en ratas jóvenes y de esta forma se determina la utilidad de la proteína, tanto para el crecimiento como para el mantenimiento corporal. El valor biológico (BV) varía desde cero, para las proteínas que no pueden utilizarse para la síntesis tisular (porque carece por completo de uno de los

aminoácidos esenciales), a 100, para las que, como - las proteínas del huevo, son totalmente utilizables. (29)

Relación de Eficiencia Proteica REP: Este método consiste en estimar el crecimiento de las ratas en relación con la cantidad de proteína consumida o en términos más precisos ganancia de peso por gramo de proteína ingerida.

La prueba tiene una duración de unas cuatro semanas generalmente y los resultados varían de cero, para las proteínas que no permiten el crecimiento, a 4.4 como máximo. Los valores obtenidos varían con el nivel de proteína en la dieta y en el método original que fue descrito por Osborne, Mendel y Ferry en 1919, se postulaba que las estimaciones debían realizarse a aquella concentración proteica a la que el REP es máximo para la proteína objeto de estudio. Sin embargo, la prueba se realiza generalmente a una concentración proteica en la dieta del 10%. (29)

Utilización Neta de Proteína UNP: Esta determinación consiste en saber qué porcentaje de proteína ingerida se utiliza netamente. Para llevar a cabo esta determinación se utilizan las mismas ratas que se usan en la determinación del REP. En la prueba se incluye un grupo de animales que reciben una ración libre de proteína, y se tiene en cuenta su pérdida de peso así como la ganancia del grupo objeto de estudio. De esta manera se estima la proteína utilizada neta. (29)

Digestibilidad "in vivo": Este método consiste en determinar qué cantidad de proteína es absorbida por el animal. La digestibilidad aparente nos proporciona el porcentaje de absorción de la proteína por el animal.

Para conocer el porcentaje de digestibilidad, se utilizan las heces recolectadas de las ratas utilizadas para la determinación del PER, estas heces son -- las de la última semana del experimento, se someten a un Kjeldahl para determinar el nitrógeno existente en las heces, se resta al nitrógeno y se obtiene así el porcentaje de digestibilidad aparente. (29)

#### 2.4 Antecedentes del estudio de la mezcla de frijol-tortilla de maíz y frijol-tortilla de harina de trigo.

El trigo y el maíz son los cereales más cultivados y consumidos mundialmente, lo mismo que los productos elaborados con ellos. Esta situación se mantiene en la alimentación del mexicano, en la cual las tortillas elaboradas con estos cereales constituyen una fuente importante de calorías y proteínas.

Entre las leguminosas consumidas, el frijol es el de los más importantes, acentuándose en las comunidades rurales en las que la dieta tradicional se ha basado durante mucho tiempo en frijol y maíz, en Centro y Sudamérica y en la región noroeste de México se consume además tradicionalmente, frijol con tortilla de-

harina de trigo.

En un estudio realizado sobre la Canasta de Consumo Familiar en la Zona Serrana, se puso de manifiesto que el trigo, el maíz y sus derivados, tanto como el frijol, se encuentran entre los cinco principales alimentos que consume la población.

Un 43.6% del aporte total de calorías y un 30.1% -- del aporte total de proteínas de los alimentos de la dieta normal de la población de las zonas urbanas, provienen de los cereales ( trigo y maíz ).

En cuanto a la población de escasos recursos, los cereales constituyen un 54.6% y el frijol un 15% en el total del aporte calórica, mientras que el aporte proteico es de un 33.3% y un 19% respectivamente.

El maíz y el trigo son deficientes principalmente - en lisina, pero aportan una buena cantidad de aminoácidos azufrados, mientras que el frijol es deficiente en estos aminoácidos azufrados, pero aporta una buena cantidad de lisina por lo que al consumir en forma conjunta estos alimentos, la mezcla resultante da una suplementación verdadera, con una composición de aminoácidos esenciales de calidad superior a cualquiera de ellos - por separado.

Después de haber realiz<sup>ado</sup> los estudios como la Relación de Eficiencia Proteica (REP) y la Relación Neta de Proteína (RNP), de las mezclas frijol-tortilla de - maíz y frijol-tortilla de harina de trigo, demostraron

que la calidad de la proteína mejoró bastante y fué superior a la de las fuentes aisladas y son comparables a fuentes de origen animal.

El Valor Relativo de Proteína (VRP) de la mezcla de frijol-tortilla de harina tiene la misma magnitud que el control (lactoalbúmina), este valor del VRP es de 100% mientras que la mezcla frijol-tortilla de maíz es de 62.50%. por esta razón la mezcla de frijol-tortilla de harina es mejor que la mezcla de frijol-tortilla de maíz. (2)

## 2.5 Procesos de extrusión.

La extrusión es una operación definida generalmente como el acto de texturizar o cocer un material al forzarlo a través de una boquilla o dado. El material es conducido a la boquilla por medio de un tornillo.

Un extrusor simple consta de una tolva alimentadora que lleva el material al canal del tornillo. Este es accionado por un motor a través de un reductor de velocidad, y en algunos modelos, el tornillo está apoyado en el otro extremo en un cojinete de baleros.

Dependiendo del tipo de material a extruir se tiene un sistema externo de intercambio de calor, ya sea para calentar o enfriar. El tamaño de los extrusores está dado por el diámetro interno del barril. Los tamaños más comunes son: 1, 1 1/4, 2, 2 1/4, 3 1/4, 3 1/2, 4 1/2, 6 y 8 pulgadas y su capacidad varía entre 5 y 1000 lb/hr para 1 y 8 pulgadas respectivamente. La tolva alimentadora varía dependiendo del tipo de material

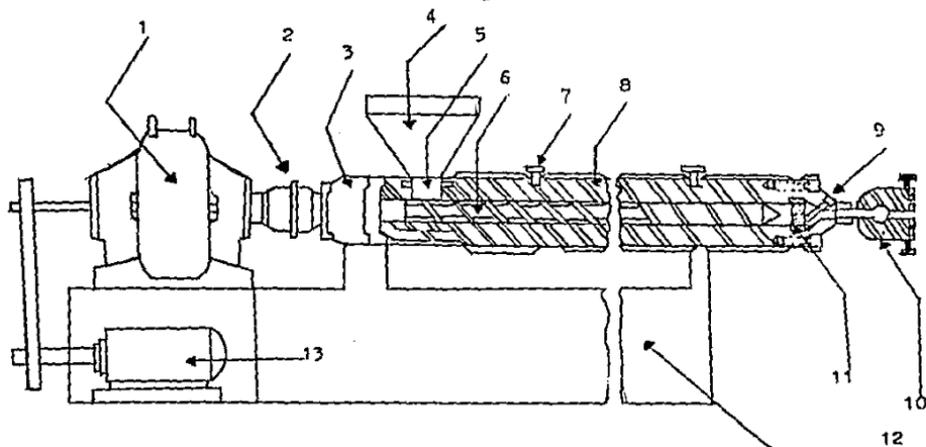
y en algunos casos para tener flujo constante del material a extrufr, es necesario tener otro tornillo alimentador. La figura 2 muestra un osquema de un extrusor.

El tornillo o gusano es el corazón del extrusor, su función es transportar la materia prima y enviarla a la boquilla o dado a un gasto constante, se tiene la zona de alimentación, la de transición y la de extrusión propiamente dicha. En casi todos los diseños de tornillos, el área seccional del canal disminuye conforme se llega al dado o boquilla para compensar el cambio en densidad global y diferencias en la eficiencia de transporte del material crudo y cocido. Un esquema del tornillo del extrusor se muestra en la figura 3.

El barril ofrece una de las superficies para impartir los esfuerzos cortantes al material. Sirve además como superficie de transferencia de calor ya sea para enfriar o calentar. La relación longitud a diámetro en los extrusores es una variable de diseño muy importante que depende del tipo de material a extrufr o cocer y su rango varía de 10:1 a 25:1.

La extrusión fue utilizada inicialmente para la texturización de materiales termoplásticos y solamente en los últimos veinte años se introdujo como una operación en la industria de los alimentos. En un principio el propósito primordial de esta operación era texturizar los alimentos para darles una apariencia determinada. Tal es el caso de las proteínas de soya texturizada --

Figura 2. Elementos de un extrusor.



1.- Reductor de velocidad.

2.- Cople flexible.

3.- Cojinete de soporte.

4.- Tolva.

5.- Entrada de alimentación.

6.- Tornillo o gusano.

7.- Termocoples.

8.- Barril.

9.- Termocople.

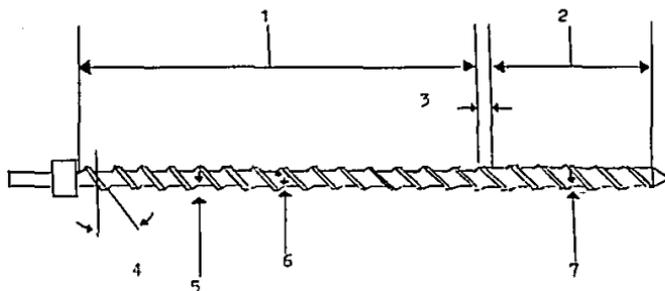
10.- Dado o boquilla.

