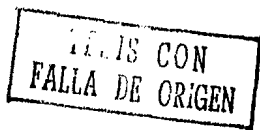


870127  
30.  
2ej

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS



ELABORACION DE TORTILLAS DE MEZCLAS  
DE MAIZ, TRIGO Y SOYA

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

PRESENTA:

**CLAUDIA CRISTINA SILVA DEL HOYO**

ASESOR: ING. ENRIQUE MACEDO VELASCO

GUADALAJARA, JALISCO, 1986



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

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

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

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

## INDICE

I.-	INTRODUCCION.....	1
II.-	GENERALIDADES.....	5
	2.1 La importancia de las Tortillas de Maíz en la Alimentación Mexicana.....	5
	2.1.2 Consumo Per cápita de las Tortillas.....	7
	2.1.3 Aportación Calórica y Nutricional Diaria.....	7
	2.1.4 La Producción Nacional de Maíz.....	9
	2.1.5 La Importación Anual de Maíz.....	11
	2.1.6 Perspectivas al Futuro.....	13
	2.2 La importancia de incorporar la Soya al Maíz para suplir las deficiencias Proteínicas del Maíz.....	16
	2.2.1 La importancia Nutricional de la Harina de Trigo.....	21
	2.3 Generalidades del Tratamiento Térmico-Alcalino de las proteínas Vegetales.....	23
	2.3.1 Factores que influyen en la Mixturalización del Maíz.....	25
III.-	METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	26
	3.1 Condiciones Generales de la Experimentación Realizada.....	26
	3.2 Condiciones Generales de Evaluación Sensorial.....	30
	3.3 Secuencia Experimental de las Pruebas Realizadas.....	32
	3.4 Análisis Bromatológico y Cálculo de Aminoácidos Esenciales.....	44
	3.5 Análisis Comparativo de Costos.....	47
IV.-	RESULTADOS.....	48
V.-	CONCLUSIONES.....	52
VI.-	BIBLIOGRAFIA.....	54

## **I- INTRODUCCION**

## ELABORACION DE TORTILLAS DE MAIZ, TRIGO Y SOJA

**1.- INTRODUCCION.-** Los cereales constituyen una de las fuentes de alimentos más abundantes en el mundo. El hombre al iniciar la agricultura se aprovechó de estos granos tostándolos al principio en las piedras calientes de su fogata; más tarde los trituró y amasó con agua dando lugar a un pan rudimentario.

Todas las grandes civilizaciones han supeditado su alimentación a algún cereal, por ejemplo, los orientales consumen el arroz, los europeos el trigo y los africanos el sorgo. En el caso de las culturas mesoamericanas, sus integrantes aprendieron el cultivo del maíz, el cual calentaban en agua con cal, posteriormente trituraban manualmente los granos en molinos de piedra (metates) y la masa resultante la cocían en forma de tortilla.

Millones de personas en el mundo se alimentan de cereales y por lo tanto sus dietas resultan deficientes generalmente en grasas, proteínas, vitaminas y minerales.

Cuando esta ingesta deficiente se prolonga durante meses o años, puede dar lugar a la desnutrición energético-proteínica, la cual aunada a factores de salud, sociales y económicos, obstaculiza el desarrollo físico e intelectual del ser humano.

Tradicionalmente la tortilla se ha hecho a base de maíz exclusivamente.

En México, la dieta más generalizada está basada en el maíz ya que poco más del 70% de la aportación calórica de la misma lo constituye éste grano. Es sabido que el maíz, salvo algunas variedades poco difundidas, tiene la característica nutricional de que es muy bajo en su contenido de dos aminoá-

cidos esenciales; lisina y triptofano.

Por esta razón se pensó elaborar diferentes mezclas de maíz, soya y trigo en la formulación de tortillas, precisamente para suplir las deficiencias señaladas, ya que la soya y el trigo son más ricos en estos y otros aminoácidos.

El tratamiento térmico alcalino de las proteínas de maíz denota un conocimiento tecnológico bastante importante de nuestros antepasados y este es el caso de la nixtamalización del maíz.

Probablemente en México, nuestros antepasados no incluían en su dieta la soya y el trigo debido a que simplemente no los conocían.

...“En un estudio antropológico, se llegó a la conclusión de que los pueblos precolombinos que sobrevivieron más tiempo fueron aquellos que utilizaban para su alimentación el maíz tratado térmico-alcalinamente. Esto es muy interesante ya que las proteínas de maíz son de un valor nutritivo muy bajo, pero mejoran su calidad después de haber sido sujetadas a dicho tratamiento. A pesar de existir pérdidas de algunos aminoácidos, grasa y minerales, el maíz nixtamalizado presenta un valor mayor desde el punto de vista nutritivo que el maíz crudo. Este es muy deficiente en lisina y triptofano y además tiene un desequilibrio muy marcado en las concentraciones de leucina/isoleucina y todo esto hace que estas proteínas sean poco aprovechables por el humano.”

...“Por otra parte, la enfermedad de la palagra conocida como “de los 40” ya que causa dermatitis, diarrea, demencia y defunción, se manifiesta en poblaciones cuya dieta está esencialmente basada en el maíz; actualmente los brotes de palagra se localizan en ciertas zonas de África, en la India y en algunas regiones de la Península de Yucatán en México, en donde sus habitantes

consumen el maíz sin ningún tratamiento térmico-alkalino. La pelagra se presenta normalmente debido a grandes deficiencias de niacina y triptofano en la dieta. El triptofano es el precursor en la síntesis de niacina en el humano, y su equivalencia es de 60mg de triptofano por 1mg de niacina. Otro factor que influye en el desarrollo de la pelagra es la elevada concentración de leucina en el maíz, que es aproximadamente 12.15% de la proteína; en efecto, se ha comprobado en diferentes investigaciones que la adición de un exceso de leucina en dietas balanceadas de caseína induce la pelagra. Sin embargo, el maíz híbrido opaco-2, con un mayor contenido de lisina y menor concentración de leucina no produce la pelagra en animales de laboratorio."

