

2ej  
40



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA



EXAMENES DE GRADUACIONALES  
FAC. DE QUIMICA

ELABORACION Y EVALUACION NUTRICIONAL DE UNA PASTA  
ALIMENTICIA OBTENIDA A PARTIR DE UNA MEZCLA DE  
TRIGO-MAIZ EXTRUIDO-SOYA.

T E S I S

Que para obtener el título de:  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO  
P R E S E N T A  
MARTHA ELSA FRIAS MONDRAGON



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

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

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

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

# I N D I C E

	Página
I. Introducción	1
II. Objetivo	3
III. Generalidades.	4
III.1. Maíz	5
III.2. Trigo	8
III.3. Soya	9
III.4. Extrusión.	15
III.5. Procesamiento de pastas	17
IV. Material y Métodos.	23
IV.1. Materia prima	23
IV.2. Metodología	23
IV.3. Métodos de Análisis.	27
IV.4. Material y equipo	33
V. Resultados y discusión.	35
Conclusiones	60
Bibliografía	62
Apéndice	67
Índice de Cuadros	72
Índice de Figuras.	75

## I. INTRODUCCION

## 1. INTRODUCCION

Desde los albores de la civilización, los cereales han desempeñado un papel relevante en la historia de la humanidad. El hecho de que se tratara de gramíneas fáciles de cultivar, con granos aptos para la alimentación del hombre y la circunstancia de que concentraran un alto potencial energético propició la condensación de grandes grupos humanos en pequeñas áreas geográficas como las de los Valles del Tigris, del Eúfrates o del Nilo, núcleos primitivos que legaron marcados progresos en las prácticas agrícolas a las generaciones que les sucedieron (1). Sin embargo, los cereales presentan una deficiencia nutricional debida a la baja calidad de su proteína, siendo deficientes la mayoría de ellos en los aminoácidos esenciales: lisina y triptofano.

Existen diferentes opciones para el mejoramiento de la calidad proteínica de los cereales tales como (2):

a) La incorporación de aminoácidos sintéticos, aunque aquí se presenta la dificultad en la uniformidad de la mezcla, además de que el costo se eleva sensiblemente.

b) La hibridación puede ser otro camino, se han realizado híbridos de maíz que tienen elevado contenido de lisina y triptofano, sin embargo es difícil persuadir a los granjeros para que siembren este tipo de maíz, ya que la producción puede ser menor. Otro factor es que -

la molienda destruye algunas ventajas, pues el incremento de lisina, ocurre preferentemente en el germen y por lo tanto sólo se puede -- aprovechar si se utiliza el grano completo, además la hibridación - puede producir vulnerabilidad a las enfermedades.

c) Una opción más es la mezcla de dos o más cereales y/o oleaginosas.

Esta última alternativa se tomó como base para el presente trabajo, elaborando una pasta alimenticia obtenida a partir de una mez-cla de trigo-maíz extruído-soya, ya que las pastas pueden ser consideradas como un vehículo posible para mejorar el valor nutritivo de la alimentación, pues generalmente son incluídas en las dietas de los - niños, además de que por su bajo costo están al alcance de la pobla-ción necesitada, sobre todo de la población rural.

## II. OBJETIVO

## II. OBJETIVO

1. Elaborar una pasta para sopa a partir de mezclas de trigo-maíz extruido-soya, que presente las siguientes características.

1.1. Alto valor nutritivo.- Contenido no menos de 12% de proteína y calidad proteínica de 75% como mínimo con respecto a la caseína medida por la prueba de utilización neta de la proteína (UNP).

2.1. Bajo costo.- Máximo de \$1.00 por gramo de proteína - tomando en cuenta únicamente la materia prima. Este costo considerado para enero de 1986.

1.3. Elevada aceptación.- Que no exista una diferencia significativa con respecto a las pastas comerciales a un nivel de confianza de 95% en una prueba de preferencia pareada.

1.4. Buena calidad comercial. Las pastas elaboradas deberán tener características de calidad similares a las de las pastas comerciales.



### III. GENERALIDADES

### III. GENERALIDADES

Siendo el objetivo de este trabajo la elaboración de una pasta para sopa a partir de mezclas de trigo-maíz extruido-soya, es conveniente presentar información general de los dos cereales, de la soya, del proceso de extrusión y del proceso para la elaboración de pastas.

Es menester sin embargo, previamente a esta presentación, comentar que en 1978 los volúmenes de cereales y leguminosas en cuanto a la producción total alimenticia en el país, fueron bajos, los primeros de 33.6% y los segundos de 4.4%. Con respecto a esta misma producción, en la década pasada los primeros sobrepasaban el 40% y los segundos el 6%. Esta situación condicionó que para satisfacer la demanda se tuvieron que recurrir a la importación de varios millones de toneladas de alimentos para consumo humano, en su mayoría granos (3).

Los cambios habidos en los renglones de producción y disponibilidad por grupos de alimentos son los siguientes: durante el período 1960-1969 la tasa de incremento promedio anual de los cereales, leguminosas y oleaginosas fué de 7.7% en la producción y de 3.4% en la disponibilidad; mientras que en el lapso 1970-1978 los incrementos fueron de 2% y 1.9% en los mismos renglones respectivamente, la producción anual de cereales, leguminosas y oleaginosas, por habitante,

cambió de 250 Kg a 200 Kg y la disponibilidad de 180 Kg a 171 Kg en ambos períodos, lo cual significó una franca disminución en los dos renglones de un período a otro (3).

Con respecto a la producción los resultados del ciclo otoño-invierno 1983-1984 son los siguientes: para el trigo se obtuvieron 256,866 tons; 1'026,849 tons. para el maíz, y 2,065 tons. para la soya. En el ciclo primavera-verano 1984-1984, también en cuanto a la producción, los resultados son 237,316 tons. para el trigo; - - 11'841,649 tons. para el maíz y 682,850 tons. para la soya (4).

La información general comentada anteriormente, se va a presentar de la siguiente manera:

III.1 Maíz

III.2 Trigo

III.3 Soya

III.4 Extrusión

III.5 Procesamiento de pastas

III.1 M A I Z.

El maíz ha sido un cultivo de suma importancia para las culturas antiguas y modernas en América. En México ha sido el alimento - básico natural del pueblo; la mayoría de nuestros agricultores, prin cipalmente los de temporal acostumbra asegurar en sus predios la -

producción de los productos básicos de su alimentación y, teniendo entre ellos en primer lugar el maíz, como consecuencia se cultiva en gran diversidad de regiones, en los Valles, en las laderas de los volcanes, en la Mesa Central, en el Bajío, en los trópicos cálidos húmedos de nuestras costas centrales y del sureste y en las regiones cálidas secas del norte del país (4).

Sobre el origen del maíz se han emitido diversas opiniones por varios investigadores, pero todos están de acuerdo en que la comarca de su nacimiento radica en algún lugar de América en uno u otro hemisferio (4).

El maíz pertenece a la familia de las gramíneas, al género Zea mays 1. el que cuenta con una especie, pero se reconocen diferentes variedades las que difieren principalmente en la estructura de la semilla (4).

Como todos los cereales, el maíz es rico en carbohidratos y pobre en la calidad y contenido de proteínas. La principal deficiencia en proteínas radica en la baja proporción de lisina y triptofano, dos aminoácidos esenciales (Cuadro No. I); en cuanto a vitaminas, su contenido de niacina biodisponible es bajo, a consecuencia de lo cual favorece la presentación de la enfermedad llamada pelagra, siendo México el país que después de los del Africa, sufre una mayor incidencia de esta enfermedad; con respecto a los minerales es también relativamente pobre, pero al prepararse con cal, en forma de tortilla, se le adiciona una cantidad significativa de calcio (4).

C U A D R O No. 1

CONTENIDO DE AMINOACIDOS DE ALGUNOS CEREALES Y DE LA SOYA

(gramos del aminoácido por 100 g. de proteína)

	AVENA	ARROZ	CEBADA	CENTENO	MAIZ	TRIGO	SOYA	FAO/OMS (1973) patrón provisional
Lisina	3.66	3.80	3.38	4.08	2.84	2.76	6.54	5.50
Isoleucina	5.16	4.47	4.25	4.25	4.43	4.17	5.10	4.00
Treonina	3.30	3.79	3.38	3.70	3.90	2.89	3.94	4.00
Valina	5.95	6.41	5.02	5.21	5.06	4.59	5.20	5.00
Leucina	7.50	8.73	6.94	6.71	12.89	6.70	7.87	7.00
Triptofano	1.28	1.22	1.25	1.13	0.62	1.25	1.31	1.00
Metionina + Cristina	1.47	2.09	1.43	1.57	1.87	1.52	1.26	3.50
Fenilalanina + Tirosina	5.33	5.27	5.16	4.71	4.61	4.87	4.87	6.00

Fuente: Hernández, M.; Chávez, A.; Bourges, H. Valor Nutritivo de los Alimentos Mexicanos. INN. México.

Aproximadamente el 45% del consumo calórico nacional es proporcionado por el maíz. De este porcentaje el consumo en el medio rural llega hasta un 75% principalmente en las regiones centrales del sur y sureste; el 25% restante corresponde a las zonas urbanas (4).

### III.2 T R I G O

En lo que respecta al trigo, por hallazgos arqueológicos realizados en la localidad de Jarmo, Irak, parece evidente que en el suroeste de Asia, alrededor del séptimo milenio, A. C., el hombre comenzó a domesticar algunas especies silvestres de trigo y, posiblemente haya cultivado alguna variante de Triticum dicocoides que fué adquiriendo algunas de las características de Triticum dicocum, conocido como -- Emmer, un trigo con dos granos en cada espiguilla. Este, y el trigo de un sólo grano, Triticum monococum, aparecen en hallazgos hechos con el uso de carbono 14, en restos de algunos cultivos del período neolítico (5).

La planta del trigo es un miembro de la familia de las gramíneas, que comprende unos 600 géneros y más de 5,000 especies. Todos los trigos, sean silvestres o cultivados, se hallan incluidos en el género -- Triticum, del cual se conocen comúnmente 14 especies que pueden subdividirse en tres grupos; diploides, tetraploides y hexaploides, según el número de cromosomas contenidos en sus células reproductoras (7, 14 y 21 respectivamente). Los grupos difieren por sus características anatómicas y morfológicas (6).