11.- Placa.

12.- Soporte.

13.- Motor.

Figura 3. Tornillo o gusano de un extrusor.



- 1.- Sección de alimentación.
- 2.- Sección de extrusión.
- 3.- Sección de transición.
- 4.- Ángulo helicoidal.

- 5.- Profundidad de canal en la sección de alimentación.
- 6.- Diámetro del tornillo.
- 7.- Profundidad de canal en la sección de extrusión.

con las que se presentan productos análogos de la carne. Posteriormente se encontró que, al generarse calor por la fricción producida entre el material y el equipo, era posible cocer la materia prima y producir productos que no necesariamente tengan una textura específica. Un ejemplo de esto son las harinas alimenticias preparadas con soya y maíz para complementar las dietas de niños de países subdesarrollados. (1)

Las diferencias que se presentan entre extrusión y texturización son las siguientes:

La texturización es un cambio físico de la materia ya que se le da una forma determinada por medio de presión haciéndola pasar por un dado.

La extrusión es la cocción de los granos por medio de presión y el calor que se produce de la fricción -- del grano con las paredes del extrusor y el tornillo transportador, originando un cambio químico y físico de los granos.

Las características y cualidades que presentan los productos extruidos son las siguientes.

Los productos cocidos por extrusión tienen excelentes características microbiológicas y están libres de larvas patógenas con lo que su vida de anaquel es superior a los productos elaborados por otros métodos,

El tratamiento HT/ST ("High Temperature-Short-Time) es menos nocivo para el valor proteínico de los alimen

tos que el secador rotatorio, particularmente en la etapa final del proceso, cuando el bajo contenido de humedad provoca una considerable reducción de la lisina disponible.

Los alimentos precocidos por extrusión, además de eliminar el prolongado tiempo de preparación, logran una considerable economía en combustible sobre todo en lugares donde no se disponen de gas o electricidad. -- Existen modelos como el Brady Crop 206 que puede ser impulsado por un motor de combustión interna.

Pueden cocerse ingredientes individuales o mezclas, lo que reduce el costo de labor y procesado, además -- del peligro de contaminación que existe cuando los productos son cocidos por separado y después mezclados.  
(30)

Los tipos de productos que pueden ser extruídos son los siguientes:

Como el proceso de extrusión es muy versátil, se puede producir una gama extensa de productos de alimentos (con o sin suplementos proteínicos) como cereales para desayunos, alimentos granulados instantáneos, bebidas en polvo, proteínas vegetales texturizadas, harinas -- precocidas, etc. Con diferentes variables de proceso -- pueden producir una amplia variedad de alimentos para ganado, peces y animales para laboratorio.

Como ejemplo de uno de estos productos puede consi-

derarse la gelatinización de cereales o almidones ---- (ruptura de moléculas a través de una combinación de - humedad, calor, presión y esfuerzo mecánico) que por - extrusión da como resultado una mayor absorción de agua en el producto extruido. Dicha absorción mejora la digestibilidad y disponibilidad calórica del producto.

Los almidones gelatinizados por extrusión son capaces de ligar microingredientes (vitaminas, minerales, - colores, sabores, etc) uniforme e irreversiblemente a - través del producto extruido. Además, las características de solubilidad y textura los hacen ideales para utilizarlos en diversos productos alimenticios.

#### 2.5.1 Utilización de la extrusión como alternativa de la nixtamalización.

En México el método tradicional de cocimiento para preparar el maíz para el consumo humano es con hidróxido de calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  con un tratamiento caliente, conocido con el nombre de "nixtamalización". Este proceso ayuda a que el triptófano se transforme en niacina (vitamina que evita la Pelagra) debido a que se destruye por el tratamiento térmico un 17.15% de la leucina aminoácido que interfiere en la transformación.

El proceso de nixtamalización se describe a continuación: Se pone el maíz con el doble de su peso de agua y se agrega el hidróxido de calcio, en cantidades variables de 1,5 a 3.5% respecto al peso del maíz. La concentración de 1.5% de hidróxido de calcio, parece ser el óptimo, según se ha determinado haciendo el nix

tamal con hidróxido de calcio puro, pues a mayor cantidad se obtienen tortillas muy alcalinas que reciben el nombre de "nexas", de color subido y de un sabor característico. Se calienta la mezcla hasta 80°C cuidando - de que no hierva, durante 20 a 45 minutos según sea la intensidad de la fuente calorífica y se deja reposar - hasta el día siguiente.

Al día siguiente el nixtamal se separa del nexayote nombre que se le da a las aguas madres de la operación; para efectuar la operación existen dos modos: el primero por simple extracción manual y el segundo por decantación y lavados.

Posteriormente el nixtamal se muele en molinos y se obtienen masas para la elaboración de tortillas.

El peso del nixtamal obtenido es del 170 a 175% o sea un kg de maíz original da 1700 a 1750 g de nixtamal y como para molerlo hay que agregar agua de masa - en el molino, se obtiene un 200% de rendimiento. (32)

Pero este método es muy costoso, ya que se utiliza mucho tiempo en el proceso y una considerable cantidad de agua que no se puede reutilizar.

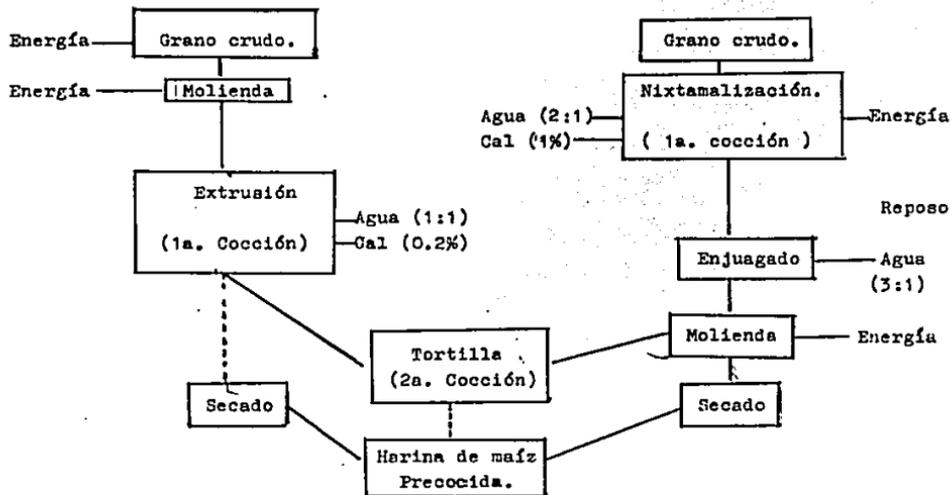
Esto ha obligado que las investigaciones se conduzcan en dirección al uso de la extrusión como un método económico para la elaboración de masas con las mismas características reológicas que las obtenidas por la nixtamalización para la elaboración de tortillas además proporcionara alimentos con alta proteína. Este método opera con bajos costos y con materiales crudos.

Se ha usado para obtener harinas precocidas que ten gan una vida de anaquel de seis meses a un año y que - presenten las mismas propiedades al ser rehidratadas - que la masa obtenida por el método tradicional de cocción alcalina "la nixtamalización". Así se almacenaría una harina precocida con una humedad no mayor de un 5% en vez del grano. (1)

En la figura 4 se muestra un diagrama esquemático a manera de comparación entre la nixtamalización y la ex trusión.

Las ventajas que tiene el método de extrusión sobre el método tradicional, son las siguientes:

- 1.- Ahorro considerable en el consumo de agua.
- 2.- Ahorro considerable en el tiempo de proceso.
- 3.- No hay agua de desecho.
- 4.- Mejoramiento de la calidad nutricional del producto ya que no hay pérdida de nutrimentos solu bles en el agua de desecho y se tiene un corto-tiempo de residencia en el extrusor. (1)



CAPITULO III.  
MATERIAL Y METODOS.

Para la realización de la comparación de la calidad nutricional de las mezclas de cereales y leguminosas, se emplearán métodos químicos y métodos biológicos; para determinar la vida de anaquel se usarán los análisis microbiológicos y pruebas físicas, y para la aceptabilidad se harán pruebas sensoriales.