..."la alta relación de leucina/isoleucina en el maíz se reduce durante los tratamientos térmico-alkalinos debido a la destrucción de la leucina, lo que mejora el valor nutritivo de la proteína. Como sucede en varios cereales, la niacina del maíz está unida a otros constituyentes de estos granos de tal forma que los tratamientos térmico-alkalinos la liberan al hidrolizar los enlaces que la unen, haciéndola disponible."

..."Estos dos factores parecen ser la principal razón por la que no se presenta la pelagra en poblaciones en las que el maíz se consume después de un tratamiento como la nixtamalización." (1)

Aparte de la justificación nutricional para mejorar la dieta en forma masiva por el alto consumo de tortillas en México, se considera que existe una justificación económica.

Normalmente, la elaboración de la tortilla tradicional en los molinos de nixtamal en México, debido a un sin número de factores que comprenden desde el tipo de maíz, método de elaboración, falta de higiene, adulteraciones, falta de normas de calidad, etc. provocan que la tortilla se endurezca en

menos de 72 horas. Este factor para el consumidor representa una importante pérdida ya que se estima que de un 20-30% de su compra de tortillas, las tenga que eliminar en la mayoría de los casos o utilizarlas para la alimentación de animales domésticos.

De acuerdo con esta estimación se consideró como segundo factor no menos importante que el nutricional, que las tortillas modificadas deberían de tener un mayor tiempo de conservación sin variar substancialmente su textura, es decir, prolongar el número de días entre la fecha de elaboración y el primer o subsiguientes recalentamientos precisamente para evitar desperdicios de alimento.

Este ahorro de tortillas pueda llegar a tener un gran significado si se considera que nuestro país, en los últimos años, ha tenido que importar maíz aproximadamente un 20% de la producción nacional, comprados en dólares, con la subsiguiente fuga de divisas.



## **II.- CONTENIDO**

**2.1 La importancia de las Tortillas de Maíz en la Alimentación Mexicana.**

**2.1.2 Consumo Per cápita de las Tortillas**

**2.1.3 Aportación Calórica y Nutricional Diaria**

**2.1.4 La Producción Nacional de Maíz**

**2.1.5 La Importación Anual de Maíz**

**2.1.6 Perspectivas al Futuro**

**A) Perspectivas al Futuro de la Producción Nacional y la Importación.**

**B) Perspectivas al Futuro de la Industria Elaboradora de Tortillas.**

**2.2 La importancia de incorporar la Soya al Maíz para suplir las deficiencias proteínicas del Maíz.**

**2.2.1 La Importancia Nutricional de la Harina de Trigo**

**2.3 Generalidades del Tratamiento Térmico-Alcalino de las Proteínas Vegetales**

**2.3.1 Factores que influyen en la Nixtamalización del Maíz.**

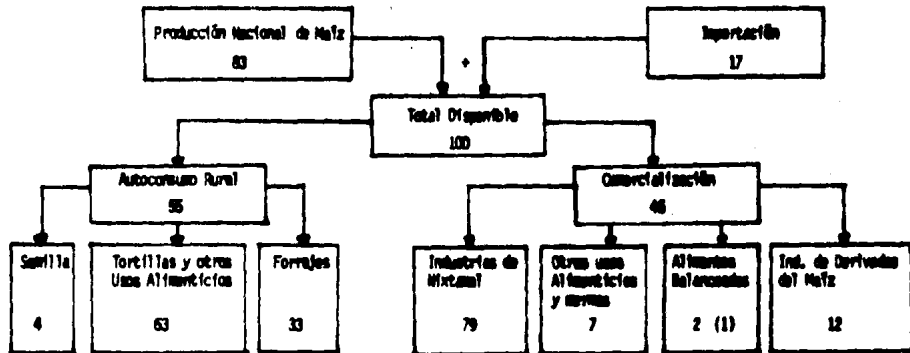
## 2.1 La importancia de las tortillas de maíz en la Alimentación Mexicana.-

La tortilla, alimento básico durante muchos siglos, se encuentra totalmente enraizada en nuestra cultura; es de los pocos artículos alimenticios en el mundo que tiene carácter nacional, pues desde la época prehispánica ha formado parte de la dieta alimenticia de los distintos estratos sociales- siendo hasta ahora el alimento de mayor consumo generalizado en el país.

Se estima que la producción nacional actualmente es de 10 a 12 millones de toneladas de maíz, mientras que la importación es de 1.5-2.0 millones de toneladas. Promedio anual (1979 a 1984).

Por entrevistas personales y referencias estadísticas diversas he estimado que del volumen total disponible de maíz, tomando en cuenta tanto la producción nacional como las importaciones de éste, la mayor parte se destina a la elaboración de tortillas, como puede observarse en el cuadro no. 1. lo cual demuestra la importancia de las tortillas de maíz en la alimentación mexicana, ya que un 70.25 del total disponible de maíz se destina a este fin.