El trigo es comparable con otros cereales por su contenido de nutrientes. Tiene un elevado contenido de tiamina y niacina; contiene poca grasa, casi toda ella en el embrión, y carece de Vitamina A [Cuadro No. II], contiene menos proteínas que otros alimentos comunes, tales como las leguminosas (18 a 26 por ciento de proteína), la carne (12 a 20 por ciento de proteína), el pescado (16 a 20 por ciento de proteína), los huevos (13 por ciento de proteína) y el queso (19 a 25 por ciento de proteína); pero es erróneo llamar al trigo, que tiene un contenido proteico de 10 a 14 por ciento, alimento amiláceo, lo que indicaría que no es sino una fuente de hidratos de carbono. Lo mismo que otros cereales, es mucho más rico en proteínas que varias raíces, tubérculos y frutos feculentos que son alimentos básicos en distintas partes del mundo y no contienen más de 1 a 2 por ciento de proteína cuando están frescos (6).

El aminoácido limitante en las proteínas del trigo es la lisina, como indican los datos del Cuadro No. I

### III.3 S O Y A

La soya tiene larga historia en el Oriente como fuente importante de grasas y proteínas de la dieta. En contraste con ello, el mundo occidental ha prestado muy poca atención a esta leguminosa, así su cultivo vino a establecerse firmemente en los Estados Unidos hace solamente 50 años, y en Brasil adquirió importancia hace no más de diez años. A pesar de que su contenido de aceite (20 por ciento) es -

## C U A D R O No. II

## VALOR NUTRITIVO DE LOS CEREALES EN 100 g DE PESO

	ARROZ	AVENA	CEBADA	CENTENO	MAIZ AMARILLO	TRIGO
Proteínas (g)	7.4	10.8	9.0	11.3	8.3	10.6
Grasas (g)	1.0	3.1	1.9	1.7	4.8	2.6
Carbohidratos (g)	78.8	73.8	75.4	73.4	69.6	73.4
Calcio (mg)	10.0	61.0	65.0	38.0	158.0	58.0
Hierro (mg)	1.1	3.3	4.5	3.7	2.3	0.9
Tiamina (mg)	0.23	0.53	0.38	0.43	0.34	0.59
Riboflavina (mg)	0.03	0.11	0.20	0.22	0.08	0.22
Niacina (mg)	1.6	0.8	7.2	1.6	1.6	4.4
Ascórbico (mg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Retinol (mg Eq)	0.0	0.0	5.0	0.0	17.0	1.0

Fuente: Hernández, M.; Chávez, A.; Bourges, H.; Valor Nutritivo de los Alimentos Mexicanos. INN. México. 1980.



solamente la mitad de su contenido de proteína (40 por ciento) el interés inicial de occidente hacia la soya fué más como fuente de aceite, que como proteína. Pero aunque la adopción de la soya ha sido lenta en los países occidentales, hoy en día el occidente sobrepasa la producción de los países orientales, tal como se aprecia en las estadísticas para 1981 (7) (Cuadro No. III).

El frijol de soya es una leguminosa cuya semilla está compuesta de una cáscara, un hipocolito y dos cotiledones, y que tiene una composición en base seca como se muestra en el Cuadro No. IV.

Basados en su contenido proteico, la soya bien puede clasificarse como una "semilla proteica", en lugar de "semilla oleaginosa".

El uso de las proteínas de soya es un factor importante en el mejoramiento de la nutrición. Como muchas otras leguminosas, la soya cruda contiene inhibidores de tripsina, que inhiben el crecimiento de ratas, pollos, cerdos y terneros y causan hipertrofia del páncreas en las primeras especies. Por fortuna, estos constituyentes antifisiológicos 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 sea antes de su incorporación al alimento, o bien durante el proceso del alimento al cual se le adicionó la soya. Se considera que lo óptimo es el que, las harinas de soya procesadas por calor, tengan una relación de eficiencia proteica (PER) de 2.0 o más, en comparación con el PER de 2.5 de la caseína (8).

C U A D R O    N o .    I I I  
 P R O D U C I O N   D E   H A R I N A   D E   S O Y A

<u>P A I S</u>	<u>PRODUCCION (Ton. Métricas).</u>
Estados Unidos	41.4
Brasil	9.7
China	7.2
URSS	0.8
México	0.6
Otros	3.3
T O T A L	63.0

Fuente: *Agricultural Statistics. 1981 United States of Agriculture*  
 Washington, D. C.

## CUADRO No. IV

## COMPOSICION DEL FRIJOL DE SOYA (BASE SECA)

	PROTEINA	GRASA	CENIZAS	CARBOHI DRATOS.
	%	%	%	%
Soya (100%)	40	21	5	34
Cáscara (8%)	9	1	4	86
Hipocolito (2%)	41	11	5	43
Cotiledones (90%)	43	23	5	29

Fuente: Wolf, W.J. Proteínas comestibles de la soya y sus usos. Seminario sobre suplementación con proteína de soya. Jamaica "Bureau of Standards", Kingston, - Jamaica. Septiembre. 20-30. 1977.

## CUADRO No. V

RELACION DE EFICIENCIA PROTEICA Y PORCIENTO DE PROTEINA DE HARINA  
DE MAIZ Y HARINA DE MAIZ CON SOYA.

PRODUCTO	PROTEINA (%)	PER
Harina de maíz sin germen	9.9	0.4
Harina de maíz sin germen + 20% de harina de soya	19.6	2.3
Harina para tortilla (100% maíz)	9.6	1.1
Harina para tortilla + 20% de harina de soya.	12.9	1.9

Fuente: Wolf W.J. Proteínas comestibles de la soya y sus usos. Seminario sobre suplementación con proteína de soya. Jamaica. "Bureau of Standards". Kingston, Jamaica. septiembre 1977.

Con excepción de la metionina que resulta limitante en la semilla, el contenido de aminoácidos esenciales de la soya es bueno. - Un contenido de más del 6 por ciento (gramos del aminoácido por 100 - gramos de proteína), hace las proteínas de soya ideales para su mezcla con cereales, los cuales tienen serias deficiencias de este aminoácido esencial. No solamente se adiciona lisina, sino que la soya suministra proteína extra, cuando se mezcla con trigo y maíz.

El Cuadro No. V nos muestra los efectos benéficos de la adición de soya a la harina de maíz.

#### III.4 EXTRUSION.

La palabra extruir proviene del latín "extrudere" y significa empujar o presionar hacia afuera, expeler o expulsar. Los extrusores son bombas especializadas que forman productos de forma constante - al forzar materiales a fluir a través de una boquilla. La mayor parte de los extrusores realizan también el mezclado y la conversión de las materias primas en masas manejables que puedan fluir a través de la boquilla. Los extrusores han sido usados tradicionalmente para - procesar materiales viscosos, tales como plásticos, hule y algunos - alimentos (pastas de trigo principalmente) (41).

Los extrusores en la industria alimentaria realizan las siguientes funciones:

...

- a) Mezclar y homogenizar materias primas.
- b) Cocer
  - i) Desnaturalizando proteínas.
  - ii) Gelatinizando carbohidratos (principalmente almidones).
  - iii) Produciendo sabores y colores.
- c) Crear textura a través de presión, flujo o intercambio de calor.
- d) Crear formas
- e) Secar el producto

Dentro de los factores que contribuyen a la versatilidad del proceso de extrusión están los diseños específicos del extrusor, las variables de operación, la variedad de materias primas que pueden procesar y las diferentes características que pueden obtenerse en los productos terminados (formas, colores, sabores, texturas, etc.). Los extrusores pueden modificar en formas más o menos sencilla su diseño y pueden operarse a diferentes velocidades de tornillo, con distintas temperaturas en barril y diferentes presiones en la boquilla o boquillas, lo que permite variar los niveles de humedad, de mezclado y de cocción de los materiales y obtener productos distintos. Ejemplos específicos de esto serían los cereales instantáneos, las botanas, los tallarines y demás sopas de pasta, los productos de soya texturizada, etc. (41)

El tiempo promedio que pasa una partícula de alimento en un extrusor puede ser de unos cuantos segundos, lo que disminuye las probabilidades de destrucción de vitaminas y de reacciones - poco deseables entre proteínas y carbohidratos reductores.

### III.5 PROCESAMIENTO DE PASTAS.

En la práctica comercial, los productos formados por extrusión, se elaboran en grandes máquinas que realizan varios procesos de operación. Un diagrama típico para procesamiento de formas cortas o largas de pasta se muestra en la Figura No. 1. El equipo esencial incluye el procesado continuo, el presecado, el secado - final y la unidad de almacenaje.

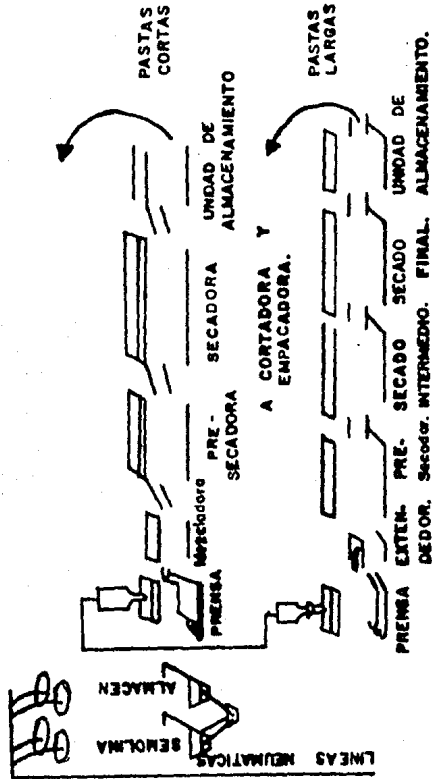
El procesamiento de pasta ha tenido algunas mejoras desde principio de siglo. Los cambios principales han sido en tecnología de extrusión usando sello de latón de línea de teflón 3 y un secado acelerado. Estos cambios han contribuido a la mejor eficiencia en la producción y a la calidad del producto.

Mezclado.- En la operación de mezclado, se añade agua a la semolina de manera que el contenido de humedad de la mezcla de masa al sacar del molde, sea aproximadamente 31%.

Las prensas modernas están equipadas con cámaras de vacío - para remover burbujas de aire de la pasta antes de la extrusión. -

# FIGURA No. 1

## DIAGRAMA PARA PROCESAMIENTO INDUSTRIAL DE PASTAS CORTAS Y LARGAS.





En la operación de extrusión, no sólo se fuerza la masa a través de la prensa, sino que también se transforma en una mezcla homogénea, controlando el rango de producción e influyendo en la apariencia - del producto final. La temperatura de la masa afecta al color y a la calidad de preparación del macarrón final.

Durante el proceso de extrusión el equipo debe mantenerse a una temperatura constante. Para mejores resultados la temperatura de la pasta debe estar cerca de  $48.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , si la masa sale demasiado caliente (alrededor de  $60.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), la calidad del producto final puede verse dañada.

Una prensa moderna de cortado está equipada con un cuchillo rotatorio que roza la superficie del troquel para cortar el producto. La velocidad del cuchillo está controlada por un motor independiente con un control de velocidad. Si existen variaciones en la velocidad de corte del troquel, se pueden tener variaciones en la longitud del producto.