3.1 Métodos Químicos.

3.1.1 Análisis Bromatológico.

3.1.2 Digestibilidad "in vitro".

3.1.3 Determinación de triptofano en las mezclas -  
obtenidas.

3.1.4 Determinación de inhibidores de tripsina en-  
las mezclas obtenidas.

3.2 Métodos Biológicos.

3.2.1 Determinación de R.E.P. (Relación de Eficien-  
cia Proteica).

3.2.2 Digestibilidad "in vivo".

3.3 Análisis Microbiológico (Hongos y Levaduras).

3.4 Pruebas Físicas (enrollamiento y grado de ca-  
lentamiento).

3.5 Análisis Sensorial (por el método hedónico).

Las materias primas utilizadas para la elaboración de las mezclas que se estudiaron son: maíz para nixta mal, sorgo rojo, soya y frijol canario. Estos granos-

se adquirieron en la Central de Abastos de Ixtapalapa.

Con dichos granos se hicieron tres mezclas diferentes, las cuales son:

Maíz/soya con 70% de maíz y 30% de soya.

Maíz/frijol con 70% de maíz y 30% de frijol.

Maíz/soya/sorgo con 70% de maíz, 25% de soya y 5% de sorgo.

Para identificar estas mezclas en los resultados - se les designa una clave para cada una de ellas:

Maíz/soya = M/S, maíz/frijol = M/F, maíz/soya/sorgo = M/S/S.

Los criterios seguidos para determinar el porcentaje de los granos en las diferentes mezclas son los siguientes:

Para la mezcla de maíz/soya se tomó en cuenta que un 30% de soya no afecta el sabor ni las características reológicas de la masa, se tiene conocimiento de este porcentaje debido a que se llevó acabo un estudio de fortificación de tortillas con soya elaborando las por el método de nixtamalización, en el que se utilizó un 30% de soya. Además como la soya es una leguminosa con una alta cantidad de proteína y ésta a su vez es una de las de mejor calidad de origen vegetal, ésta suple la deficiencia de lisina del maíz y el maíz suple la deficiencia de metionina de la soya. (28)

En la mezcla maíz/frijol el criterio que se siguió es similar al de la mezcla anterior, ya que la variedad de frijol canario es la que presenta una mayor can- tidad de proteína a diferencia de otras variedades como lo indica Ortega y colaboradores.

En la última mezcla que es maíz/soya/sorgo, se usa un 25% de soya, por el criterio antes mencionado para el uso de un 30% de esta leguminosa; y se emplea un 5% de sorgo, debido a que éste porcentaje se determinó en el estudio realizado por A.L. Alarcón y colaboradores en mezclas nixtamalizadas de maíz y sorgo (3), ya que no altera el color ni las características funcionales de la masa.

Se usa un 70% de maíz para nixtamal debido a que es el grano base para la elaboración de masas con características adecuadas para la fabricación de productos tradicionales y además es el grano que se va a suplementar para elevar el nivel nutricional de los productos elaborados con dichas masas.

La preparación de las mezclas se hizo en función de la cantidad deseada, fue de la siguiente manera:

Para un kilogramo de cada mezcla se tienen las siguientes cantidades:

Para maiz/soya:

|      |       |       |         |
|------|-------|-------|---------|
| Maiz | 70.0% | ----- | 700 g.  |
| Soya | 30.0% | ----- | 300 g.  |
| Cal  | 1.5%  | ----- | 15 g.   |
| Agua | 0.5%  | ----- | 500 ml. |

Para maiz/frijol:

|        |       |       |         |
|--------|-------|-------|---------|
| Maiz   | 70.0% | ----- | 700 g.  |
| Frijol | 30.0% | ----- | 300 g.  |
| Cal    | 1.5%  | ----- | 15 g.   |
| Agua   | 0.5%  | ----- | 500 ml. |

Para maiz/soya/sorgo:

|       |       |       |         |
|-------|-------|-------|---------|
| Maiz  | 70.0% | ----- | 700 g.  |
| Soya  | 25.0% | ----- | 250 g.  |
| Sorgo | 5.0%  | ----- | 50 g.   |
| Cal   | 1.5%  | ----- | 15 g.   |
| Agua  | 0.5%  | ----- | 500 ml. |

Para las necesidades de los análisis se prepararán tres kilogramos de cada una de las mezclas.

El sorgo se descascarilla antes de pesar la cantidad que se va a usar en la mezcla debido a que en la cáscara hay presencia de sustancias tóxicas como los taninos, que además de su toxicidad proporcionan un sabor amargo desagradable. (12)

Para descascarillar el sorgo se hace el siguiente -

procedimiento:

- 1.- Se muele el sorgo en un molino.
- 2.- Se pasa por un tamiz y se tamiza con un flujo de aire para que la cascarilla se separe del resto del grano.

Del sorgo descascarillado se toma una muestra para hacer el análisis bromatológico.

El proceso de extrusión es de la siguiente manera:

El maíz fue prequebrado con anterioridad y se prosigue a premezclar todos los ingredientes. En un recipiente de plástico por espacio de 10 minutos, después se lleva al extrusor y se controla la temperatura a  $100^{\circ}\text{C}$ , el proceso dura 15 minutos. El producto sale en forma de lámina por la boquilla a  $180^{\circ}\text{C}$  y con una humedad del 10%, se deja enfriar y se muelen las láminas para hacer el harina que pasa por una malla del número 60. La diferencia de  $80^{\circ}\text{C}$  que se observa de la temperatura que se mantiene en el equipo y la temperatura del producto se debe principalmente a la fricción constante de la mezcla con las paredes del equipo y a la evaporación del agua.

### 3.1 Métodos Químicos.

#### 3.1.1 Análisis Bromatológico.

Este análisis consta de las siguientes determinaciones: Humedad 2:013, Cenizas 14:006, Proteína Cruda 7:021 7:024, Grasa Cruda 13:32; Fibra Cruda 7:067 y el por--

centaje de Carbohidratos se obtiene por diferencia de las cinco determinaciones anteriores. Para efectuar dicho análisis se siguieron los métodos oficiales del A.O.A.C. . (6)

### 3.1.2 Digestibilidad "in vitro". (7)

#### Material:

Centrífuga capaz de desarrollar cuando menos 1750-- r.p.m. con tubos de fondo cónico de 150 ml. Si es necesario la solución puede ser centrifugada en tubos de 50 ml.

Agitador continuo de baja velocidad, capaz de operar dentro de una incubadora a  $45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Filtro de fibra de vidrio.

#### Soluciones:

Solución de pepsina al 0.2%. Con una actividad de 1:10000 en HCl 0.075N. La pepsina debe ser agregada -- justamente antes de usarse.

Alcohol desnaturalizado.

Soporte del filtro.

#### Procedimiento:

La muestra desengrasada es digerida durante 16 h con -- una solución ácida de pepsina bajo agitación constante. Los residuos insolubles son centrifugados, examinados al microscópio y analizados para proteína; o bien filtrados, lavados y a los cuales también se les analiza-

proteína. El método es aplicable a carne, huevo, pescado, sangre, etc. Este método no es aplicable para evaluar proteína total.

Pesar 1 g de muestra y ponerlo en un tubo de centrifuga de 15 ml y aforar con 10 ml de éter, centrifugar durante 5 minutos a 1750 r.p.m. Decantar el éter y repetir la extracción tres veces.

La muestra desengrasada y pesada se pasa a un tubo de 8 onzas del agitador y se agregan 150 ml de una solución recién preparada de pepsina-HCl precalentada a  $42-45^{\circ}\text{C}$ , incubar a  $45^{\circ}\text{C}$  con agitación constante durante 16 h.

El contenido de los tubos se transfiere a tubos de centrifuga de 150 ml y se centrifuga durante 5 minutos a 1750 r.p.m., decantar y lavar el tubo del agitador dos veces con porciones de 15-20 ml de agua destilada-caliente, agregar el agua del lavado al residuo del tubo de la centrifuga, centrifugar y decantar el agua --teniendo cuidado que no se pierda muestra. Resuspender el residuo en 10 ml de alcohol y filtrar cuantitativamente con succión suave a través de un embudo de Gooch # 4 con filtro de fibra de vidrio (puesto previamente a peso constante), el residuo indigerible se lava con alcohol y se seca por succión. Pasar la muestra a la estufa de vacío a  $110^{\circ}\text{C}$  durante 30 minutos, dejar enfriar y pesar.

El residuo se transfiere al matraz Kjeldahl para de terminar proteína cruda.

### Cálculos:

La digestibilidad "in vitro" se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ Digestibilidad} = \frac{N_2 \text{ Total} - N_2 \text{ no digerido} \times 100}{N_2 \text{ Total}}$$

### 3.1.3 Determinación de triptófano en las mezclas obtenidas. (6)

#### Reactivos:

Solución de HCl 12N.

Solución de HCl 12N con p-dimetilaminobenzaldehído - al 0.3% (preparado al momento).

Solución de NaNO<sub>2</sub> al 0.35% (preparado al momento).

#### Fundamento:

Se basa en la hidrólisis de la muestra con pepsina-HCl durante 22 h a 37°C. Transcurido este tiempo se agrega el ácido clorhídrico conteniendo p-dimetilaminobenzaldehído y la determinación colorimétrica del triptófano posteriormente al desarrollo de color con nitrato de sodio se mide a una longitud de onda de 620 nm.