**Cuadro No. 1 Producción, Importación y consumo de Maíz  
en México (Datos estadísticos en S para 1985)**



(1) En la elaboración de alimentos Balanceados ha sido distinguido el uso del maíz ya que ha sido sustituido por el sorgo.  
Estimación personal en base a entrevistas con ANSA, CONALPO y Datos Estadísticos de la SP

2.1.2 Consumo Percápita de las Tortillas.- El consumo nacional promedio diario per cápita de tortillas, ha variado de 358 gramos en 1960, 343 en 1970 a 341 en 1978, que equivalen en éste último caso aproximadamente a 11 piezas diarias. Estimativamente para 1985 el consumo per cápita es de 320 gramos diarios.

Del consumo alimenticio del maíz, la tortilla representa la mayor participación y aunque su consumo per cápita tiende a disminuir al diversificarse la dieta por el mejoramiento del nivel de vida, el mismo crecimiento de la población genera un aumento cada año de dicha participación.

Para 1965, se destinaba a la elaboración de tortillas el 66.2% de la producción nacional e importación, en 1970 fué 71.6%, en 1978 del 73%

2.1.3 Aportación Calórica y Nutricional Diaria.- De acuerdo con el consumo per cápita más probable para 1985 de 320 gramos diarios de tortillas, tomando en cuenta el valor calórico de la tortilla promedio según el Instituto Nacional de la Nutrición (2) como podrá observarse en el cuadro No. 2 es de 224 Kcal por 100 gramos de tortillas equivalentes para los 320 gramos a un total de 716.8 calorías.

Como el dato nacional del consumo per cápita de calorías se estima en 2500 calorías (3), las tortillas equivalente al 29% de la aportación diaria de la alimentación.

Cuadro No. 2

## Valor Nutritivo de los Alimentos en 100 gramos de Peso Neto

<u>Alimentos</u>	<u>Porción Consumible</u>	<u>Energía (Kcal)</u>	<u>Proteínas (g)</u>	<u>Grasas (g)</u>	<u>Carbohidratos (g)</u>
Maíz Amarillo	0.92	360	8.3	4.8	68.6
Maíz Blanco	0.92	362	7.9	4.7	73.0
Harina Nixtamalizada	1.0	377	7.1	4.5	77.4
Masa	1.0	189	4.4	2.2	38.5
Tortilla (promedio)	1.0	224	5.9	1.5	47.2
Tortilla de maíz y Trigo	1.0	228	10.0	1.5	46.6

<u>Alimentos</u>	<u>Calcio (mg)</u>	<u>Hierro (mg)</u>	<u>Tiamina (mg)</u>	<u>Riboflavina (mg)</u>	<u>Niacina (mg)</u>	<u>Ascórbico (mg)</u>
Maíz Amarillo	158	2.3	0.34	0.08	1.6	0
Maíz Blanco	159	2.3	0.36	0.08	1.9	0
Harina Nixtamalizada	140	3.9	0.22	0.08	1.3	0
Masa	88	1.7	0.17	0.05	0.8	0
Tortilla (promedio)	108	2.5	0.17	0.08	0.9	0
Tortilla de maíz y Trigo	102	2.2	0.25	0.08	1.4	0

Fuente: Instituto Nacional de la Nutrición, Tablas de uso Práctico del Valor Nutritivo de los Alimentos Mexicanos (2)

2.1.4 La Producción Nacional de Maíz.- ..."El maíz, es el principal cultivo nacional, utiliza el 45.4% de la superficie total destinada a la agricultura, genera ocupación para el 3.5% de la población nacional (8.5% rural y 13.2% de la población económicamente activa)."

... "El cultivo del maíz es uno de los más adaptados a las condiciones agronómicas y agrícolas del país, principalmente la facilidad que presenta su mecanización desde la siembra hasta la cosecha, respondiendo muy bien a la aplicación de fertilizantes."

... "De acuerdo con datos estadísticos, sólo el 10% del área total nacional utiliza semillas mejoradas, no solo por la reticencia de los agricultores a su uso, sino básicamente por la falta de variedades mejoradas para todas las condiciones del país, sobre todo en zona de temporal."

... "Las principales zonas productoras de maíz en México son: Jalisco, Michoacán, Guanajuato, México, Veracruz, Puebla, Guerrero, Chiapas (Centro y Costa), San Luis Potosí (Huasteca), Sur de Tamaulipas y sur Chihuahua."

... "La producción nacional se integra básicamente en un 90% por las cosechas de los ciclos Primavera/Verano cuya siembras son fundamentalmente en tierras de temporal, mientras que el 10% restante corresponde a tierras de riego en los ciclos Otoño/Invierno."

... "La superficie total cultivada es de aproximadamente 7.2 millones de hectáreas que representan una producción promedio de 10.909 millones de toneladas de maíz." (4)

La producción nacional de maíz se muestra en el cuadro No. 3 (5)

Cuadro No. 3MAIZPRODUCCION NACIONAL

( toneladas )

<u>Año Agrícola</u>	<u>Volumen de Producción</u>
1970/1971	9,786
1971/72	9,223
1972/73	8,609
1973/74	7,847
1974/75	8,449
1975/76	8,017
1976/77	10,024
1977/78	10,909
1978/79	8,457
1979/80	12,374
1980/81	14,765
1981/82	10,129

Según: Tesis Profesional sobre el Análisis del Programa de Sustitución de Molinos para Nixtamal por Fábricas de Harina de maíz.

Y de la Publicación del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, SPP. (5)

2.1.5 La Importación Anual de Maíz.- ..."Hacia finales de los años cincuenta había mucho optimismo en México con respecto a la capacidad de abastecerse de alimentos básicos. En aquella época los rendimientos aumentaban rápidamente, y la superficie cultivada se expandía con la distribución de tierras a los nuevos beneficiarios de la reforma agraria, la introducción de nuevas áreas de riego y la apertura y el mejoramiento de zonas temporales. Veinte años más tarde, la situación cambió dramáticamente: el problema ya no era falta de conocimiento técnico, ni ausencia de terrenos irrigados; actualmente el país padece escasez permanente, en especial de grano y oleaginosas de consumo básico y masivo. Y esto sucede con una subutilización masiva de los terrenos de temporal detentados por los mismos beneficiarios de la reforma agraria."