Secado.- El secado es el paso más difícil y crítico para el control del proceso de macarrones. El objetivo del secado es lograr una textura en el producto que tenga de un 12% a un 13% de humedad, de manera que el macarrón esté duro, retenga su color y no se quiebre. Si el secado es muy lento, los macarrones tienden a enmohecerse durante el secado; si se secan rápidamente, la textura de los ingredientes origina que el macarrón se parta. Un ciclo de secado que

...

ha sido utilizado sucesivamente para macarrón es el siguiente: Se tiene un presecado en el cual se expone el producto a una temperatura de 65 °C durante hora y media, comenzando con un 65% de humedad relativa el cual disminuye la humedad de la mezcla de un 35% hasta un 25%. En este punto, el macarrón sometido a un presecado rápido puede crear estrías, las cuales originarían que se quebrara la pasta. El producto se somete al secado final. Si usualmente el secado continuo tiene algunas zonas en las cuales la humedad relativa puede variar con una temperatura constante de 54 °C, se tiene la seguridad de obtener un buen producto. En el proceso de secado el producto se retiene durante hora y media con un 95% de humedad relativa, pasando a una segunda zona que tiene una humedad relativa de 83% durante cuatro horas, después de las cuales el contenido de humedad del macarrón es aproximadamente del 18%, posteriormente se pasa a una tercera zona donde el producto es retenido durante 8 horas con una humedad relativa de 70%. Finalmente el producto es sacado de la secadora, enfriado a temperatura ambiente y cortado a la longitud adecuada [36].

Numerosas investigaciones se han llevado a cabo en el desarrollo de productos "enriquecidos" con el fin de obtener alimentos que proporcionen una mejora en el valor nutritivo y puedan obtenerse a un costo más bajo, algunos ejemplos en el área de pastas son los siguientes: pastas para trigo con 33% de harina de chícharo o

20% de concentrado de harina de chícharo (9); pastas de trigo con queso (10); pastas de trigo adicionadas de concentrados de proteína de pescado, harina de soya, guisantes secos y caseína (11); pastas para sopa elaboradas de mezclas de maíz y trigo (12); pastas para sopa a partir de harina de trigo y harina de soya (13), (14), (15), (16), (17); pastas de maíz y harina de soya obtenidas por extrusión (18); sopas "enriquecidas" con proteína de soya, teniendo como base harina de maíz y adicionadas de leche deshidratada (19).

Trabajos realizados (20), (21), (22), (23), (24), (25); -- muestran que las pastas hechas a partir de mezclas de maíz, trigo y soya revelan una mejora significativa en la calidad de las proteínas del producto terminado. Sin embargo, se recomienda la aplicación de un tratamiento térmico al maíz previo a su utilización para obtener una mejora en las características de gelatinización del almidón.

Por otro lado, los atributos deseables que debe tener un producto para que pueda servir a toda la población mundial son: (2)

- a) Alto valor nutritivo.
- b) Bajo costo
- c) Fácil preparación
- d) No cambiar el patrón alimenticio.
- e) Que sea comparable al producto tradicional con respecto a sabor, textura, aroma y color.

- f) Larga vida de anaquel a condiciones ambientales.
- g) Fácil manejo y almacenado.
- h) Aceptación y uso del producto en todos los niveles sociales de la población y no estar restringido a la gente de bajos recursos.
- i) Que el producto sea usado habitualmente.

Todo lo expuesto anteriormente, nos proporciona una buena base para la elaboración de una pasta para sopa obtenida a partir de una mezcla de trigo-maíz extruído-soya.

#### IV. MATERIAL Y METODOS

---

#### IV. MATERIAL Y METODOS.

##### IV.1. MATERIA PRIMA.

IV.1.1 Sémola de trigo.- Se considera sémola al material que pasa a través de la malla # 30 y se retiene en la malla # 100. Se adquirió en Industrias Rafmex a un costo de \$9.27/Kg en abril de 1982. El costo a enero de 1986 es de \$150.00/Kg.

IV.1.2 Maíz.- Se adquirió en un mercado del Distrito Federal. El costo del maíz en la misma fecha en que se compró la sémola de trigo fué de \$10.00/Kg. El costo del maíz a enero de 1986 es de \$100.48/Kg.

IV.1.3 La harina de soya desgrasada cruda fué adquirida en Industrial de Alimentos a un costo de \$22.32/Kg, considerado en la misma fecha que las materias primas anteriores. El costo a enero de 1986 es de \$188.00/Kg.

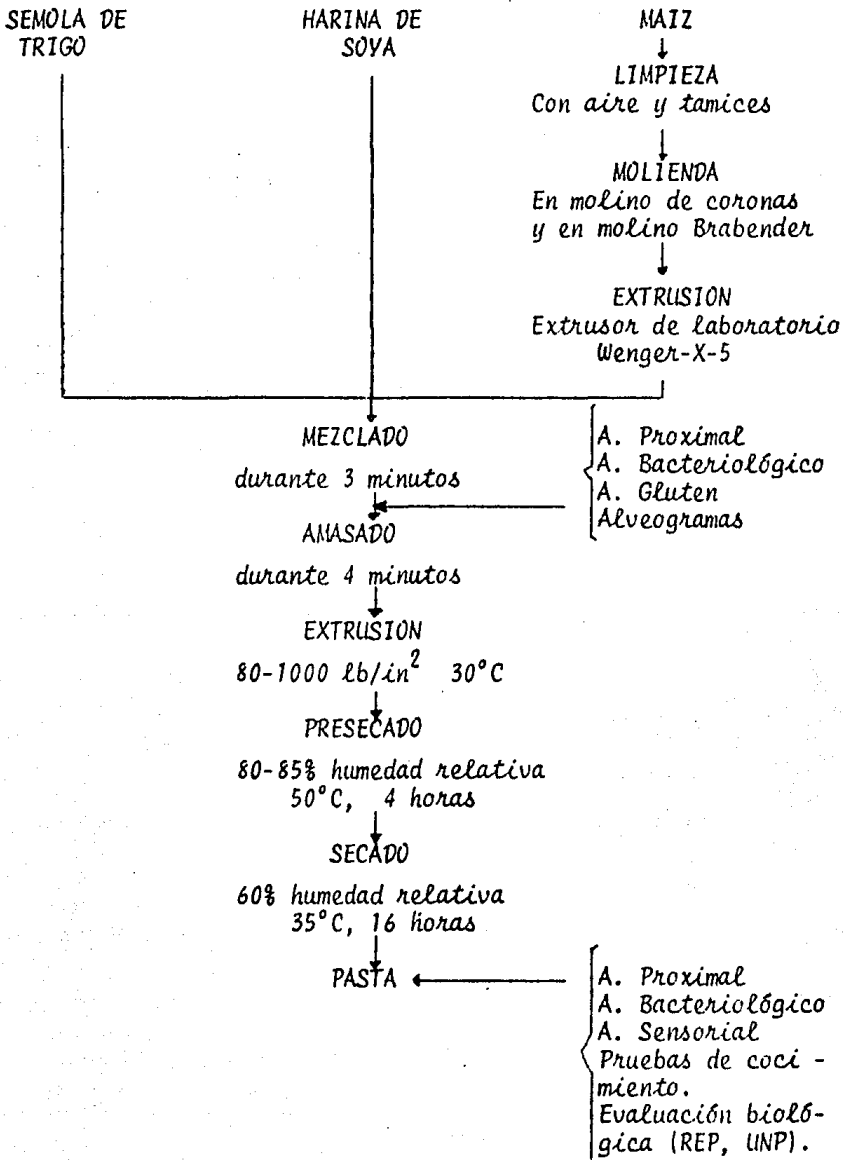
IV.1.4. Cinco pastas para sopa de diferentes marcas comerciales.

##### IV.2. METODOLOGIA.

En la figura No. II se presenta el diagrama que muestra la metodología general de trabajo, que consistió básicamente en:

FIGURA No. II

DIAGRAMA PARA LA OBTENCION DE PASTA PARA SOPA A BASE DE TRIGO-MAIZ EXTRUIDO-SOYA



IV.2.1. Molienda del maíz.- El grano se pasó por un molino de coronas para reducir su tamaño, y posteriormente por un molino-Brabender para obtención de harina.

IV.2.2. Extrusión del maíz.- Esta se llevó a cabo en un extru-sor Wenger-X-5 para alimentos usando un tornillo de canal pro-  
fundo y vuelta constante con una velocidad de 660 r.p.m., un --  
gasto de agua de  $60 \text{ cm}^3/\text{min}$  y una alimentación de harina de 250  
g/min.

El producto se obtuvo en forma de churros, los cuales se dejaron secar a temperatura ambiente y posteriormente se pasaron por un molino Brabender para la obtención de harina.

IV.2.3. Mezclado.- Se prepararon diferentes mezclas de trigo-  
maíz extruído-soya, tal como se muestra en el Cuadro No. VI pa-  
ra determinar el máximo nivel de sustitución posible del maíz.

IV.2.4. Elaboración de la pasta.- Con las mezclas presentadas  
en el Cuadro No. VI se elaboraron en el laboratorio (lotes de 30  
g.) pastas tipo macarrón de acuerdo con el diagrama de flujo que



CUADRO No. VI  
 MEZCLAS DE TRIGO-MAIZ EXTRUIDO-SOYA  
 (g/100 g. de mezcla)

SEMOLA DE TRIGO	HARINA DE MAIZ EZTRUIDO	HARINA DE SOYA
100	0	0
80	20	0
60	40	0
40	60	0
72	20	8
52	40	8
32	60	8

se presenta en la figura No. II

A los macarrones obtenidos se les hizo el alveograma, análisis proximal, pruebas de cocción, gluten y análisis económico y estos resultados se compararon con los obtenidos de cinco pastas comerciales.

Posteriormente se prepararon pastas tipo macarrón (2 lotes de 1.5 kg. cada uno) en las instalaciones de los Laboratorios de Calidad de Trigo del CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo) con un procedimiento similar a las pruebas anteriores.

### IV.3. METODOS DE ANALISIS

IV.3.1. *Análisis proximal.*- Dentro de este análisis se incluyeron las determinaciones de humedad por desecación en la estufa (28), - proteínas por el método Kjeldahl (28), extracto etéreo por el método de Kennedy (28). La determinación de carbohidratos se realizó - por diferencia.