#### Procedimiento:

Curva estándar: Transferir cantidades conocidas de triptófano desde 0.05 μM a 0.50 μM en 1 ml, a tubos de ensayo que contienen 5 ml de la solución de p-dimetilaminobenzaldehído; dejar en reposo 30 minutos a temperatura ambiente, de preferencia en la obscuridad. Agregar 5 ml de alcohol y de 4 a 6 gotas de una solución de nitrito de sodio; dejar reposar 30 minutos y leer a

620 mm el porcentaje de transmitancia o la absorbancia del cromóforo azul resultante.

Muestra problema: La proteína solubilizada o hidrolizada del alimento perfectamente claro, se diluye de manera que 0.5 ml no deberán contener más de 0.5  $\mu$ M de triptófano. Se determinan en la misma forma que los estándares.

Cálculos:

$$\frac{\text{mcg triptófano (leídos)} \times 100}{\text{Peso de la muestra (mg)}} = \frac{\text{mg triptófano}}{100 \text{ g}}$$

### 3.1.4 Determinación de inhibidores de tripsina en las mezclas obtenidas. (18,22,24)

Reactivos:

Amortiguador de fosfatos (0.1 M, pH 7.6), 23.3 g de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  y 1.8 g de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , se disuelven en 990 ml de agua. El pH se ajusta a 7.6 y el volumen se lleva a 1000 ml.

Solución de caseína (1% o 2%): 10.2 g de caseína se suspenden en 80 ml del amortiguador de fosfatos y completar disolviendo por calentamiento sobre un baño de vapor por 15 minutos. La solución se enfría y se lleva a 100 ml con el amortiguador y se almacena en el refrigerador cuando no se usa.

Solución de tripsina: Se pesan exactamente de 4 a 5 mg de tripsina 2 veces cristalizada de la sal libre y se disuelve en 100 ml de HCl 0.001 M. Esta solución se

puede guardar en el refrigerador por dos semanas sin - una pérdida apreciable en la actividad.

Preparación de la muestra: La muestra se muele hasta que pase por una malla del # 100, se tapa y se extrae con 10 vol de éter de petróleo (p.e. 60°C a 70°C) a temperatura ambiente. Un gramo de la harina se suspende en 19 ml de agua y el pH se ajusta a 7.6. Después se agita mecánicamente por 1 hora. La suspensión se centrifuga - y 1 ml del sobrenadante se diluye a 50 ml con el amortiguador de fosfatos. La cantidad de proteína del extracto diluido se determina por el método de Lowry et al.

#### Procedimiento:

Curva estandar de tripsina: En una serie de tubos - (por triplicado) se pipetea alicuotas de 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1 ml de la solución de tripsina y el volumen final de cada tubo se ajusta a 2 ml con el amortiguador. La 1ª serie de tubos son puestos en un baño de agua a 37°C. La 2ª serie se le añaden 6 ml de ácido tricloroacético al 5% (p/v), (estos sirven como blanco) y se les añaden 2 ml de la solución de caseína y se dejan en un baño de agua a 37°C. La 3ª serie se le añaden 2 ml de la solución de caseína a 37°C y se ponen en un baño de agua a 37°C exactamente durante 20 minutos, en el que el tiempo de reacción fue detenido por añadir 6 ml de ácido tricloroacético al 5% a los tubos experimentales. Se dejarán reposar por una hora a temperatura ambiente, la suspensión se filtra y la absorbancia del filtrado es medida a 280 nm contra el blanco.

La actividad de los inhibidores de tripsina se mide

de la siguiente manera: Se toman alicuotas de 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1 ml de la muestra, se ponen por triplicado en los tubos de prueba (una serie para cada nivel de extracto) y el volumen se ajusta a 1 ml con el amortiguador de fosfatos; 1 ml de la solución de tripsina se añade a cada tubo y los tubos se colocan en un baño de agua a 37°C. La duración del procedimiento es la misma como se describió en el párrafo anterior.

Una unidad de Tripsina (UT) es definida arbitrariamente como un aumento de 0.01 de unidades de absorción a 280 nm en 20 minutos por la reacción de 10 ml de la mezcla bajo una serie de condiciones establecidas. La actividad de los inhibidores de tripsina es definida como el número de unidades de tripsina inhibidas.

### 3.2 Métodos Biológicos.

#### 3.2.1 Determinación del R.E.P. (8)

Para efectuar la determinación del R.E.P (Relación de Eficiencia Proteica), se utilizaron 24 ratas machos de la cepa Wistar, recién destetadas, con una edad entre 21 a 23 días de nacidos, los animales se dividieron en 4 grupos, de seis ratas cada uno.

Los animales se alimentaron de la siguiente manera:

- Grupo 1 - Dieta patrón de caseína.
- Grupo 2 - Mezcla maíz/soya, 70/30.
- Grupo 3 - Mezcla maíz/frijol, 70/30.
- Grupo 4 - Mezcla maíz/soya/sorgo, 70/25/5.

Las dietas deben contener un 10% de proteína, para lo cual se calcularón de acuerdo a la siguiente dieta-base:

DIETA BASE: (29)

|                     |     |
|---------------------|-----|
| Mezcla de vitaminas | 1%  |
| Mezcla de minerales | 4%  |
| Aceite de maíz      | 5%  |
| Celulosa            | 5%  |
| Proteína            | 10% |
| Azúcar              | 10% |
| Almidón de maíz     | 65% |

En la tabla 3 se muestran las cantidades de los ingredientes para cada una de las dietas elaboradas.

Tabla 3

|            | M/S 1500  | M/P B39.2 | M/S/S 1500 |
|------------|-----------|-----------|------------|
| Vitaminas. | 15.00 g.  | 8.39 g.   | 15.00 g.   |
| Minerales. | 60.00 g.  | 33.60 g.  | 60.00 g.   |
| Proteína.  | 865.00 g. | 689.00 g. | 1144.20 g. |
| Aceite.    | -         | 5.90 g.   | -          |
| Celulosa.  | 38.90 g.  | 31.70 g.  | 35.60 g.   |
| Azúcar.    | 86.50 g.  | 42.00 g.  | 114.40 g.  |
| Almidón.   | 367.57 g. | 28.67 g.  | 105.80 g.  |

El número que aparece al lado de cada una de las - claves indica la cantidad en gramos de dieta a preparar.

Los animales se colocaron en jaulas individuales, la

temperatura ambiente se controló a 21°C y la humedad - relativa a 55%. el agua y el alimento se dieron "ad -- libitum".

La prueba tuvo una duración de 28 días, durante es- te tiempo se registraron el consumo de alimento y el - aumento de peso del animal dos veces a la semana.

Para la distribución de las ratas en cada grupo, se utilizó el método japonés de la culebra, con el obje- to de uniformar el peso del animal en cada grupo, de - manera, que no hubiera diferencia de peso entre cada - grupo de  $\pm 1$  g. La distribución de acuerdo al peso de- cada animal, se siguió de la manera como se muestra en la figura 5.

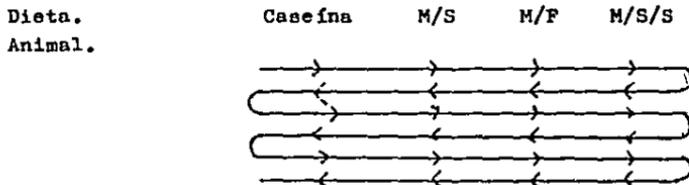


Figura 5 Método de la culebra.

Cálculos:

El R.E.P. se calcula de la siguiente forma:

$$\text{R.E.P.} = \frac{\text{Ganancia de peso del animal.}}{\text{Proteína Consumida.}}$$

### 3.2.2 Digestibilidad "in vivo". (29)

Para determinar la digestibilidad "in vivo", se utilizan las heces, recolectadas durante la última semana de la prueba de R.E.P. . Estas heces se secan y se someten a un Kjeldahl para determinar el nitrógeno existente en ellas y calcular el porcentaje de digestibilidad de las dietas.

Las dietas con la proteína a estudiar se comparan - con un patrón o control que generalmente es de caseína. En este trabajo se determinará la digestibilidad aparente de acuerdo a la siguiente fórmula.

Cálculos:

$$DA = \frac{NI - NF}{NI} \times 100 \quad \text{(absorción)} \quad DA = \text{Digestibili} \\ \text{dad aparente.}$$

NI = Nitrógeno ingerido, NF = Nitrógeno fecal.

### 3.3 Análisis Microbiológico.

En las mezclas obtenidas se buscará la presencia de hongos y levaduras según el procedimiento usado por la Dirección General de Laboratorios de Salud Pública de la Secretaría de Salubridad y Asistencia. (20)

### 3.4. Pruebas Físicas.

Las pruebas físicas se van a efectuar sobre las tortillas son: El grado de enrollamiento y el grado de calentamiento.