... "Los datos sobre las importaciones de granos revelan claramente este cambio. La historia del maíz es de aumento sistemáticos de producción y exportación de excedentes apreciables hasta finales de los sesenta."

... "Los setenta representaron un período de grandes cambios frente a los mercados internacionales. En 1973, el déficit mazorco ascendió a más de un millón de toneladas y creció durante el resto del decenio."

... "En 1974, después del aumento del precio de garantía, se tuvieron que importar más de dos millones de toneladas para completar la oferta nacional."

... "En los años subsiguientes (a excepción de 1975-1976) la situación no cambió."

... "En 1982 se redujeron las importaciones. Actualmente el maíz sigue siendo región importante de importaciones, y representó el 40% de las importaciones agropecuarias en 1983 y todavía más en 1984."



"Las cifras anuales de maíz y el porcentaje que representaron cada año con respecto a la producción nacional puede observarse en el cuadro No. 4." (6)

Cuadro No. 4

IMPORTACION DE MAIZ

<u>Años</u>	<u>Importación</u>	
	<u>Miles de toneladas</u>	<u>% de la Producción</u>
1972	204	2.2
1973	1145	13.3
1974	1292	16.3
1975	2861	31.5
1976	914	11.4
1977	1986	19.6
1978	1419	13.0
1979	746	9.0
1980	4187	34.0
1981	2955	20.0
1982	253	2.5
1983	4645	35.5
1984	2428	18.7

Según: Barkin, David; Suárez, Blanca; "El fin de la Autosuficiencia Alimentaria" (6)

### 2.1.6 PERSPECTIVAS AL FUTURO

#### A) Perspectivas al futuro de la Producción Nacional y la Importación.

Como pudo observarse en el cuadro No. 3 la producción nacional de maíz no muestra una franca tendencia hacia un incremento, a excepción de los años 1980-1981. Tal vez la política de incremento a los precios oficiales que se ha visto más favorecida en los años de 1983-1986 (cuyos datos no se pudieron obtener con precisión) muestran una tendencia hacia el incremento en la producción.

La producción nacional prácticamente ha permanecido con muy leves incrementos, debido al aumento en los rendimientos unitarios ya que la superficie cosechada ha decrecido paulatinamente en esto también influye la sustitución de áreas a favor de otros cultivos más remunerables para el productor, como es el caso del sorgo principalmente en los ciclos Primavera/Verano; aunado a los efectos de la incertidumbre en la tendencia de la tierra y en el avance del proceso erosivo.

En consecuencia estos que dado el aumento anual de la población los pocos incrementos a la producción nacional de maíz, las perspectivas al futuro inmediato hacen pensar en un aumento paulatino de las importaciones de este cereal.

## B) Perspectivas al Futuro de la Industria Elaboradora de Tortillas

Actualmente la Industria de Nixtamal que es la que proporciona las tortillas al consumidor adolece de múltiples problemas que dan como resultado una notable mala calidad de las tortillas.

Entre los principales problemas se pueden mencionar:

B.1.- La Nixtamalización presenta diferentes variaciones tanto en sus tiempos de tratamiento térmico como en la dureza de los granos, impurezas contenidas, calidad de la cal, etc.

B.2.- Se nixtamaliza diferentes tipos de maíz según disponibilidades tanto del maíz nacional como de importación con la subsiguiente irregularidad de la calidad.

B.3.- Falta de Higiene y Normas de Calidad.

B.4.- Volúmenes de producción normalmente pequeños que a su vez provocan incosteabilidad, subsidios, adulteraciones, etc.

B.5.- No se mantiene el precio y el peso oficiales. NI cumplen sus obligaciones fiscales y laborales.

Ante esta situación cabe pensar que existen dos grandes alternativas que deberán en el futuro de realizarse en la Industria Elaboradora de Tortillas para normalizar y mejorar dicha elaboración.

Estas alternativas son: La elaboración de harina nixtamalizada en unidades industriales de un tamaño que permita la economía de escala.

Esta primera alternativa vendría a solucionar parcialmente el problema porque la elaboración de tortillas tendría que hacerse por el propio consumidor o en Industrias elaboradoras de tortillas sin ser necesariamente molinos de nixtamal.

La segunda alternativa y tomando en cuenta que la tendencia actual es la que el consumidor prefiere alimentos de mejor calidad, a precios razonables y disponibles para su consumo en cualquier momento en tiendas de autoservicio se piensa que sería mejorar la elaboración en fábricas de Tortillas mejoradas, que pueden ser un canal más directo entre el productor y el consumidor.

**2.2 La importancia de incorporar la soya al maíz para suplir las deficiencias proteínicas del maíz.**

La soya, el trigo y el maíz, tienen diferencias en su composición bromatológica, siendo el maíz el que tiene valores más bajos de proteína en relación a los otros dos granos.

La composición media bromatológica de estos tres granos puede observarse en el cuadro No. 5.