IV.3.2. *Pruebas físicas y funcionales.*-

a) *Determinación de gluten seco.*- Se utilizó el método seguido en el Laboratorio de Calidad de Trigo del CIMMYT, que es el siguiente:

Pesar con exactitud 5g. de harina y colocarlos en un mortero. Agregar 3 ml de agua y mezclar con espátula ancha sin dejar grumos de harina seca en la bola de masa que se forma. Introducir la - bola de masa resultante en un vaso con agua a temperatura ambiente - durante 30 minutos. Transcurrido este tiempo lavar la masa en el -- chorro de la llave para quitar el contenido de almidón hasta que el agua pierda el aspecto lechoso y salga bien clara. Nuevamente introducir las bolitas de masa en un vaso con agua a temperatura ambiente durante 30 minutos. Extraer del agua las bolitas de gluten y deter - minar su elasticidad de acuerdo a la Tabla No. I (que se presenta en el apéndice) \*

Posteriormente, colocar el gluten en una charola, y secarlo a temperatura ambiente durante 10 días. Transcurrido este tiempo, pesar las bolitas de gluten; y los gramos obtenidos en esta determinación relacionarlos a los 5 g. de harina original.

b) Elaboración de alveogramas de las mezclas óptimas (29).- El alveógrafo es un instrumento designado para pruebas de masa para pastas, que por medio de una presión de aire infla una delgada lámina de masa formando una burbuja. El instrumento registra continuamente la presión del aire y el tiempo que transcurre hasta que se rompe la burbuja proporcionando una gráfica representativa de la muestra que se está analizando. El área bajo la curva nos da una idea de la fuerza del gluten, a mayor área, mayor fuerza. La altura máxima de la curva y su longitud son utilizadas como medidas de resistencia contra la deformación (tenacidad) y extensibilidad (P/G).

### Clasificación

Por medio del valor "W" los trigos se clasifican en tres categorías:

1. Superiores de 300; tienen gluten fuerte.
2. Medios de 200 a 300; tienen gluten medio fuerte.
3. Menos de 200; tienen gluten débil.

Para líneas bien balanceadas de gluten fuerte ( $w \geq 300$ ), - la proporción del valor P/G al valor "w" sería aproximadamente 1 a 100. En proporciones mayores de 1 a 100 son trigos tenaces.

Se determinaron alveogramas (por duplicado) a las mezclas - mencionadas en el Cuadro No. VI incluyendo la sémola de trigo. Las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Calidad de Trigo del - CIMMYT en un Alveógrafo Chopin de acuerdo al siguiente método: Se prepara la harina hasta que tenga un contenido final de humedad de 14%, se amasa durante 8 minutos, transcurrido este tiempo se corta en forma de galleta y se deja en reposo en la cámara de fermenta - ción durante 20 minutos. De la cámara de fermentación se pasa a - la prensa, donde se centra la galleta teniendo cuidado de no dañar el gluten, se atornilla perfectamente la prensa y se deja pasar el aire. El análisis termina en el momento en que se rompe la burbuja y manualmente se baja la plumilla hasta la línea base.

La fuerza general de la harina está dada por:

$$W = \frac{K S C}{L}$$

donde:

W = Fuerza general

K = Constante = 1.1

S = Superficie (1)

L = Extensibilidad (2)

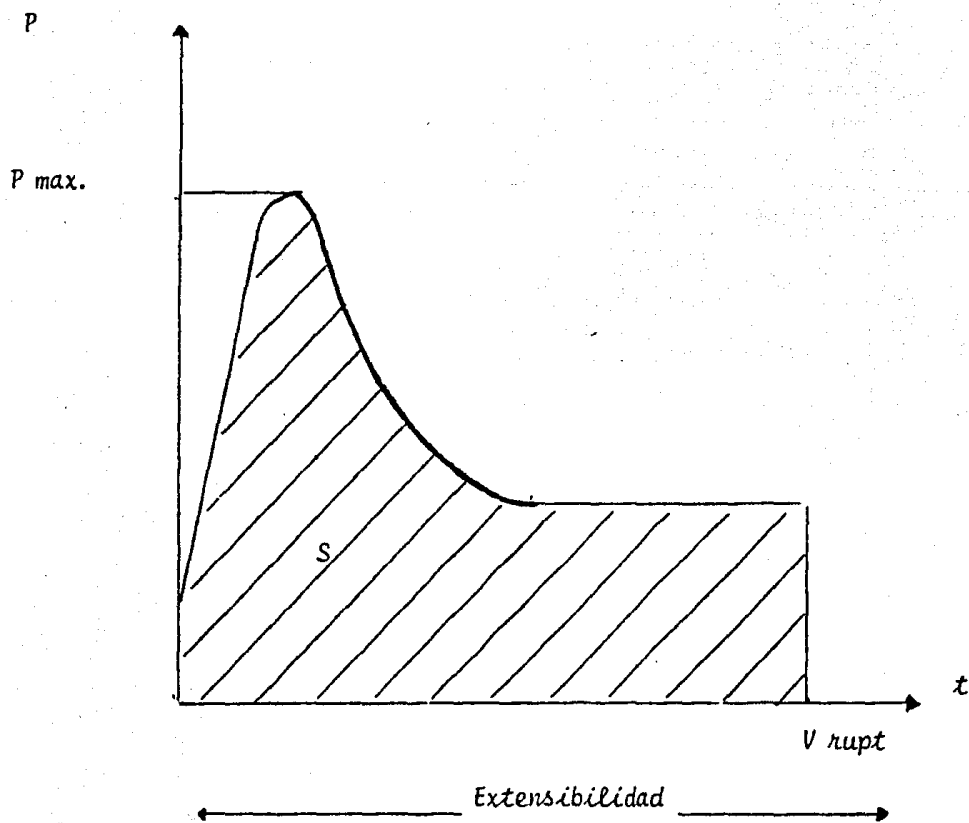
C = Valor de tablas (3)

- (1) Se midió con un planímetro que es un instrumento que permite medir las superficies en  $\text{cm}^2$ .
- (2) Medida de donde principia la curva hasta la línea media marcada entre las dos muestras corridas (ancho)
- (3) Este valor se encuentra con el valor de expansión obtenido en la gráfica.

En la Figura No. III se presenta un alveograma que muestra las variables indicadas anteriormente.

FIGURA No. III

## ALVEOGRAMA DE SEMOLA DE TRIGO



FUENTE: LAUNAY, B., PROPIEDADES REOLOGICAS DE LAS  
MASAS DE HARINA. PAN. No. 378. abril 1985

c) Pruebas de cocción y sólidos en agua de cocinado.- También determinadas de acuerdo al método seguido en el Laboratorio de Calidad de Trigo del CIMMYT que consiste en: colocar 5 g. de pasta en 100 ml de agua en ebullición durante 10 minutos. Transcurrido este tiempo se determina:

1) Peso del macarrón cocido.- El macarrón se escurre perfectamente y se pesa en balanza analítica.

2) Agua absorbida por el macarrón.- El agua sobrante del cocimiento se coloca en una bureta y se mide el volumen en ml. - 100 - Volumen obtenido = agua absorbida por el macarrón.

3) Volumen de macarrón cocido.- En una bureta de 250 ml. - se colocan 100 ml. de agua tibia, se agrega el macarrón cocido y se mide el volumen que alcanza después de los 100 ml.

4) Sólidos desprendidos.- Los sólidos desprendidos en el agua de cocimiento se determinan colocando 50 ml. del agua de cocimiento en un vaso puesto previamente a peso constante, y metiéndolo en una estufa a 100-105°C durante 8 horas. Los sólidos obtenidos se relacionan a los 5 g de la pasta original.

5) Evaluación física y consistencia al tacto.- Se determinó de acuerdo a la Tabla No. II presentada en el apéndice.

IV.3.3. *Evaluación Sensorial.*- Se realizó una prueba de preferencia con una escala hedónica con valores de 1 a 7 donde participaron 15 jueces no entrenados (31). La prueba se hizo con el macarrón cocinado a la manera tradicional.

IV.3.4. *Evaluación biológica de la calidad de la proteína.*- La utilización neta de la proteína (UNP) se realizó de acuerdo a Miller (32); y la determinación de la relación de eficiencia proteica (REP) por el método de Campbell (33).

IV.3.5. *Análisis Estadístico.*- Se aplicó una prueba de Duncan (31) a un nivel de confianza del 95% ( $P \leq 0.05$ ) para los resultados de la evaluación biológica y la evaluación sensorial.

IV.3.6. *Análisis bacteriológico.*- Incluyó la determinación de cuenta de bacterias mesófilas aerobias (34), número más probable de coliformes totales y fecales (34), cuenta de hongos y cuenta de levaduras (34), determinación de *Staphylococcus aureus* (34), y determinación de *Salmonella* (34).

#### IV.4. MATERIAL Y EQUIPO

El material y equipo utilizado para el desarrollo del presente trabajo fue el disponible en: Laboratorio del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la División de Nutrición Experi-



tal y Ciencia de los Alimentos del Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán; Laboratorio de Calidad de Trigo del Centro Internacional del Mejoramiento del Maíz y Trigo. Las especificaciones del material y equipo utilizado se presentan en el apéndice - No. III.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

### COMPOSICION APROXIMADA DE LAS MATERIAS PRIMAS.

En el Cuadro No. VII se presenta la composición en macronutrientes de las diferentes harinas empleadas para la elaboración de la pasta.

#### CUADRO No. VII

#### COMPOSICION APROXIMADA DE LA SEMOLINA DE TRIGO, HARINA DE MAIZ EXTRUIDO Y HARINA DE SOYA (g/100g)

DETERMINACION	SEMOLA DE TRIGO	HARINA DE MAIZ	HARINA DE SOYA DESGRASADA
Humedad	13.66	9.04	6.97
Cenizas	1.57	1.54	7.75
Extracto etéreo	0.85	5.27	1.44
proteínas (N x factor)	9.91 <sup>(1)</sup>	8.72 <sup>(2)</sup>	43.28 <sup>(3)</sup>
Fibra cruda	0.60	2.46	5.24
Carbohidratos <sup>(4)</sup>	73.41	72.97	35.32

(1) Factor 5.70

(2) Factor 6.25

(3) Factor 5.71

(4) Por diferencia.

En general puede decirse que los datos de composición de las materias primas analizadas concuerdan con los informados en la bibliografía (8), (35), (38). El alto contenido de fibra cruda en la harina de maíz se puede explicar del hecho de que esta harina se obtuvo a partir del grano integral. El porcentaje de grasa de la harina de soya es bajo comparado con el reportado por Wolf (8), sin embargo resulta lógico ya que la harina de soya que se utilizó era desgrasada. Además de estos datos se puede apreciar que debido a su alta concentración de proteína el uso de harina de soya en una mezcla de trigo y maíz incrementaría apreciablemente el contenido en este nutrimento.