La determinación de estos dos parámetros es muy importante para determinar si las mezclas obtenidas son aptas para la elaboración de tortillas.

El grado de enrollamiento se determina por medio de unos cilindros de diferentes diámetros y espesor. El grado máximo se toma cuando la tortilla al enrollarse presenta rompimiento o fractura de su estructura.

La determinación del grado de calentamiento consiste en recalentar la tortilla, se toma la temperatura y se enrolla; se determina el grado de enrollamiento que es afectado por la temperatura.

El grado máximo de enrollamiento se reporta de acuerdo al diámetro mínimo al que se puede enrollar la tortilla sin mostrar ruptura, en el tiempo 0, 2, 4, 6, 8, y 24 horas de haberse elaborado la tortilla. Para el grado de calentamiento se reportará la temperatura máxima a la que se puede calentar la tortilla sin que pierda flexibilidad y ésta se rompa al ser enrollada.

### 3.5 Análisis Sensorial.

Para la realización de este análisis sensorial se cuenta con el método hedónico, ya que es un método sencillo para determinar la aceptabilidad de un producto por el consumidor.

Esta prueba fue desarrollada por la Fuerza Aérea Norteamericana y consiste de una escala del uno al nueve y a cada número le corresponde una expresión.

- 1.- Me gusta extremadamente.
- 2.- Me gusta mucho.
- 3.- Me gusta moderadamente.
- 4.- Me gusta ligeramente.
- 5.- Ni me gusta ni me disgusta.
- 6.- Me disgusta ligeramente.
- 7.- Me disgusta moderadamente.
- 8.- Me disgusta mucho.
- 9.- Me disgusta en extremo.

La forma de realizar este análisis es la siguiente:

Se elaborarán una serie de muestras de las distintas mezclas, a las cuales se les asignará una clave determinada, con el objeto de que los panelistas o jueces - no puedan identificar la mezcla de que se trata y no - tengan ninguna sugestión y ésto influya en los resultados.

Los atributos que se van a evaluar son:

- a) Color.
- b) Olor.
- c) Sabor.
- d) Apariencia.
- e) Textura.

Estos atributos se evaluarán con una escala del 1 al 5 siendo la interpretación siguiente:

- 1.- Pesimo.
- 2.- Malo.
- 3.- Ni bueno ni malo.
- 4.- Bueno.
- 5.- Excelente.

No se usa la escala hedónica como tal, debido a que sería complicado manejar tantos niveles de gusto y dig gusto, lo que se prestaría a errores en el momento de la calificación por parte del juez y en el momento del análisis de resultados.

El total de la suma de la calificación de cada uno de los atributos será el indicativo de rechazo o aceptación, para que el producto sea rechazado la puntuación debe ir de 1 a 10 y para que el producto sea aceptado debe ser de 16 a 25, según la siguiente tabla.

- 1-5: Pesimo.
- 6-10: Malo.
- 11-15: Ni bueno ni malo.
- 16-20: Bueno.
- 21-25: Excelente.

ANEXO I.

NOMBRE. \_\_\_\_\_ FECHA. \_\_\_\_\_

PRUEBA DE ACEPTACION  
USANDO LA ESCALA HEDONICA.

PRODUCTO: TORTILLAS.

Observe y pruebe las muestras en el orden presentado de izquierda a derecha e indique el agrado de estos productos tomando en cuenta los atributos que se indican abajo, anotando el número del nivel de agrado que Ud. juzgue adecuado de la siguiente escala: 1.- Pésimo, 2.- Malo, 3.- Ni bueno ni malo, 4.- Bueno, 5.- Excelente.

Si desea hacer un comentario por favor escríbalo en la parte de observaciones.

Clave:

|             |     |     |     |
|-------------|-----|-----|-----|
| Color.      | ( ) | ( ) | ( ) |
| Olor.       | ( ) | ( ) | ( ) |
| Sabor.      | ( ) | ( ) | ( ) |
| Apariencia. | ( ) | ( ) | ( ) |
| Textura.    | ( ) | ( ) | ( ) |

Observaciones. \_\_\_\_\_

Gracias.

CAPITULO IV  
RESULTADOS Y DISCUSION.

En el cuadro I se muestra el análisis bromatológico de las materias primas que se utilizaron para elaborar las mezclas.

De los datos obtenidos la cantidad de proteína de la soya es mayor que la reportada en la bibliografía (34.0%), lo mismo sucede con la cantidad de grasa del maíz que es mayor que la de la literatura (4.3%), esto se puede deber a que posiblemente no se trate de las mismas variedades de soya y de maíz.

Cuadro I.

Análisis bromatológico de las materias primas (g/100g)

|           | Soya |      | Frijol |      | Maíz |      | Sorgo |      |
|-----------|------|------|--------|------|------|------|-------|------|
|           | b.h  | b.s  | b.h    | b.s  | b.h  | b.s  | b.h   | b.s  |
| Humedad.  | 10.0 | -    | 10.3   | -    | 10.8 | -    | 10.5  | -    |
| Proteína. | 36.6 | 40.6 | 18.8   | 20.9 | 9.4  | 10.5 | 7.0   | 7.8  |
| Grasa.    | 18.2 | 20.2 | 9.1    | 10.1 | 7.2  | 8.0  | 3.7   | 4.2  |
| Fibra.    | 4.2  | 4.6  | 1.5    | 1.6  | 1.5  | 1.7  | 1.9   | 2.1  |
| Cenizas.  | 5.0  | 5.5  | 0.8    | 0.9  | 1.0  | 1.1  | 2.0   | 2.2  |
| Azúcares. | 26.0 | 28.8 | 59.5   | 66.3 | 70.1 | 78.6 | 74.9  | 83.7 |

b.h = base húmeda, b.s = base seca.

En el cuadro II se muestran dos tablas, en la primera se observa el análisis bromatológico de las diferentes mezclas calculado a partir del análisis de las materias primas y en la segunda se da el resultado del análisis efectuado sobre las mezclas. Como se puede observar entre ambas tablas no existe mucha diferencia a excepción de la cantidad de grasa en las mez-

clas de maíz/soya y maíz/soya/sorgo, por lo que se --  
 puede decir que el análisis de estas fue parecido al-  
 teórico. Con esto se puede comprobar que las mezclas-  
 contienen la cantidad de ingredientes calculados.

Cuadro II.

Tabla I. Análisis bromatológico calculado de las mezclas.  
 (g/100g)

|           | M/S   |       | M/F   |       | M/S/S |       |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | b.h   | b.s   | b.h   | b.s   | b.h   | b.s   |
| Humedad.  | 10.56 | -     | 10.65 | -     | 10.58 | -     |
| Proteína. | 17.56 | 19.63 | 12.22 | 13.67 | 16.08 | 17.98 |
| Grasa.    | 10.50 | 11.73 | 5.07  | 5.67  | 9.78  | 10.93 |
| Fibra.    | 2.25  | 2.51  | 1.50  | 1.67  | 2.19  | 2.49  |
| Cenizas.  | 2.20  | 2.45  | 0.94  | 1.05  | 2.05  | 2.29  |
| Azúcares. | 56.93 | 63.65 | 69.62 | 77.91 | 59.31 | 66.32 |

Tabla II. Análisis bromatológico realizado en las mezclas.  
 (g/100g)

|           | M/S   |       | M/F   |       | M/S/S |       |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | b.h   | b.s   | b.h   | b.s   | b.h   | b.s   |
| Humedad.  | 10.87 | -     | 10.65 | -     | 12.70 | -     |
| Proteína. | 17.34 | 19.45 | 12.18 | 13.63 | 13.11 | 15.01 |
| Grasa.    | 7.82  | 8.77  | 5.24  | 5.86  | 7.18  | 8.22  |
| Fibra.    | 2.25  | 2.52  | 1.50  | 1.68  | 1.89  | 2.16  |
| Cenizas.  | 2.87  | 3.22  | 1.05  | 1.17  | 1.90  | 2.17  |
| Azúcares. | 58.86 | 66.03 | 69.37 | 77.63 | 63.22 | 72.41 |

M/S = maíz/soya (70/30), M/F = maíz/frijol (70/30)

M/S/S = maíz/soya/sorgo (70/25/5), b.h = base húmeda,

b.s = base seca.

La cantidad de triptófano presente en cada mezcla - está en relación con el porcentaje de cada grano empleado. Los valores obtenidos de las pruebas se muestran en el cuadro III.

Cuadro III.