Cuadro No. 5

**Análisis Comparativo de Propiedades Nutricionales de Algunos Productos Alimenticios. (100 g de peso neto de porción comestible)**

<u>Alimento</u>	<u>Humedad</u>	<u>Proteínas</u>	<u>Grasas</u>	<u>Carbohidratos</u>
Maíz	12	8.3	4.8	69.6
Trigo	12	10.6	2.6	73.4
Frijol de Soya	10	40.0	20.0	30.0

<u>Alimento</u>	<u>Unidades de</u>		<u>Eficiencia Protéica</u>
	<u>Calorías</u>	<u>PER</u>	
Maíz	348.4	1.50	12.45
Trigo	359.4	1.53	16.22
Frijol de Soya	460.0	1.99	79.60

(7) Según: Tesis Profesional sobre el Análisis del Programa de Sustitución de molinos para Mixtamal por Fábricas de Harina de Maíz (7)

En lo que respecta a los aminoácidos esenciales de estos grano el Instituto Nacional de Nutrición reporta los siguientes valores. (8)

Contenido de Aminoácidos en Alimentos Mexicanos

<u>Alimentos</u>	<u>Lisina</u>	<u>Isoleucina</u>	<u>Treonina</u>	<u>Valina</u>
<b>Maíz en grano</b>				
o Harina	2.84	4.43	3.90	5.05
Trigo	2.76	4.17	2.89	4.89
Soya	6.54	5.10	3.94	5.20

<u>Alimentos</u>	<u>Leucina</u>	<u>Triptofano</u>	<u>Metionina</u>	<u>Fenilalanina</u>
<b>Maíz en grano</b>				
o Harina	12.89	0.62	1.87	4.61
Trigo	6.70	1.25	1.92	4.87
Soya	7.87	1.31	1.26	4.87

...“Las proteínas de los alimentos una vez hidrolizadas en la digestión pasan a la sangre en forma de aminoácidos que sirven para la síntesis de las distintas proteínas hormonales, enzimáticas y morfológicas de la sangre y de los demás tejidos, propios de la especie humana. En ellas intervienen, como sabemos veinte aminoácidos.

Estos aminoácidos son de dos tipos: los que pueden ser sintetizados en el organismo y, por lo tanto, no son esenciales en la dieta, y los que deben suministrarse en la dieta, o aminoácidos esenciales.”

#### Aminoácidos en la Nutrición Humana

##### Esenciales

lisina  
treonina  
leucina  
isoleucina  
metionina  
fenilalanina  
triptofano  
valina

##### No esenciales

glicina  
alanina  
serina  
Ac. aspártico  
Ac. glutámico  
cistina  
tirosina (a)  
prolina  
hidroxiprolina  
arginina (b)  
histidina (b)  
cisteína (a)

(a) Algunos autores consideran que la arginina y la histidina son esenciales para los niños, pero no para el hombre adulto.

(b) Por sus interrelaciones respectivas, generalmente se cuentan conjuntamente fenilalanina + tirosina y metionina + cisteína.

... "Un aminoácido esencial es aquel que no puede ser sintetizado (a partir de los materiales disponibles en la célula) a una velocidad adecuada para cubrir las necesidades de síntesis proteica en un crecimiento óptimo, y debe figurar, en la dieta, en una cantidad superior a un mínimo, para hacer posible dicho crecimiento.

... "Dos de los aminoácidos no esenciales se sintetizan en el organismo a partir de dos esenciales; la cistina se forma a partir de la metionina y la tirosina a partir de la fenilalanina. Si la dieta contiene una cantidad suficiente de estos dos aminoácidos no esenciales, disminuyen las necesidades de los aminoácidos esenciales correspondientes; por este motivo, el contenido de las proteínas en metionina y cistina se considera siempre globalmente y se expresa en forma de aminoácidos azufrados." (9)

... "Los aminoácidos limitantes más frecuentes son la lisina y la metionina. El enriquecimiento de los cereales con lisina tiene un gran interés en los países cuya dieta esta formada en gran proporción por aquellos. En las dietas con leguminosas es más frecuente que el aminoácido limitante sea la metionina, y esta adición también es de gran interés.

... "Si dos proteínas incompletas tienen el aminoácido limitante distinto, pueden complementarse."

... "Las proteínas del maíz están limitadas por la lisina, la cual abunda en la soja." (10)

... "El maíz tiene un contenido bajo de proteínas en comparación a las leguminosas o a los alimentos de origen animal. Comparándolo con otros cereales su cantidad de proteínas resulta similar, aunque su calidad proteínica indica por el índice de eficiencia proteínica (PER) es menor. Como lo indica el cuadro No. 6 " (11)



Cuadro No. 6  
Contenido de Proteínas y PER de algunos Cereales.

<u>Alimento</u>	<u>Proteínas</u>	<u>PER</u>
Sorgo	8	0.88
Maíz	9-11	0.87
Trigo	12	1.05
Avena	12	1.05
Caséina (referencia)	—	2.71

Según: Publicación del Centro de Nutrición Humana, Asociación Americana de Soya. (11)

...“Esto se debe a que posee dos aminoácidos limitantes lisina y triptofano, por otra parte tiene un exceso comparativamente de fenilalanina y leucina.”

...“Resulta interesante conocer la distribución de sus aminoácidos como puede apreciarse en el cuadro No. 7”

...“También puede observarse que la soya contiene suficiente lisina y triptofano. A su vez, el maíz, complementa a la soya pues posee metionina en relativa abundancia.” (12)

Cuadro No. 7  
Contenido de Aminoácidos Esenciales en el Maíz y la Soya.  
g/16g N

<u>Aminoácidos</u>	<u>Opaco-2 (a)</u>	<u>Maíz</u>	<u>Frijol Soya</u>	<u>Patrón de Referencia</u>
lisina	4.7	2.8	6.4	4.2
leucina	9.8	13.9	7.8	4.8
isoleucina	3.8	4.0	4.5	4.2
fenilalanina	4.8	5.2	4.9	2.8
metionina	1.9	2.0	1.3	2.2
treonina	3.9	3.6	3.9	2.8
triptofano	1.5	0.6	1.3	1.4
valina	5.5	5.0	4.8	4.2

(a) El maíz opaco-2 es una variedad de maíz genéticamente modificada con una mayor cantidad de lisina y triptofano, lo que mejora su patrón genético.