A las mezclas presentadas en el Cuadro No. VI se les determinó el aminograma teórico, así como el porcentaje de desviación de los aminoácidos esenciales con respecto al patrón FAO/OMS 1973. Estos datos se presentan en el Cuadro No. VIII.

De estos valores se puede hacer las siguientes observaciones; al substituir un porcentaje de harina de trigo por harina de maíz se aprecia un incremento en el contenido de aminoácidos, y a medida que este porcentaje de harina de maíz aumenta, el incremento de los aminoácidos es mayor, siendo importantes los obtenidos de leucina y de los azufrados (met + cis) sobre todo en la mezcla (40-60-0) en donde se tiene un incremento del 55.73% y 13.81% res

C U A D R O No. VIII

CONTENIDO DE AMINOACIDOS ESENCIALES DE LAS MEZCLAS PREPARADAS (g. del aminoácido por 100 g. de proteína) Y PORCIENTO DE DESVIACION CON RESPECTO A PATRÓN FAO/OMSS 1973.

	PATRÓN PROVISIONAL FAO/ OMS 1973	T - M - S 80- 20 - 0		T - M - S 60- 40 - 0		T - M - S 40- 60 - 0		T - M - S 72- 20 - 8		T - M - S 52- 40 - 8		T - M - S 32- 60 - 8	
		g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
Lisina	5.50	2.77	50.47	2.79	50.76	2.80	51.05	3.07	55.97	3.09	56.26	3.10	56.53
Isoleucina	4.00	4.22	105.55	4.27	106.85	4.32	108.15	4.29	107.41	4.34	108.71	4.40	110.01
Treonina	4.00	3.09	77.30	3.29	82.35	3.49	87.4	3.17	79.40	3.37	84.45	3.58	89.50
Valina	5.00	4.68	93.68	4.77	95.56	4.87	97.44	4.73	94.65	4.82	96.53	4.92	98.41
Leucina	7.00	7.93	113.40	9.17	131.08	10.41	148.77	8.03	114.73	9.26	132.42	10.50	150.10
Triptofano	1.00	1.12	112.40	0.99	99.00	0.87	87.00	1.12	112.00	1.00	100.00	0.87	87.00
Metionina + Cis	3.50	1.59	42.42	1.66	47.42	1.73	49.42	1.56	44.83	1.63	46.83	1.70	48.83
Fenilalanina + Tir	6.00	4.81	80.3	4.76	79.43	4.71	78.56	4.81	80.30	4.76	79.43	4.71	78.56

pectivamente, comparados con los reportados para el trigo (cuadro No. 1) por otro lado, se puede observar que los contenidos de lisina y triptofano no sufren un aumento importante, ya que el contenido de estos aminoácidos en harina de trigo y harina de maíz son casi los mismos (Cuadro No. 1). Sin embargo, es importante notar que al preparar estas mezclas no se tendría un decremento en estos aminoácidos.

Comparando los resultados de las mezclas (80-20-0) (60-40-0) y (40-60-0) con los valores del patrón FAO/OMS 1973, se observa que con excepción de los aminoácidos lisina y azufrados (met + cis), todos los demás presentan un porcentaje de desviación mayor del 75%, lo que nos indica una buena calidad de proteína.

El contenido de lisina de la harina de soya es significativamente mayor que el reportado para las harinas de trigo y de maíz (6.54, 2.76, 2.84 gramos del aminoácido por 100 gramos de proteína, respectivamente, Cuadro No. 1), sin embargo, este aminoácido no aumenta en gran medida al adicionar a las mezclas de trigo y maíz 8% de harina de soya, no obstante, un incremento mayor de harina de soya a la mezcla traería consigo un aumento sensible del costo del producto, así como un decremento de sus características organolépticas.

Los niveles de triptofano se mantienen muy similares a los

reportados para la harina de trigo (Cuadro No. I), y con respecto a los aminoácidos restantes, su contenido se ve incrementado aún más que en las mezclas a las que sólo se adicionó harina de maíz, siendo importantes los incrementos de isoleucina y leucina.

El análisis de los datos reportados en el Cuadro No. VIII - nos permite pensar que al elaborar las pastas alimenticias con - las mezclas propuestas se obtendrán pastas de una buena calidad - proteínica (evaluándolas por medio de pruebas biológicas PER, UNP) en relación a una pasta elaborada de sémola de trigo.

#### - ANALISIS MICROBIOLOGICO.

Los resultados del análisis microbiológico realizado a las - materias primas, se presentan en el Cuadro No. IX.

La cuenta de bacterias mesofílicas aerobias y la cuenta de - hongos reportadas en el Cuadro No. IX para la harina de maíz, es - alta, sin embargo estos datos resultan congruentes si se piensa en que esta harina se obtuvo del grano entero, los cuales en su parte exterior contienen algunos componentes de la flora natural que se - encontraba sobre ellos durante el crecimiento, además de otros con - taminantes procedentes del suelo. La harina de maíz contiene a me - nudo de 5000 a 7000 bacterias por gramo, y de 1000 a 400 000 mohos (39), por lo cual los resultados obtenidos quedan dentro de los in - tervalos reportados por literatura.

## C U A D R O No. IX

## CUENTA DE MICROORGANISMOS DE LAS MATERIAS PRIMAS

(col/g)

DETERMINACION	SEMOLA DE TRIGO	HARINA DE MAIZ	HARINA DE SOYA
Cuenta de bacterias mesofílicas aerobias <sup>(1)</sup>	50	$15 \times 10^3$	$13 \times 10^3$
Cuentas de hongos <sup>(2)</sup>	12	$1.5 \times 10^3$	180
Cuenta de levaduras	cero	cero	cero
NMP Coliformes totales	cero	145	15
NMP Coliformes fecales	cero	cero	cero
Salmonella <sup>(4)</sup>	negativa	negativa	negativa
<u>Staphylococcus aureus</u>	negativa	negativa	negativa

(1) En placas de agar para métodos estandar incubadas 40 horas a 35-37°C.

(2) En placas de agar-papa-dextrosa acidificadas incubadas 5 días a 22°C.

(3) En placas de agar-papa-dextrosa acidificadas incubadas a 35°C durante 48 horas.

(4) En 25 g. de muestra.

...



Los resultados obtenidos para la harina de soya, aunque son un poco menores que para la harina de maíz, también se consideran altos.

La contaminación en la sémola de trigo es muy baja, pero como va mezclada con las harinas de maíz y soya se puede pensar en un producto final con alta contaminación, ya que las condiciones para la elaboración de la pasta no son lo suficientemente drásticas para destruir un número significativo de microorganismos.

#### - ELABORACIÓN DE LA PASTA.

Los resultados obtenidos de la evaluación física y de consistencia al tacto de las pastas elaboradas con diferentes mezclas de trigo-maíz extruído-soya se presentan en el Cuadro No. X.

Como puede observarse de estos resultados, con la substitución de un porcentaje de harina de trigo por la harina de maíz (mezclas 80-20-0; 60-40-0; 40-60-0) los valores de agua absorbida por el macarrón, peso del macarrón cocido y volumen de macarrón cocido, disminuyen a medida que aumenta el porcentaje de substitución de la harina de trigo, lo que nos indica que aún con la extrusión, la harina de maíz no iguala las características de elasticidad y extensibilidad presentadas por la harina de trigo. Los sólidos desprendidos aumentan a medida que se aumenta el porcentaje de substitución de la harina de trigo, valores que se reflejan en la evaluación de consistencia al tac-

CUADRO No. X

EVALUACION FISICA Y CONSISTENCIA AL TACTO DE LAS PASTAS ELABORADAS  
CON MEZCLAS DE TRIGO-MAIZ EXTRUIDO-SOYA<sup>(1)</sup>

MEZCLAS Trigo-Malz-Soya	Agua absorbida x el macarrón (ml)	Peso de macarrón cocido (g)	Volumen de ma- carrón cocido (ml)	Evaluación de Consistencia al tacto	Sólidos desprendidos (g)
100 - 0 - 0	25.00	21.24	21.00	10 (Muy buena)	0.72
80 - 20 - 0	21.00	18.70	19.00	8 (Buena)	0.80
60 - 40 - 0	19.00	15.68	12.00	7 (Regular).	0.85
40 - 60 - 0	18.00	15.18	16.00	5 (Mala)	0.99
72 - 20 - 8	21.00	17.97	21.00	8 (Buena)	0.80
52 - 40 - 8	19.00	15.04	13.00	7 (Regular)	0.91
32 - 60 - 8	15.00	13.35	12.00	5 (Mala)	0.99

(1) Los resultados están en base a una muestra de 5 g. de pasta.

to, como en la pasta elaborada con la mezcla (40-60-0) cuya consistencia puede considerarse mala.

La adición de un 8% de harina de soya a las mezclas anteriores, no mejora las pruebas de cocción, ya que todos los valores son muy similares a los obtenidos para las mezclas en que sólo se han substituído harina de maíz.

En resumen, en comparación con la pasta elaborada de harina de trigo, sólo las mezclas (80-20-0) y (72-20-8) presentan buenas características de cocción.

El porciento de gluten seco, y el porciento de proteína se presentan en el Cuadro No. XI.

El gluten está formado por dos proteínas, la gliadina y la glutenina. La característica principal de estas proteínas es que son insolubles en agua. El gluten es elástico y se hincha, propiedades que son de gran valor en la preparación del pan, pastas y otros productos.

## C U A D R O No. XI

PORCIENTO DE GLUTEN SECO Y PORCIENTO DE PROTEINA DE LAS PASTAS  
ELABORADAS CON MEZCLAS DE TRIGO-MAIZ EXTRUIDO-SOYA.

M E Z C L A S	PROTEINA (g/100 g de harina) (1)	GLUTEN seco %
100 - 0 - 0	9.91	8.42
80 - 20 - 0	9.60	6.70
60 - 40 - 0	9.40	5.04
40 - 60 - 0	9.10	3.36
72 - 20 - 8	12.34	6.09
52 - 40 - 8	12.10	4.35
32 - 60 - 8	11.86	2.69

(1) Nitrógeno por factor. Factor = 6.25

En el Cuadro No. XI, como era de esperarse, se puede ver a medida que aumenta el porciento de substitución de harina de trigo en las mezclas se tiene un decremento del porciento del gluten, y - éste disminuye aún más con la adición del 8% de harina de soya, -- obteniéndose un valor casi nulo en la mezcla (32-60-8).

Sin embargo, las mezclas (80-20-0) y (72-20-8) presentan un porcentaje de gluten comparable al de la sémola de trigo. Con respecto al porcentaje de proteína, las mezclas elaboradas con un 8% de harina de soya, son las que tienen un valor más alto, lo cual nos indica la mejora significativa que tiene la adición de esta harina a las mezclas.