Determinación de triptófano en materias primas y mezclas elaboradas (g/100 g de proteína)

| Materias primas |       | Mezclas crudas |       | Mezclas precocidas. |
|-----------------|-------|----------------|-------|---------------------|
| Soya            | 1.250 | M/S            | 1.544 | M/S 1.376           |
| Frijol          | 1.000 | M/F            | 0.935 | M/F 0.937           |
| Maíz            | 0.750 | M/S/S          | 1.311 | M/S/S 1.000         |
| Sorgo           | 1.062 |                |       |                     |

M/S = maíz/soya (70/30), M/F = maíz/frijol (70/30)

M/S/S = maíz/soya/sorgo (70/25/5)

Se puede observar que la cantidad de triptófano en las mezclas crudas de maíz/soya y maíz/soya/sorgo es ligeramente mayor que en las mezclas precocidas, esto posiblemente se debe a que en éstas mezclas cocidas se quemó parte de la muestra por el proceso, lo que pudo haber destruido parte del triptófano.

La digestibilidad "in vitro" de las mezclas se muestran en el cuadro IV, al igual que los valores de la digestibilidad "in vivo". En este cuadro se puede observar que la digestibilidad "in vitro" de las distintas mezclas son diferentes a las que se obtienen -----

en la digestibilidad "in vivo", debido a que en la primera se pueden controlar las condiciones de prueba y en la segunda no se pueden controlar las respuestas biológicas. pero de las tres mezclas elaboradas se puede decir que tienen buena digestibilidad ya que no difieren mucho de la prueba patrón (caseína) excepto la de maíz/frijol que tuvo una digestibilidad aparente de 77.2% contra 92.9% que es la de caseína.

Cuadro IV.

Digestibilidad "in vitro" e "in vivo" de las mezclas %

|         | "in vitro"     |              | "in vivo"      |              |
|---------|----------------|--------------|----------------|--------------|
|         | % Con respecto |              | % Con respecto |              |
|         | Digestibilidad | a la caseína | D.A.           | a la caseína |
| Caseína | + 98.30        | 100.0        | 92.9           | 100.0        |
| M/S     | 98.07          | 89.5         | --             | --           |
| M/P     | 91.43          | 93.0         | 77.2           | 83.0         |
| M/S/S   | 90.40          | 91.9         | 89.0           | 95.0         |

+ Valor obtenido de la bibliografía (33)

D.A. = Digestibilidad Aparente, M/S = maíz/soya (70/30)

M/P = maíz/frijol (70/30), M/S/S = maíz/soya/sorgo (70/25/5)

En el cuadro V se pueden observar el contenido de inhibidores de tripsina de las materias primas y de cada una de las mezclas, así como el porcentaje de destrucción de los inhibidores en las mezclas precocidas.

Cuadro V.

Contenido de inhibidores de tripsina en las materias primas y en las mezclas.

|        | UTI/ml de extracto | % de Destrucción |
|--------|--------------------|------------------|
| Maíz   | 99.02              | -                |
| Sorgo  | 173.30             | -                |
| Soya   | 205.40             | -                |
| Frijol | 174.90             | -                |
| M/Sc   | 210.68             | -                |
| M/Sp   | 146.20             | 30.61            |
| M/Fc   | 217.28             | -                |
| M/Fp   | 119.64             | 44.94            |
| M/S/Sc | 193.12             | -                |
| M/S/Sp | 136.70             | 29.23            |

UTI = Unidades de tripsina inhibidas.,

M/S = maíz/soya (70/30), M/F = maíz/frijol (70/30)

M/S/S = maíz/soya/sorgo (70/25/5), c = crudo, p = - - precocido.

Como se puede observar en el cuadro, el sorgo presenta una cantidad elevada de inhibidores de tripsina, esto se puede deber a que no se descascarilló debidamente el grano, y como es sabido, el sorgo en su cascarilla presenta sustancias tóxicas como los taninos.

El frijol de soya presenta también alto su nivel de inhibidores de tripsina ya que según datos encontrados en la literatura el frijol de soya crudo presenta alrededor de 100 UTI/ml de muestra (34), esto se puede

deber a que en este caso se uso el grano crudo completo.

En las mezclas precocidas la que presenta un mayor porcentaje de destrucción de inhibidores de tripsinasa maíz/frijol y la que presenta un menor porcentaje de destrucción es la de maíz/soya/sorgo, aunque todavía los valores resultantes después de la precocción se podrían considerar ligeramente altos, pero tomando en cuenta que estas mezclas se van a someter posteriormente a otro proceso el cual va a involucrar calor, - con lo que se espera que estos porcentajes disminuyan.

Como se ve en cuadro VI, en donde se presentan los valores obtenidos para el R.E.P., podemos observar - que la mezcla maíz/soya/sorgo presenta un valor 2.3 similar al de la dieta control de caseína 2.6, lo - que viene a confirmar que las mezclas cereal-leguminosa son de buena calidad proteínica cuando se suplementan. Al contrario de esta mezcla, la de maíz/frijol, - aunque vuelve a ser nuevamente cereal-leguminosa, tiene un valor de 0.63, que resulta muy bajo, para la - mezcla de dos materias primas que se pueden suplementar, pero en este caso hay que tener en cuenta que el frijol que se uso para la elaboración de esta mezcla estaba crudo, y la cantidad de inhibidores de tripsinasa que contenía aún después de que la mezcla fue extruída era alta, y esto contribuyo a que la proteínano se digiriera adecuadamente y no se pudiera asimilar, inclusive los animales que formaban el grupo con esta dieta presentaron agresividad, debilidad y un crecimiento por debajo del normal.

## Cuadro VI

## Relación de la Eficiencia Proteica (R.E.P)

|         | Consumo de<br>alimento (g) | Aumento de<br>peso (g) | R.E.P | +R.E.P<br>corre-<br>gido, | %     |
|---------|----------------------------|------------------------|-------|---------------------------|-------|
| Caseína | 287.13                     | 77.0                   | 2.60  | 2.5                       | 100.0 |
| M/S #   | -                          | -                      | 1.43  | 2                         | 44.6  |
| M/F     | 115.56                     | 7.5                    | 0.63  | 0.6                       | 24.0  |
| M/S/S   | 202.28                     | 53.2                   | 2.30  | 2.2                       | 88.0  |

+ R.E.P Corregido a 2.5 de caseína.

# Datos bibliográficos (33).

M/S = maíz/soya (70/30), M/F = maíz/frijol (70/30)

M/S/S - maíz/soya/sorgos (70/25/5), % = porcentaje con respecto a la caseína.

Para la mezcla maíz/soya no se pudo correr la prueba debido a que ésta se contaminó accidentalmente por hongos y levaduras y ya no fue posible preparar más dado que no se contaba con el extrusor. En este caso se podría decir que el valor del R.E.P. debe ser similar a la mezcla maíz/soya/sorgo debido a que tiene un 5% de soya más, en lugar del sorgo. El valor dado en el cuadro VI para esta mezcla 1.43 se obtuvo de la bibliografía y este corresponde a una mezcla de 2/3 de maíz y 1/3 de soya que es similar a la elaborada en este trabajo.

Los valores de R.E.P. obtenidos para cada mezcla elaborada se graficaron y estas se pueden ver en la gráfica I.

De igual forma, con los valores obtenidos de aumento de peso y consumo de alimento durante el período de alimentación con las dietas problema se construyeron curvas de crecimiento para cada dieta, las que se muestran en la gráfica II, donde se puede observar el crecimiento de los animales y podemos ver que después de caseína la mejor dieta resultó ser la de maíz/soya/sorgo, ya que dió un comportamiento parecido al control.

En el análisis microbiológico de las tres harinas elaboradas con las distintas mezclas dado en el cuadro VII muestran que el número de hongos y levaduras está por debajo del número permitido por la norma (35) que es de 1000 colonias/gramo de harina. Esto nos indica que la calidad microbiológica de las harinas es buena y puede conservarse por un período largo de tiempo sin una contaminación de hongos o levaduras.