### 2.2.1 La Importancia Nutricional de la Harina de Trigo.

...“La harina de trigo aporta a la dieta hidratos de carbono (principalmente almidón), proteínas, grasas, vitaminas y sales minerales.”

...“Se le considera como un alimento calórico, rico en hidratos de carbono, pero su contribución en proteínas y vitaminas (particularmente del grupo B) y en sales minerales es también importante.”

...“Así, la harina y el pan contribuyen a la dieta de muchos países con una proporción de proteínas mayor que la de calorías.”

...“La composición en aminoácidos de las proteínas totales de la harina de trigo se dan en el cuadro No. 8. Difiere sustancialmente de la correspondiente al grano entero por la pautas general es similar.” (13)

...“Como se muestra en el cuadro No. 9 (14)

#### Cuadro No. 8

#### Composición en Aminoácidos de las proteínas de la Harina de Trigo.

<u>Aminoácido</u>	<u>Contenido (a)</u>	<u>Aminoácido</u>	<u>Contenido (a)</u>
Alanina	2.78	Lisina	2.08
Arginina	3.80	Metionina	1.73
Ac. Aspártico	4.14	Fenilalanina	4.92
Cistina	2.11	Prolina	11.7
Ac. Glutámico	34.5	Serina	5.44
Glicina	3.22	Treonina	2.82
Histidina	1.88	Triptofano	1.02
Isoleucina	4.25	Tirosina	3.25
Leucina	6.98	Valina	4.54

(a) g/16g N

Según: Primo Yúfera.. E.; Química Agrícola III  
Alimentos. (13)

Cuadro No. 9Contenido de Aminoácidos en el Trigo

Gramos de Aminoácidos por 100g de proteína

<u>Aminoácido</u>	<u>Contenido</u>
Lisina	2.76
Isoleucina	4.17
Treonina	2.89
Valina	4.59
Leucina	6.70
Triptofano	1.25
Metionina	1.52
Fenilalanina	4.87

Según: Instituto Nacional de la Nutrición (14)

... "El valor nutritivo del trigo y de los productos de trigo se ha reconocido desde hace siglos y ha constituido una fuente principal de alimento para una gran parte de la raza humana. Sin embargo, como el trigo ha sido y todavía es un alimento abundante y económico, alguna vez su valor se desprecia".

... "En promedio, la harina de trigo se compone aproximadamente de 74% de carbohidratos, 11% de proteínas, 1.25% de lípidos, 0.4% de materia mineral y diversas cantidades de vitamina B." (15)

### 2.3 Generalidades del Tratamiento Térmico Alcalino de las Proteínas Vegetales.

... "La mayoría de las proteínas para consumo reciben de alguna manera un tratamiento térmico durante su preparación. En general, el cocido aumenta la digestibilidad de las proteínas; sin embargo en ciertos casos un calentamiento excesivo puede reducir su valor nutritivo."

... "Algunos tratamientos térmicos son necesarios para mejorar el valor nutritivo de los alimentos, como es el caso de las proteínas vegetales en donde existen factores antifisiológicos que requieren de un calentamiento para ser eliminados y así aumentar la calidad del producto final. Igualmente, la disponibilidad biológica de algunos aminoácidos, como el triptófano, se mejora en los cereales como el trigo y el maíz que han recibido un tratamiento térmico." (16)

... "Muchas semillas oleaginosas poseen componentes con cualidades tóxicas. Los ejemplos mejor conocidos son los inhibidores de tripsina presentes en la semilla de soya. Estos componentes inaseables pueden ser inactivados a través de un adecuado tratamiento térmico." (17)

... "Algunos factores antifisiológicos de la soya son: inhibidor de tripsina, hemaglutininas, factores de flatulencia y lisinalesina".

... "Inhibidoras de tripsina.- En términos generales, siempre se encuentra más de un solo inhibidor en la misma planta: parece ser que existen de 7 al 10 inhibidores de proteasas que inhiben las enzimas quimiotripsina y tripsina del sistema digestivo humano."

... "Es necesario un tratamiento térmico adecuado para eliminarlos y poder obtener un valor nutritivo máximo de los productos elaborados a base de soya." (18)

...“La American Soybean Association recomienda que para inactivar la enzima antitripsina debe aplicarse calor por 9 min. a 100 grados centígrados, lo cual hará disponible a la proteína de soya.” (19)

...“Hemaglutininas.- Las hemaglutininas son proteínas que tienen la capacidad de aglutinar los glóbulos rojos de la sangre, y se encuentran ampliamente distribuidas en el reino vegetal. En la soya se han identificado cuatro diferentes proteínas capaces de causar dicha aglomeración in vitro; no existen pruebas evidentes de que este efecto lo cause in vivo, pero es muy posible que las hemaglutininas se inactiven cuando se encuentran en contacto con el ácido y la pepsina estomacal del sistema digestivo humano. El efecto de estas proteínas puede eliminarse con un tratamiento térmico que las desnaturalice.”

...“Fiatulencia.- Al igual que muchas otras leguminosas, el consumo de soya induce la formación de gas en el intestino del humano, produciendo en algunos casos náuseas, diarrea y malestar en general. Los compuestos responsables de esto son los carbohidratos de bajo pesos molecular rafinosa y estaquiosa, sobre todo este último. Este problema se presenta en productos de soya en los que no se han eliminado los oligosacáridos como las harinas y en ciertos casos los concentrados.