Posterior a estas pruebas se realizaron los alveogramas de las mezclas. El alveógrafo evalúa la fuerza y tipo del gluten de la harina según las características de la masa. Mediante este análisis se pueden determinar las características del gluten que son: la elasticidad y la tenacidad. El gráfico que presenta se llama -- alveograma. Por medio de esta guía valiosa, se pueden seleccionar trigos harineros de gluten fuerte, intermedio, débil y bien balanceado.

Los alveogramas de sémola de trigo, mezcla (80-20-0) y mezcla (72-20-8) se presentan en la Figura No.IV.

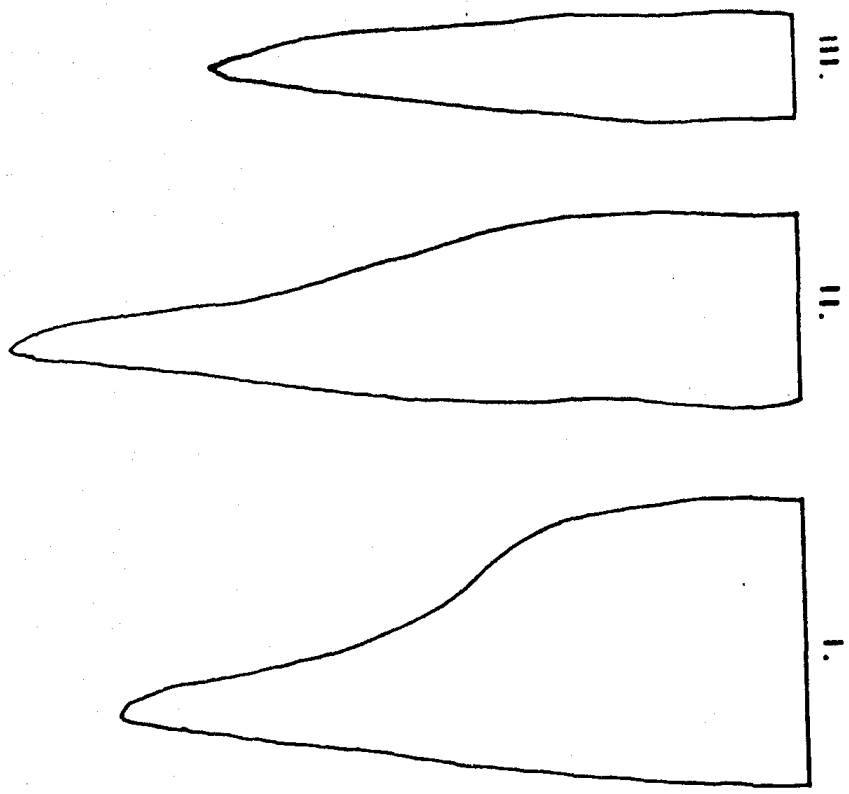
Los valores de "W" de los alveogramas fueron los siguientes:

Sémola de trigo	W = 244.77	(gluten medio fuerte)
Mezcla (80-20-0)	W = 205.75	(gluten medio fuerte)
Mezcla (72-20-8)	W = 88.92	(gluten tenaz)

FIGURA No. IV

ALVEOGRAMAS DE SEMOLA DE TRIGO Y MEZCLAS DE TRIGO-MAIZ EXTRUIDO-SOYA  
( 80 - 20 - 0 ) ( 72 - 20 - 8 )

- I. Sémola de trigo.
- II. Mezcla ( 80-20-0 )
- III. Mezcla ( 72-20-8 )



No fue posible obtener alveogramas de las mezclas restantes (Cuadro No. VI), ya que al momento de inflar la masa en el alveógrafo, ésta se rompió sin posibilidad de obtener ninguna figura. Esto puede explicarse del hecho de que a medida que se aumenta el por ciento de substitución de harina de trigo por harina de maíz extruído, se tiene un incremento en el contenido de almidón dañado, presentándose en estas mezclas la necesidad de agregar una mayor cantidad de agua que la que se tenía establecida, dándonos como resultado masas que presentan una gran fuerza y tenacidad.

Para seleccionar la mejor mezcla, se procedió a realizar la prueba de Friedman, para lo cual se agruparon todos los resultados en el Cuadro No. XII. Esta prueba se basa en que cuando se tiene la necesidad de un análogo no-paramétrico el análisis de varianza con un sólo criterio de clasificación, también puede ser necesario analizar los datos en una clasificación con dos criterios, mediante métodos no-paramétricos análogos al análisis de varianza con dos criterios de clasificación. Puede surgir esa necesidad debido a que no se satisfacen las suposiciones necesarias para el análisis paramétrico de la varianza, porque la escala de medición empleada es débil o porque los resultados se necesitan rápidamente. Esta prueba es apropiada siempre que los datos se miden, al menos, en una escala ordinal y pueden arreglarse significativamente en una clasificación con dos criterios (37).

CUADRO No. XII  
RESUMEN DE ANALISIS DETERMINADOS A LAS DIFERENTES MEZCLAS

	AMINOGRAMA			Proteína Total. (%)	GLUTEN		Alveo gramá (“w”)	PRUEBAS DE COCCION					
	Triptofano g/100 g Proteína	Lisina g/100 g Proteína	Metionina g/100 g Proteína		Gluten (g)	Gluten seco (%)		Peso de macarrón (g)	Volumen de macarrón cocido (ml)	Agua Absorbida por macarrón (ml)	Desaparición del Nucleo.	Consistencia al tacto.	Sólidos Desprendidos. (g)
Trigo	1.25	2.76	1.52	9.91	0.421	8.42	244.77	21.24	21.00	25.00	Sí	10	0.72
Maíz	0.62	2.84	1.87	8.72	N.D.	N.D.	Tenaz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Soya	1.31	6.54	1.26	43.3	N.D.	N.D.	Tenaz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
80-20-0	1.12	2.77	1.59	9.4	0.335	6.70	205.75	18.70	19.00	21.00	No	8	0.80
60-40-0	0.99	2.79	1.66	9.2	0.252	5.04	Tenaz	15.68	12.00	19.00	Sí	7	0.85
40-60-0	0.87	2.80	1.73	8.9	0.167	3.36	Tenaz	15.18	16.00	18.00	No	5	0.99
72-20-8	1.12	3.07	1.56	12.1	0.304	6.09	88.92	17.97	21.00	21.00	Sí	8	0.80
52-40-8	1.00	3.09	1.63	11.7	0.217	4.35	Tenaz	15.04	13.00	19.00	Sí	7	0.91
32-60-8	0.87	3.10	1.70	9.9	0.134	2.69	Tenaz	13.35	12.00	15.00	No	5	0.99

N.D. = No determinado.



Prácticamente el primer paso es sumar los rangos dentro de cada columna (tratamiento). Estas sumas son los  $R_j$ , una estadística de prueba, denotada por Friedman como  $Xr^2$  se calcula como sigue:

$$Xr^2 = \frac{12}{nK(K+1)} \sum_{j=1}^k (R_j)^2 - 3n(K+1)$$

Donde:

$n$  = número de bloques (renglones)

$K$  = número de columnas (tratamientos)

Consultando tablas se encuentra la probabilidad de el valor  $Xr^2$  obtenido, y en consecuencia se puede rechazar una hipótesis nula y concluir cual prueba se prefiere y si hay alguna otra que se prefiera igualmente.

Después de aplicar esta prueba a los resultados presentados en el Cuadro No. XII se concluyó que las mezclas óptimas para la preparación de las pastas a nivel piloto fueron: (80-20-0) y (72--20-8).

Una vez seleccionadas las mezclas, se prepararon a partir de ellas pastas tipo macarrón en lotes de 1.5 kg c/u en el Laboratorio de Calidad de Trigo del Centro Internacional de Mejoramiento del -

Maíz y Trigo. Junto con estas pastas, también se preparó una pasta de sémola de trigo.

Los resultados del análisis bromatológico, incluyéndose en esta prueba una pasta de trigo comercial, se presentan en el Cuadro No. XIII.

Como era de esperarse, el porciento de proteína es muy similar en la sémola utilizada y en la pasta comercial de trigo; encontrándose que este valor es mayor en las mezclas preparadas, sobre todo en la mezcla que contiene 8% de harina de soya en donde se tiene un incremento del 40.3% y 43.06% con respecto a las pastas de sémola de trigo y comercial, respectivamente.

Con respecto al porciento de cenizas, este valor es muy alto en las pastas elaboradas de las mezclas (80-20-0) y (72-20-8), Esto se debe a que tanto la harina de maíz como la de soya presentan un alto contenido de este componente.

Los porcentos de humedad, extracto etéreo, y fibra cruda, son muy similares en todas las pastas, no así el porciento de carbohidratos que baja considerablemente en las pastas preparadas a partir de las mezclas (80-20-0) y (72-20-8).

Las pruebas de cocción de las pastas elaboradas con las mezclas seleccionadas, con sémola de trigo, y de una pasta comercial, se presentan en el Cuadro No. XIV.

C U A D R O No. XIII

COMPOSICION APROXIMADA DE LAS PASTAS DE TRIGO Y DE LAS PASTAS DE LAS MEZCLAS

(80-20-0) y (72-20-8)

	PASTA DE SEMOLA DE TRIGO	PASTA DE MEZCLA. (80-20-0)	PASTA DE MEZCLA. (72-20-8)	PASTA COMERCIAL DE TRIGO	NORMA OFICIAL MEXICANA (3)
Humedad	14.02	11.67	12.01	13.48	14.0 max.
Cenizas	1.55	10.11	9.94	1.59	0.7 max.
Extracto etéreo	0.88	1.58	1.45	0.87	0.25 min.
Proteínas (N x factor) (1)	9.85	10.67	13.82	9.66	9.50 min.
Fibra cruda	0.70	0.95	1.05	0.53	---
Carbohidratos (2)	73.00	65.02	61.73	73.87	---

(1) Factor = 6.25

(2) Por diferencia.

(3) NOM F 23 S 1979 (DGN)

C U A D R O No. XIV

EVALUACION FISICA Y CONSISTENCIA AL TACTO DE LAS PASTAS ELABORADAS CON LAS MEZCLAS SELECCIONADAS Y DE LAS PASTAS DE TRIGO<sup>(1)</sup>

	AGUA ABSORBI DA POR EL MA CARRON. (ml)	PESO DE MA- CARRON COCI DO. (g)	VOLUMEN DE MACARRON - COCIDO. (ml)	EVALUACION DE CONSISTENCIA AL TACTO.	SOLIDOS DESPRENDIDOS (g)
Sémola de Trigo.	23.00	20.49	22.00	9 (Buena)	0.76
Mezcla (80-20-0)	21.50	19.86	20.00	8 (Buena)	0.79
Mezcla (72-20-8)	22.00	20.25	22.00	9 (Buena)	0.76
Pasta Comercial	28.00	22.27	21.00	9 (Buena)	0.78

(1) Los resultados están en base a una muestra de 5 g de pasta.