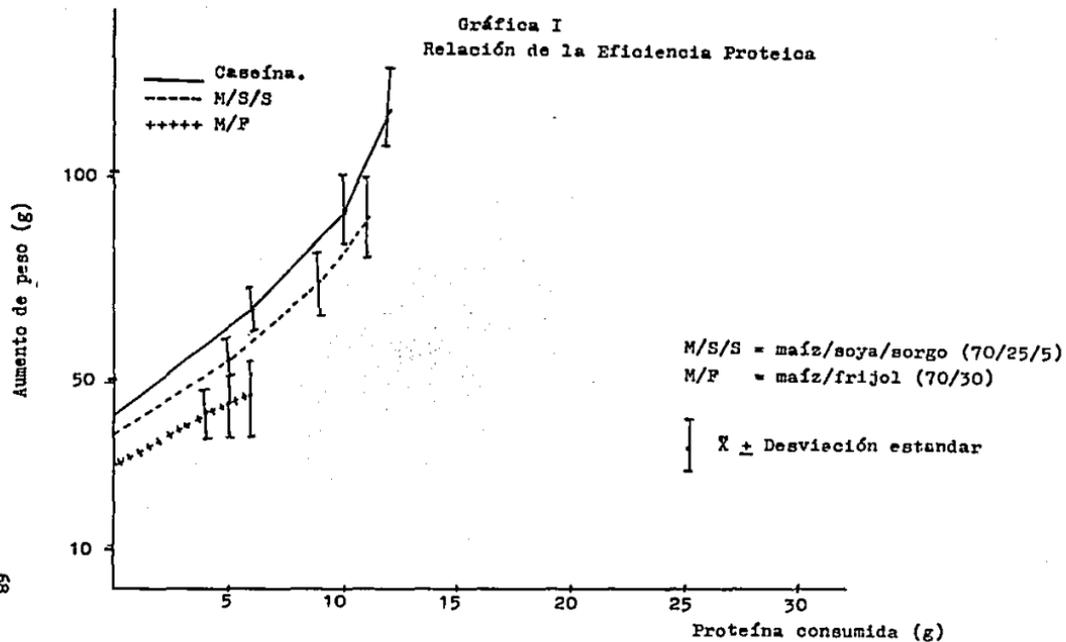
#### Cuadro VII

##### Análisis microbiológico de las mezclas

|       | Hongos (Col/g) | Levaduras (Col/g) |
|-------|----------------|-------------------|
| M/S   | 227.5          | 481.0             |
| M/F   | 252.5          | 480.0             |
| M/S/S | 170.0          | 365.0             |

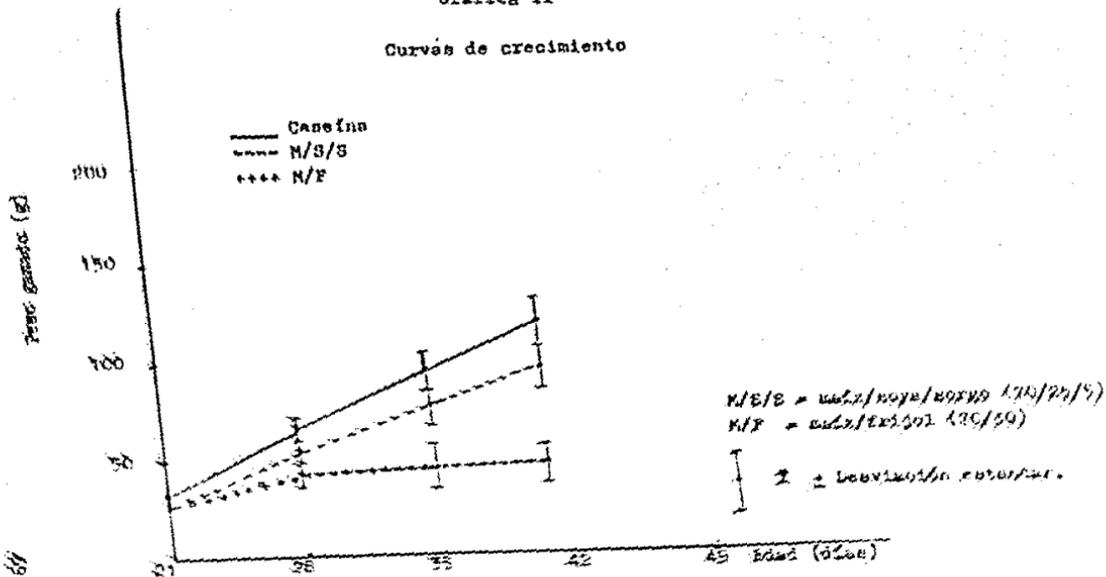
M/S = maíz/soya (70/30), M/F = maíz/frijol (70/30)  
M/S/S = maíz/soya/sorgo (70/25/5)

Gráfica I  
Relación de la Eficiencia Proteica



Gráfica II

Curvas de crecimiento



Los resultados de las pruebas físicas realizadas - sobre las tortillas elaboradas con cada una de las - diferentes mezclas que se muestran en el cuadro VIII - nos indican que las tortillas preparadas con las mez - clas de maíz/soya y maíz/soya/sorgo tienen un grado - de enrollamiento de 0.7 cm referido al diámetro del - cilindro en el que se enrolló y para las tortillas - elaboradas con la mezcla de maíz/frijol en el grado - máximo de enrollamiento es de 1 cm.

En el grado de calentamiento la temperatura máxi - ma a la que se puede recalentar las tortillas de las - diferentes mezclas es para las de maíz/soya y maíz/so - ya/sorgo es de 29°C con un grado de enrollamiento de - 0.8 cm y para la mezcla de maíz/frijol es de 20°C - para un grado de enrollamiento de 1 cm como se ve en - el cuadro IX.

#### Cuadro VIII

##### Grado de enrollamiento

| Mezcla maíz/soya (70/30) |   |   |   |   |   |    |
|--------------------------|---|---|---|---|---|----|
| Tiempo (hrs)             | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 24 |
| Diámetro (cm)            |   |   |   |   |   |    |
| 2.5                      | + | + | + | + | + | +  |
| 2.0                      | + | + | + | + | + | +  |
| 1.5                      | + | + | + | + | + | +  |
| 1.0                      | + | + | + | + | + | +  |
| 0.8                      | + | + | + | + | + | +  |
| 0.7                      | + | + | + | + | + | +  |
| 0.5                      | - | - | - | - | - | -  |

Mezcla maíz/frijol (70/30)

| Tiempo (hrs)  | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 24 |
|---------------|---|---|---|---|---|----|
| Diámetro (cm) |   |   |   |   |   |    |
| 2.5           | + | + | + | + | + | +  |
| 2.0           | + | + | + | + | + | +  |
| 1.5           | + | + | + | + | + | +  |
| 1.0           | + | + | + | + | + | +  |
| 0.8           | - | - | - | - | - | -  |
| 0.7           | - | - | - | - | - | -  |
| 0.5           | - | - | - | - | - | -  |

Mezcla maíz/soya/sorgo (70/25/5)

| Tiempo ( hrs) | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 24 |
|---------------|---|---|---|---|---|----|
| Diámetro (cm) |   |   |   |   |   |    |
| 2.5           | + | + | + | + | + | +  |
| 2.0           | + | + | + | + | + | +  |
| 1.5           | + | + | + | + | + | +  |
| 1.0           | + | + | + | + | + | +  |
| 0.8           | + | + | + | + | + | +  |
| 0.7           | + | + | + | + | + | +  |
| 0.5           | - | - | - | - | - | -  |

Cuadro IX  
Grado de calentamiento.

Mezcla maíz/soya (70/30)

| Temperatura (°C) | 12 | 20 | 29 | 33 |
|------------------|----|----|----|----|
| Diámetro ( cm)   |    |    |    |    |
| 2.5              | +  | +  | +  | +  |
| 2.0              | +  | +  | +  | +  |
| 1.5              | +  | +  | +  | -  |
| 1.0              | +  | +  | +  | -  |

Mezcla maiz/soya (70/30) continuación.

| Temperatura (°C) | 12 | 20 | 29 | 33 |
|------------------|----|----|----|----|
| Diámetro (cm)    |    |    |    |    |
| 0.8              | +  | +  | -  | -  |
| 0.7              | +  | -  | -  | -  |
| 0.5              | -  | -  | -  | -  |

Mezcla maiz/frijol (70/30)

| Temperatura (°C) | 12 | 20 | 29 | 33 |
|------------------|----|----|----|----|
| Diámetro (cm)    |    |    |    |    |
| 2.5              | +  | +  | +  | +  |
| 2.0              | +  | +  | +  | +  |
| 1.5              | +  | +  | +  | -  |
| 1.0              | +  | -  | -  | -  |
| 0.8              | -  | -  | -  | -  |
| 0.7              | -  | -  | -  | +  |
| 0.5              | -  | -  | -  | -  |

Mezcla maiz/soya/sorgo (70/25/5)

| Temperatura (°C) | 12 | 20 | 29 | 33 |
|------------------|----|----|----|----|
| Diámetro (cm)    |    |    |    |    |
| 2.5              | +  | +  | +  | +  |
| 2.0              | +  | +  | +  | +  |
| 1.5              | +  | +  | +  | -  |
| 1.0              | +  | +  | +  | -  |
| 0.8              | +  | +  | -  | -  |
| 0.7              | +  | -  | -  | -  |
| 0.5              | -  | -  | -  | -  |

Después de haber realizado el análisis sensorial de las tortillas elaboradas con las mezclas, cuyos valores se muestran en el cuadro X se observó que las mezclas de maíz/soya y maíz/soya/sorgo son más aceptadas que la de maíz/frijol, debido a que éstas obtuvieron una calificación de 24 puntos y esto equivale a una aceptación excelente y la de maíz/frijol obtuvo una calificación de 19 puntos que equivale a una aceptación buena.

Cuadro X

Análisis sensorial.

|       | Promedio.       |
|-------|-----------------|
| M/S   | 24.0 $\pm$ 0.19 |
| M/F   | 19.0 $\pm$ 0.16 |
| M/S/S | 24.0 $\pm$ 0.19 |

M/S maíz/soya (70/30), M/F maíz/frijol (70/30)  
 M/S/S maíz/soya/sorgo (70/25/5).