...“Debido a que tanto la estaquiosa como la rafinosa son térmicamente resistentes, se ha tratado de eliminarlas por métodos enzimáticos. El contenido de estos oligosacáridos se puede reducir por una combinación de remojo y germinación de la soya.”

...“Lisinoalanina.- Este factor no es realmente importante en los productos a base de proteína de soya a menos de que el tratamiento térmico-alcálico sea muy drástico y que transforme verdaderamente a la proteína.” (20)

### 2.3.1 Factores que influyen en la Nixtamalización del Maíz.

...“El tratamiento alcalino que se le da al maíz para la elaboración de tortillas no altera sus componentes químicos principales e inclusive presenta alguna ventajas.”

...“Entre las más importantes se puede mencionar que la adición de cal aumenta el contenido de calcio, disminuye la solubilidad de la zeína, posiblemente favoreciendo la absorción de un mejor balance de aminoácidos, aumenta la disponibilidad biológica de la niacina, reduce la cantidad de fibra cruda y en general el cocimiento mejora la digestibilidad del maíz.”  
(21)

...“Los factores que influyen en la nixtamalización del maíz como son temperatura, tiempo de cocimiento, concentración de cal y tiempo de reposo son diferentes para cada variedad de maíz.”

...“La determinación de estos factores es importante no solo para el control de calidad del producto y mejoramiento de las ganancias económicas del molinero, sino también para una mejor utilización de los híbridos de mejores características nutricionales, los cuales son abandonados a causa de las dificultades que presentan para su procesamiento.”

...“La dureza del maíz es una característica que define los factores o condiciones óptimas de nixtamalización.” (22)

### **III.- METODOLOGIA EXPERIMENTAL:**

#### **3.1 Condiciones Generales de la Experimentación Realizada**

**A) Nixtamalización**

**B) Otros Aditivos Utilizados**

**C) Composición Comparativa de granos-masa-tortillas y Factores de Conversión de Peso.**

#### **3.2 Condiciones Generales de Evaluación Sensorial**

#### **3.3 Secuencia Experimental de las Pruebas Realizadas**

#### **3.4 Análisis Bromatológico y Cálculo de los Aminoácidos Esenciales**

#### **3.5 Análisis Comparativo de Costos.**

### III.- METODOLOGIA EXPERIMENTAL

#### 3.1 Condiciones Generales de la Experimentación Realizada

##### A) Nixtamalización:

La nixtamalización que fué llevada a cabo a nivel laboratorio se efectuó de la siguiente manera: en cada prueba se nixtamalizó por separado el maíz, trigo y soya.

- 1) Peso de los granos
- 2) Lavado de granos
- 3) Se pasó a calentar agua en sus respectivos recipientes.
- 4) Una vez que el agua estaba a 90 grados centígrados, se añadió el grano y éste lo cubría el agua aproximadamente hasta 5 centímetros arriba de él.
- 5) Se añadió cal al 2% del peso del grano.
- 6) Agitación
- 7) Se dejó a que hirviera el agua de 96 a 100 grados centígrados aproximadamente durante 10 minutos.
- 8) Una vez pasado este tiempo, se dejó dos horas en reposo con el agua de cocimiento.
- 9) Se escurrió el agua de cocimiento y se lavó con agua fría. La soya al lavarla desprendía cascarrilla y algo de germen que al escurrir el agua se eliminaba gran parte.
- 10) Se dejó escurrir aproximadamente por 15 minutos.
- 11) Se pesó el grano necesario para la proporción que se iba a ocupar.
- 12) Se molieron los tres granos juntos, en una molino de discos, el cual por fricción efectuaba su función. Para moler se añadió agua a los granos. Se hicieron tres pasadas por el molino para obtener la consistencia de masa adecuada.



13) Se obtuvo el peso de la masa.

En el proceso de nixtamalización que se sigue tradicionalmente, tanto en los molinos de nixtamal como en la Industrias Elaboradora de harina de maíz, no lavan el grano antes de ser nixtamalizado, sino que una vez terminado el tratamiento térmico alcalino, cuando pasa a las tinas de reposo con el agua de cocimiento, se agita y entonces se elimina toda la basura, olote, etc. que esté flotando con una especie de red.

Por el peso del grano seco y el de la masa se obtuvo una diferencia de 1.7 Kg. (1Kg de grano seco = 1.7 Kg de masa) debido a la absorción de agua que tiene el grano.

En términos generales de cada kilogramo de grano seco se obtuvieron 1.7 Kg de masa y de ésta se obtuvieron 0.8 Kg de tortillas. En todas las pruebas una vez preparada la masa se elaboraron las tortillas y se obtuvieron diferentes lotes para las diferentes pruebas.

Una vez hechas las tortillas se esperaba a que se enfriaran para poder guardarlas en bolsas de polietileno marcando a éstas debidamente con el número de lote, fecha y tipo de pruebas correspondiente; y así poder efectuar las pruebas sensoriales el día de elaboración y uno o varios días después, así como también pruebas para evaluar el desarrollo de moho o la aparición de éste, haciendo lecturas en los diferentes días a partir de la elaboración.

B) Otros Aditivos Utilizados.

Por otra parte, además de la nixtamalización de los granos y de acuerdo con la hipótesis teórica de que una buena nixtamalización debe degradar parcialmente el almidón natural de los granos, se incorporó almidón de maíz previamente cocido ensayándolo en diferentes proporciones tanto para corregir los defectos de nixtamalización como para tratar de dar una mejor textura y sabor.

Por último, se probaron grasas de bajo punto de fusión para buscar una mayor flexibilidad de la tortilla.