Todos los resultados obtenidos en este análisis son muy similares para todas las pastas. El agua absorbida por el macarrón es un poco mayor en la pasta comercial, sin embargo, este valor no afecta la evaluación de consistencia al tacto, pues como en todas las pastas la evaluación final fue buena. De los resultados de las pastas elaboradas de mezclas, se puede ver que la que presenta mejores características es la pasta preparada con la mezcla (72-20-8), sin embargo, como se comentó anteriormente, la diferencia es mínima y también la pasta elaborada a partir de la mezcla (80-20-0), tiene características aceptables.

Comparando los resultados del Cuadro No.XIV con los presentados en el Cuadro No. X (evaluación de las pastas preparadas a nivel laboratorio, en lotes de 30.0 g) se puede ver que el peso del macarrón cocido y el volumen de macarrón cocido es mayor en las pastas elaboradas de las mezclas (80-20-0) y (72-20-8), y se tiene una disminución en el porcentaje de sólidos desprendidos, Esto puede deberse a que las pastas que se presentan en el Cuadro No.XIV se elaboraron en lotes mayores que las anteriores, y por tanto el proceso es diferente, dándonos mejores resultados estas últimas.

Por otro lado, el tener resultados tan similares con respecto a una pasta comercial, nos permite concluir que la calidad de nuestros productos es buena.

Posterior a estas pruebas se procedió a la elaboración de las dietas para la determinación de las pruebas biológicas (PER y UNP). Las dietas se prepararon ajustando el porcentaje de proteína y el porcentaje de grasa (análisis en base seca) de las harinas, y aumentando vitaminas, sales, celulosa y carbohidratos, preparándose de la misma manera para todas las harinas.

Se emplearon 40 ratas hembras, recién destetadas, de 22 días de nacidas. Los resultados de las pruebas biológicas se presentan en el Cuadro No. XV. Las pruebas se realizaron a partir de las pastas crudas. Todas las ratas sobrevivieron hasta el final del análisis, con excepción de dos ratas que murieron antes de que se concluyera el mismo (una con dieta de pasta comercial y otra con dieta de mezcla 72-20-8).

De los resultados presentados en el Cuadro No. XV, se puede ver que la pasta elaborada a partir de la mezcla (80-20-0), presenta un porcentaje de eficiencia proteica (PER) mayor que el obtenido para la pasta comercial (47.8% más), y una utilización neta de la proteína (UNP) también mayor, teniendo para este parámetro un incremento del 12.0%. Los valores de PER y UNP de esta pasta, con respecto a los de la caseína fueron de 43.79% y 54.79% respectivamente.

...

RELACION DE EFICIENCIA PROTEICA Y UTILIZACION NETA DE LA PROTEINA DE LAS PASTAS  
ELABORADAS CON LAS MEZCLAS SELECCIONADAS, Y DE LA PASTA COMERCIAL

PRODUCTO (1)	PROTEINA EN LA DIETA	P E R	PER COMO % DEL PER DE CASEINA	U N P	UNP COMO % DEL UNP DE CASEINA.
Mezcla (80-20-0)	8.22	1.43 ± 0.40	43.79	27.83 ± 6.24	54.79
Mezcla (2) (72-20-8)	9.51	2.37 ± 0.26	72.27	39.91 ± 4.31	78.56
PASTA (2) COMERCIAL	8.00	0.97 ± 0.17	29.63	24.85 ± 5.46	48.93
CASEINA	9.69	3.28 ± 0.28	100.00	50.80 ± 3.53	100.00

(1) Todas las determinaciones se realizaron con las pastas crudas.

(2) 9 ratas sobrevivientes.

(3) Desviación estandar.

Los resultados obtenidos para la pasta elaborada a partir de la mezcla (72-20-8) son aún mejores, pues los incrementos en los valores de PER y UNP son de 65% y 89.3%, respectivamente, con respecto a la pasta comercial, y con respecto a la caseína son de 72.27% y 78.56% respectivamente.

Los resultados discutidos ratifican lo que se mencionó anteriormente, que una substitución del 8% de harina de soya desgrasada en una mezcla para preparar una pasta alimenticia, aumenta de manera considerable la relación de eficiencia proteica (PER) y la utilización neta de la proteína (UNP), en comparación con una pasta convencional preparada a partir de sémola de trigo.

De estos resultados se desprende que con los niveles de substitución de trigo probados, se logró una mayor cantidad (Cuadro No. XII) y una mejor calidad (Cuadro No. XIV) proteica, lo cual, como se comentó anteriormente, puede representar una alternativa para mejorar la calidad nutricia de la dieta de la población.

De los resultados arrojados por la prueba de evaluación sensorial, misma que consistió en una prueba de preferencia con escala hedónica de 1 a 7, se puede decir que no se encontró diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre las pasta elaboradas con las mezclas (80-20-0), (72-20-8), y la pasta de sémola de trigo.

Los resultados del análisis microbiológico realizado a las pastas elaboradas, se presentan en el Cuadro No. XVI.



## C U A D R O No. XVI

## CUENTA DE MICROORGANISMOS DE LAS PASTAS OBTENIDAS Y LA NORMA OFICIAL MEXICANA (Col/g)

DETERMINACION	MEZCLA	MEZCLA	NORMA OFICIAL MEXICANA (5)
Cuenta de bacterias mesofílicas aerobias (1)	$18 \times 10^3$	$21 \times 10^3$	---
Cuenta de hongos (2)	800	900	100 col/g max.
Cuenta de levaduras (3)	450	520	20 col/g max.
NMP Coliformes totales	12	23	---
NMP Coliformes fecales	cero	5	cero
Salmonella (4)	negativo	negativo	negativo
<u>Staphylococcus aureus</u>	negativo	negativo	negativo

(1) En placas de agar para métodos estandar incubadas 40 horas a 35-37°C

(2) En placas de agar-papa-dextrosa acidificadas incubadas 5 días a 22°C

(3) En placas de agar-papa-dextrosa acidificadas incubadas a 35°C durante 48 horas.

(4) En 25 g. de muestra.

(5) NOM F 23 S 1979 (DGN).

La cuenta de microorganismos de ambas pastas es muy superior a los presentados por la Norma Oficial. Esto puede deberse, a la carga inicial de microorganismos que presentaron las diferentes materias primas.

El análisis económico de las mezclas se presenta en el Cuadro No. XVII. Estos datos se obtuvieron de los costos de la materia prima a enero de 1986 que son los siguientes: trigo \$150.00/Kg; Maíz - \$100.48/Kg + \$20.00/Kg como costo de extrusión = \$120.48/Kg; y soya \$188.00/Kg.

C U A D R O No. XVII  
ANALISIS ECONOMICO DE LAS MEZCLAS

FORMULACION (trigo-maíz extruido-soya)	COSTO ( \$ / Kg )
Sémola de trigo	\$ 150.00
80-20-0	\$ 144.10
60-40-0	\$ 138.19
40-60-0	\$ 132.29
72-20-8	\$ 147.14
52-40-8	\$ 141.23
32-60-8	\$ 135.33

Como se puede observar de los datos anteriores, ninguna de las mezclas sobrepasa el costo por Kg de la sémola de trigo, - lo cual es un factor muy importante, ya que se puede elaborar - una pasta para sopa con alguna de las mezclas anteriores, sin te ner pérdida económica en la manufactura de la misma.

## CONCLUSIONES

## C O N C L U S I O N E S

- Los resultados de los alveogramas muestran que el maíz presenta un gluten muy fuerte y muy tenaz, no formando el gluten visco-elástico que presenta la sémola de trigo.
- El aumento de 20% de harina de maíz extruído en mezclas de trigo-soya para pastas alimenticias no altera las pruebas de cocción ni las características organolépticas del producto final, por lo que esta harina puede emplearse como "suplementación" de mezclas de trigo-soya para pastas alimenticias.
- Por otro lado, al substituir un 20% de harina de trigo por harina de maíz extruído en una mezcla para la elaboración de pastas alimenticias, no se incrementa el porciento de proteína, sin embargo, se eleva el valor nutritivo de las mismas, obteniéndose valores de PER y UNP de 43.79% y 54.79%, respectivamente, con relación a un 100% de caseína.
- La substitución de un 20% de harina de trigo por harina de --maíz extruído no altera el costo de la materia prima empleada para la elaboración de pastas alimenticias.
- Las propiedades de tenacidad y elasticidad presentadas por la sémola de trigo, se ven alteradas al substituir 8% de ésta por harina de soya, ya que al emplearla, tenemos como resultado un gluten muy tenaz.

- Las pruebas de cocción y las características organolépticas del producto final, no se ven alteradas al utilizar 8% de - harina de soya en mezclas de trigo-maíz extruído.
- La adición de 8% de harina de soya a la sémola de trigo empleada para la preparación de pastas alimenticias, incrementa de manera importante el valor nutritivo de éstas (72.27% y 78.56% de PER y UNP, respectivamente, con respecto a 100% de caseína).
- El uso de 8% de harina de soya en mezclas de trigo-maíz extruído, no altera el costo de las mismas, por lo que el uso de esta harina, en este porcentaje, no es una restricción para su empleo.

## BIBLIOGRAFIA

-----

## B I B L I O G R A F I A

---

- 1.- Caffera Rodolfo. *Importancia del mejoramiento de los cereales*. Revista Internacional de la Bolsa de Cereales. enero. - 1970.
- 2.- Clausi, A.S. *Cereal grains and dietary protein sources for developing highly acceptable high protein foods*. Food Technology 25:821. 1971.
- 3.- Ramírez H.J. y Chávez A. "Un examen de los abastecimientos de alimentos en México" Pub. de la División de Nutrición. - INN. 1980.
- 4.- Cañedo Castañeda Juan. *El cultivo del maíz, su origen, importancia y usos*. Ciclo de Seminarios. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 1974.
- 5.- Peterson, R.F. *Wheat botany, cultivation and utilization*. Publishers Inc. New York E.E.U.U. 1965. 422 p.
- 6.- Aykroyd, W. R. Doughty. *El trigo en la alimentación humana*. Organización de las Naciones Unidas, para la agricultura y alimentación. Roma. 1970. 185 p.
- 7.- *Agricultural Statistics*. 1976. United States Department of Agriculture, Washington, D.C.
- 8.- Wolf W. J. *Proteínas comestibles de la soya y sus usos*. Seminario sobre suplementación con proteína de soya, Jamaica. - "Bureau of Standards". Kingston, Jamaica. septiembre. 29-30 1977.