## CAPITULO V CONCLUSIONES.

De las mezclas de cereales y leguminosas extruidas, la de maíz/soya/sorgo presentó una calidad proteínica-elevada, ya que tuvo en la prueba biológica realizada-(R.E.P) un valor semejante al de la dieta control de -caseína.

La mezcla de maíz/frijol presenta un R.E.P de 0.60 que resultó muy bajo para una mezcla cereal-leguminosa, debido a la cantidad elevada de inhibidores de tripsina. Esto se puede corregir elevado de temperatura durante el proceso de precocido o cociendo el frijol antes de hacer la mezcla.

Las harinas obtenidas de las mezclas extruidas presentan una calidad microbiológica buena, debido a que el número de hongos y levaduras por gramo de muestra - está por debajo de lo permitido en la norma oficial. - Por lo que estas harinas pueden guardarse por un período largo de tiempo sin presentar desarrollo de hongos y levaduras. Sin embargo no se pudo determinar periódicamente la calidad microbiológica debido a que la cantidad de muestra era muy poca y por lo tanto no se sabe con exactitud su vida de anaquel.

La aceptación del consumidor por las tortillas elaboradas con estas mezclas es excelente, ya que a los paneleistas les pareció adecuado el sabor, olor, color, apariencia y textura de las tortillas.

Como conclusión final se puede decir que las mezclas

extruidas de cereales y leguminosas la de maiz/soya/sor  
go, presenta una elevada calidad de la protefina, siendo  
ésto una gran ventaja para poder ofrecer un alimento nu  
tricional que puede ser de gran aceptación, ya que con  
ella se pueden preparar productos tradicionales como, -  
tamales atoles y tortillas y con una calidad microbioló  
gica buena ya que éstas están precocidas.

## BIBLIOGRAFIA.

- 1) Durán de Bazúa, C. y Guerra R. 1980. Los centros de investigación y educación superior en el desarrollo de agroindustrias parte II. Nuevos productos agrícolas procesados. Rev. Tecnol. Aliment. (Mex) 15 (6): 4-16.
- 2) Yepis, G.M., Ballesteros, M.N, Grijalva, Ma.I., - Ramos, E. y Valencia, M. 1983. Mezcla de frijol-tortilla de maíz y frijol-tortilla de harina de trigo. Valor nutricional de las proteínas de las mezclas. Rev. - Tecnol. Aliment. (Mex) 15 (1): 16-23.
- 3) Alarcón, A.L., Guerra, R, Pedroza de Brenes, R., - Nieto de Melendez, Z., y Durán de Bazúa C. 1985. Mezclas nixtamalizadas de maíz y sorgo. Evaluación en masa y tortillas. Pruebas reológicas y sensoriales. Rev. -- Tecnol. Alimente (Méx) 20 (1): 6-11.
- 4) Durán de Bazúa, C., Guerra, R., and Sterner, H., - 1979. Extruded corn flour as an alternative to Lime -- Heated corn flour for tortilla preparation. Journal of Food Science. Vol 44: 940-941.
- 5) Guerra, R., Rodríguez, A., Durán de Bazúa, C., 1976. Extrusión of High-Lysine corn and applications in Mexican foods. Congress on Engineering and Food. Boston Ma, August: 9-13.
- 6) Association of Official Agricultural Chemists 1970 Washington. D.C.

7) Oke, O. and Umah, L.B. 1974. Nutritive value of leaf protein. A note on the comparison of "in vitro" and "in vivo" methods. Nutr. Rep. Int. 10: 397-403.

8) Osborne, T.B., Mendel, L.B. and Ferry, E.L. 1919.- A method of expressing numerically the growth promoting value of protein. J. Biol. Chem. 37: 223.

9) Bazúa C.D. 1978. Análisis de procesos alternativos a la nixtamalización, en la preparación de productos tradicionales a partir de materiales de alto valor nutricional. Presentado en el primer seminario del Departamento de maíz y sorgo del INIA-Chapingo México Marzo 10.

10) Bressani, R. y Elias G. 1976. Valor nutritivo del maíz. Revista Centroamericana de Nutrición y Ciencias de la Alimentación. INCAP Vol. I; 17.

11) Campbell. J.A. 1963. Method for Determination of PER and NPU: Evaluation of Protein Quality National Academy of Science. National Research, Washington D.C.

12) Conde, A., Elías, L., Bressani, R. y Tant, A. 1976. Valor Nutritivo de 57 variedades de sorgo (*Soeghum vulgare*) Rev. Centroamericana de Nutrición y Ciencias de Alimentos. Vol I; 25 (INCAP), Guatemala, Guatemala.

13) Fisher, P. y Bender, A. 1980. Valor nutritivo de los alimentos. Limusa, México D.F. 4:74.

- 14) Cañedo Castañeda J. 1974. El cultivo del maíz su-  
origen, importancia y uso. Ciclo de seminarios Institu-  
to Nacional de Investigaciones Agrícolas.
- 15) Wolf W.J. 1977. Proteínas comestibles de la soya-  
y sus usos. Seminario Suplementación con proteína de -  
soya. Jamaica "Bureau of Standards" Kingston, Jamaica-  
Septiembre. 29-30.
- 16) Durán de Bazúa Ma. del Carmen: Introducción a la-  
extrusión de alimentos. Facultad de Química. UNAM. 1983.
- 17) Kramer A. and Twis B.A. Fundamentals of quality -  
control for the food industry the AVI. Publ Co. Westport  
Conn 1966.
- 18) Kakado. M.L., D.E. Pottay, Liener, J.E. 1973. -  
"Contribution of trypsin inhibitors to the deteriorous -  
effect on unheated soybean fed to rats": J. nutr 103:-  
1772-1778.
- 19) Miller. D.S. 1963. A procedure for determination-  
of UNP using rats body N.Technique evaluation of protein  
quality. Publication 1100 National Academy of Science.  
National Research Council Washington D.C.
- 20) Secretaria de Salubridad y Asistencia. Técnicas -  
para el análisis microbiológico de los alimentos. Di-  
rección General de Laboratorios de Salud Pública. 45--  
47. México 1978.

- 21) Jaffe, W.G. 1970. "Las semillas de leguminosas como fuente de proteínas en América Latina". En conferencia sobre recursos proteicos en América Latina. INCAP-Guatemala.
- 22) Kakado M.L., Simons N. y Liener I.E. 1969. "An evaluation of natural use synthetic substrates for measuring the antitrypsin of soybean samples". Cereal Chem 46: 518-526.
- 23) Bieth, J., Metains P. y Warter J. "Estude des proteases pancreatiques. I. Dosaje The Trypsin for the - benzoyl-arginine, p-nitro-anilide etc aplicaciones" - Ann Biol Clin. 24: 787. 1966.
- 24) Arjumand, S.W. y Syein. M. 1973 "Trypsin Inhibitor of Broad Bean" ("qual. Plant. Pl. Fds. Hum Nutr. XXIII-1/3: 157-159").
- 25) Jatte, W.G. y Flores, M.E. 1975 "La cocción de - frijoles" (Phaseolus vulgaris) Arch Latina Nutr. 25:1: 79-90.
- 26) Liner, I.E. 1962. "Toxic factor in edible legumes and their elimination" Amer. J. Cli. Nutr 11: 281-288.
- 27) Elección del grano de sorgo para cultivo. Comisión Nacional del Maíz S.A.G., 1959.
- 28) Donald K., Dubois, Usos de la soya en productos - de panificación. Manhattan, Kansas.

29) Bender, A.E. Nutrición y alimentos dietéticos. Ed Acribia, 1<sup>o</sup> edición, 198-203.

30) Durán de Bazúa, C. 1984. Uso de la extrusión para substituir métodos tradicionales de cocción. Primera - Reunion Panamericana de extrusión de alimentos. 198-200.

31) Allan, K., Smith and Sidney, J. 1980. Circle Soybeans: Chemistry and technologic, 2<sup>o</sup> edition, Westport Coom: AVI.

32) Illescas R. 1943. La teoria química de la forma-- ción del nixtamal. Revista de la Sociedad Mexicana de-Historia Natural. Tomo IV, Nos. 3-4, Diciembre. 129-134.

33) Contenido en aminoácidos de los alimentos y datos biológicos sobre las proteínas. Servicio de Ciencia y-Política de la Alimentación. Dirección de Nutrición, - FAO. Roma 1970.

34) Miler, M. 1973. Nutritional Improvement of Food - Legumes by Breeding. Protein Advisory Group of the -- United Nations System. United Nations. 1t. ed. New York, U.S.A. Pages 239-247 and 263-269.

35) Norma Oficial Mexicana NOM-F-46-S-1980.  
" Harina de Maíz Nixtamalizado " (Nixtamalizado  
Corneal).