- 9.- Nielsen, M.A.; Summer, A.K.; Whalley, L.L. Fortification of pasta with pea flour and air-classified pea protein concentrate. *Cereal Chemistry* 57. 1980. 203-206
- 10.- Saal, H. *American Dairy Review*. 36. (4).42-43.1974.
- 11.- Department of Nutrition of Uppsala sweden. Nutritional Evaluation of emergency food mixtures based on wheat supplemented by different protein concentrates. *Nutrition Reports International*. 9.(2).1974. 169-177.
- 12.- Leitao, R.F.; Vitti, P.; Angelucco, E. Corn flour utilization in macaroni. *Coletanea do Instituto de Tecnologia de Alimentos*. 3.325-336. (1969/1970).
- 13.- Laignelt, B.; Feillet, P.; Kadane, V.V. Characteristics of high protein spaghettis supplemented with soy proteins IV. - *International Congress of Food Science and Technology*. 8b.- 31-33.1974.
- 14.- Morad, M.M.; El-Magoli, S.B.; Macaroni supplemented with lupin and defatted soybean flour. *Journal of Food Science*. 45.(2). 404-405.1980.
- 15.- Dutescu, F.; Motoc, L.; Lonescu, I.V. Effect of soya flour-addition in dough making. *Industria Alimentaria*. 25.(1) 24-25.1974.
- 16.- Leitao, R.F.; Vitti, P.; Ferreira, V.P. Macaroni enriched with soy protein. *Coletanea do Instituto de Tecnologia de Alimentos*. 6. (2).351-360.1975.
- 17.- Fellers, D.A.; Mechman, O.K.; Bean, M.M.; Soy fortified wheat flour blend I. *Cereal Food World*. 21. 75-97; 81-82. - 1976.

- 18.- Lorenz, K.; Jansen, G.R.; Harper, J.; Nutrient Stability of full-fat soy flour and composoy blends produced by low-cost extrusion. *Cereal Foods World*. 25. (4) 161-162; 171-172. 1981
- 19.- Santi, F.R.; Soy protein foods in US assistance programs. -- *Journal of the American oil Chemist Society*. 51. (1). 138A-140A. 1974.
- 20.- Buckle, T.S. de; Cabrera J.A.; Pardo, H.; Sandoval, A. M. de; Enriched pasta products made from composite flours. *Revista del Instituto de Investigaciones Tecnológicas*. 17. (98). 32-61. 1975.
- 21.- Molina, M.R.; Mayorga, I.; Bressani, R.; Production of high protein quality pasta products using a semolina-corn-soy flour mixture II. *Cereal Chemistry*. 53. (1). 134-140. 1976.
- 22.- Molina, M.R.; Mayorga, I.; Bressani, R.; Production of high protein quality pasta products using a semolina-corn-soy flour mixture I. *Técnica Molitoria*. 28. (2). 95-101. 1977.
- 23.- Chávez, G.O.; Buckle, T.S. de; Cabrera, J.A.L.; Experimental production of soy flour for partial substitution of wheat in enriched pasta. *Revista del Instituto de Investigaciones Tecnológicas*. 18. (102). 35-51. 1970.
- 24.- Molina, M.R. Mayorga, I.; Bressani, R.; production of high protein quality pasta products using a semolina-corn-soy flour mixture III. *Cereal Chemistry*. 59 (1). 34-37. 1982.

- 25.- *Leitao, R.F.; Vitti, P.; Use of mixtures of wheat corn -- cassava and soy flours in pasta manufacture. Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos. Brasil. 50. 187-204. 1977.*
- 26.- *Ayernor, G.S.; Steinberg, M.R.; Hidratation and rheologic soy-fortified pregelled corn-flours. Journal of Food Science. 42. (1) 65-69. 1977.*
- 27.- *Harmann, D.V.; Harper, J.M.; Modeling a forming foods extruder. Journal of Food Science. 39. 1099-1104. 1974.*
- 28.- *Association of official Agricultural Chemist. (AOAC). Official Methods of analysis. 12 th. Ed. Washington, D.C. 1975.*
- 29.- *American Association of Cereal Chemist. Approved methods of The A.A.C.C. The Association: St. Paul Minn, (revised). 1969.*
- 30.- *Farrand, E.A. Flour properties in relation to the modern bread processes in The United Kingdom, with special reference to alpha-amylase and starch damage. Cereal Chem. 41: 98. 1964.*
- 31.- *Kramer, A. and Twigg, B.A. Fundamentals of quality control for the food industry. The AVI Publ. Co. Westport, Conn. 1966*
- 32.- *Miller, D.S. 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. 1963.*

- 33.- Campbell, J.A.; *Methods for determination of PER and NPU. - Evaluation of protein quality. Publication 1100. National Academy of Sciences. National Research Council. Washington D.C. 1963.*
- 34.- Secretaría de Salubridad y Asistencia. *Técnicas para el -- análisis microbiológico de los Alimentos. Dirección Gene - ral de Laboratorios de Salud Pública. México. 1979.*
- 35.- Kent, N.L. *Tecnología de los Cereales. Editorial Acribia.- Zaragoza, España. 1971.*
- 36.- Orville, J. Banasik. *Pasta Processing. Chairperson of the Department of Cereal Chemistry and Technology, North Dako - ta State University. Fargo, N.D. A.A.C.C. 1981.*
- 37.- Wayne W. Daniel. *Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. Ed. Limusa. México. 1982.*
- 38.- Hernández, M.; Chávez, A.; Bourges, H.; *Valor Nutritivo - de los Alimentos Mexicanos. I.N.N. México. 1980.*
- 39.- Frazier, W.C. *Microbiología de los Alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza, España. "Edición". 1976.*
- 40.- D.G.A. *Dirección General de Agricultura. SARH.*
- 41.- Durán de Bazúa Ma. del Carmen, *Introducción a la extrusión de alimentos. Facultad de Química. UNAM. 1983.*

## A P E N D I C E

	Pág.
I. <i>Tabla para la evaluación de la elasticidad del gluten.</i>	68
II. <i>Tabla para la evaluación de - consistencia al tacto de macarrón cocido.</i>	69
III. <i>Material y equipo utilizado - para el desarrollo del trabajo.</i>	70

I. *Tabla para la evaluación de la elasticidad del gluten. (1)*

**CARACTERISTICA SENSORIAL.**

*Muy buena elasticidad*

*Buena elasticidad*

*Poca elasticidad*

*Muy poca elasticidad*

(1) *La evaluación de la elasticidad del gluten se hace por medio del tacto.*

II. Tabla para la evaluación de consistencia al tacto de macarrón cocido.

CARACTERISTICA SENSORIAL	EVALUACION FINAL
NO PEGAJOSO (1)	
Consistencia (2)	
Muy buena	10
Buena	9 - 8
Regular	7 - 6
POCO PEGAJOSO	
Consistencia	
Buena	5
Regular	4
MUY PEGAJOSO	
Consistencia	
Regular	3
Mala	2
DEMASIADO PEGAJOSO	
Consistencia	
Mala	1

(1) La pegajosidad de la pasta se evalúa al tacto.

(2) La consistencia se refiere a si las puntas o algún segmento del macarrón se abrió durante la cocción.

### III. Material y equipo utilizado para el desarrollo del trabajo.

- Molino de coronas modelo Split Phase para obtención de -  
harina integral.
- Extrusor de laboratorio Wengen-X-5 para la extrusión del  
maíz.
- Balanza analítica Metter H.45
- Aparato de digestión y destilación Kjeldalh Labconco, pa  
ra la determinación de nitrógeno total.
- Extractor Goldfish Labconco, para determinación de extrac  
to etéreo.
- Mufla "Dubuque IV" Thermolyne tipo 10,500 para determina  
ción de cenizas.
- Aparato de digestión Labconco para determinación de fibra  
cruda.
- Alveógrafo Erabender, para determinación de alveogramas.
- Parrillas de calentamiento Thermolyne tipo 1,900 para de -  
terminación de sólidos en agua de cocimiento.
- Estufas de incubación J.M. Ortiz, para la determinación -  
del número de microorganismos.
- Mezcladora y amasadora de Aparatos Namad para mezclado y  
amasado de la pasta.
- Prensa de Research Products Co. Inc. Condado, para la ob -  
tención de macarrones.



- Secador de aire Berber Colman modelo 7473, para el secado de las pastas.
- Prensa y amasadora Grondona con capacidad de 0.5 toneladas/hora para la elaboración de las pastas a nivel piloto.
- Secador Namad, para el secado de las pastas a nivel piloto.
- Material de vidrio y reactivo de laboratorio.

## INDICE DE CUADROS

## INDICE DE CUADROS

	Página
I. Contenido de aminoácidos esenciales de algunos cereales y de la soya.	7
II. Valor nutritivo de los cereales en 100 gramos de peso.	10
III. Producción de harina de soya.	12
IV. Composición del frijol de soya.	13
V. Relación de eficiencia proteica y porciento de proteína de harina de maíz y harina de maíz de soya.	14
VI. Mezclas de trigo-maíz extruído-soya	26
VII. Composición aproximada de la sémola de trigo, harina de maíz extruído y soya.	35

VIII. Contenido de aminoácidos esenciales de las mezclas preparadas y % de desviación con respecto a patrón FAO/OMS 1973.	37
IX. Cuenta de microorganismos de las materias primas (col/g).	40
X. Evaluación física y consistencia al tacto de las pastas elaboradas con mezclas de trigo-maíz extruído-soya.	42
XI. Porcentaje de gluten seco, y porcentaje de proteína de las pastas elaboradas con mezclas de trigo-maíz extruído-soya.	44
XII. Resumen de los análisis determinados a las diferentes mezclas.	48
XIII. Composición aproximada de las pastas de trigo, y de las pastas de las mezclas (80-20-0) y (72-20-8).	51

- XIV. Evaluación física y consistencia al tacto de las pastas elaboradas con las mezclas seleccionadas, y de las pastas de trigo. 52
- XV. Relación de eficiencia proteica y utilización neta de la proteína de las pastas elaboradas con las mezclas seleccionadas y de la pasta comercial. 55
- XVI. Cuenta de microorganismos de las pastas obtenidas y la Norma Oficial Mexicana. 57
- XVII. Análisis económico de las mezclas. 67

**INDICE DE FIGURAS.**

-----

## INDICE DE FIGURAS

	Página
I. Diagrama para procesamiento industrial de pastas cortas y largas.	18
II. Diagrama para la obtención de pasta para sopa a base de trigo-maíz extruído-soya.	24
III. Alveograma de sémola de trigo.	31
IV. Alveogramas de sémola de trigo y de mezclas de trigo-maíz extruído-soya (80-20-0) y (72-20-8).	46