Es sabido que el Ácido sórbico y sus sales trabajan mejor a  $p^H$  menores de 6.0. Tomando en cuenta esto cabe señalar que el  $p^H$  de la masa mejorada antes de elaborar las tortillas fué de 7.40, sin embargo, se obtuvieron resultados positivos.

Como podrá observarse en la gráfica No. 1 se utilizaron tres concentraciones de ácido sórbico 0.1, 0.2 y 0.3% del peso de la masa. Para este objeto se disolvieron en 100 ml. de una solución de agua y alcohol etílico en partes iguales, 18 gramos de ácido sórbico. Posteriormente se tomaron 5968 gramos de masa (ver cuadro No. 10) y se dividieron en cuatro muestras, tres de ellas de 1500 gramos cada una y una de 1468 gramos, cada porción de masa de 1500 g. se designó como  $M_1$ ,  $M_2$  y  $M_3$  tratándose con 0.1, 0.2 y 0.3% respectivamente con ácido sórbico, y un testigo de 1468 gramos sin adición de ácido sórbico.

Estas dosificaciones se lograron agregando para  $M_1$  8.33 ml; de la solución de ác. sórbico señalada, para  $M_2$  16.66 ml, y para  $M_3$  25 ml. Se prepararon un total de 16 bolsas de 300 gramos cada una con objeto de poder evaluar sensorialmente y observar el desarrollo de moho.

Los resultados de la prueba de conservación se ilustran comparativamente en la gráfica No. 1. Los días transcurridos a partir de la fecha de elaboración de las tortillas hasta que aparece la primera colonia de moho son los que se reportaron como tiempo de conservación (tiempo neto de conservación).

C) Composición Comparativa de granos-masa-tortilla y Factores de Conversión de Peso.

En el cuadro No. 10 se muestra la composición comparativa de granos (Base Seca), masa y tortillas que se obtuvieron experimentalmente en donde puede observarse la variación en peso desde los granos hasta las tortillas ya elaboradas. Así mismo, se ilustran los factores de conversión de peso. La composición señalada corresponde a la óptima como podrá corroborarse en la fase experimental.

### 3.2 Condiciones Generales de Evaluación Sensorial.

Se evaluaron cuatro parámetros sabor, color, textura y flexibilidad en las pruebas sensoriales normales.

Sin mencionar en ningún caso el contenido ni la composición de las tortillas para no influir en el criterio de las personas.

**SABOR.-** Se dividió en tres evaluaciones, Bueno (B), Regular (R) y Malo (M). Debido a que no existen parámetros para evaluar el sabor, éste siempre se evaluó comparativamente de tal manera que se dejaba al juicio de la persona que efectuaba la degustación que evaluara según su propio criterio. En algunas generales entre más se apartaba del sabor normal de las tortillas de maíz, lo clasificaban como malo.

**COLOR.-** Se dividió en tres evaluaciones Claro (C) para aquellas muestras que les pareciera con menos color, Normal (N) para las que no se diferenciaban del patrón usual, es decir, ligeramente amarillas, y Oscuro (O) para aquellas muestras que resultaban con un color café o pardo.

**TEXTURA.-** La textura inercialmente se midió uno o más días después de elaboradas las tortillas siempre al primer recalentamiento y dejándolas enfriar.

Se dividió en tres evaluaciones: Dura (D) para aquellas muestras que comparativamente presentaban éste fenómeno, Semidura (SD) y Suave (S) para aquellas muestras que resultaban dentro de esta evaluación.

**FLEXIBILIDAD.**- Esta prueba también se hizo invariablemente después de uno o más días de elaboradas las tortillas, después de recalentamiento pero sin dejarlas enfriar y se evaluó en Buena (B), si permitían enrollarse sin ninguna grieta en la tortilla, Regular (R) cuando aparecían de una a tres grietas y Mala (M) cuando aparecían más de tres grietas.

De la prueba número 1 a la 4 inclusive se realizaron a nivel laboratorio pruebas sensoriales con 6 personas. Y de la prueba 5 a la 7 inclusive se hicieron muestras en mayor cantidad y se evaluaron en grupos de 25 a 30 personas en promedio.

De las pruebas 8 y 9 se hizo una repetición en donde se logró una evaluación de 50 personas.

Así mismo, en todas las pruebas se elaboró una muestra testigo 100% con el mismo maíz blanco utilizado en cada una de las pruebas precisamente para tomar una referencia sensorial adecuada.

Finalmente cabe señalar que se indicó a las personas cual era el testigo.

### 3.3 Secuencia Experimental de las Pruebas Realizadas

Se realizaron 9 pruebas cegas objetivas, resultados preliminares y secuencia experimental se ilustran en el siguiente diagrama.

Notas:

- 1) Maíz: M      Soya: S      Trigo: T      Aceite: Ac      Almidón: A
- 2) Todas las cifras indicadas expresan composición en %
- 3) Los resultados preliminares fueron los óptimos sensorialmente.
- 4) La secuencia experimental se refiere a las pruebas inmediatas a realizar de acuerdo con los resultados preliminares obtenidos en cada caso.

<u>Prueba No.</u>	<u>Objetivo</u>	<u>Resultados Preliminares</u>	<u>Secuencia Experimental</u>
No. 1	Determinar la Proporción M-S	90BM - 10BS 80BM - 20BS	Precisar proporción soya en 5,10,15 y 20% de S.
No. 2	Determinar la Proporción M-S en S.	90BM - 10BS	Sustituir maíz por trigo dejando soya en 10%
No. 3	Determinar la Proporción M-S-T	80BM - 10BS - 10BT	Precisar más la proporción de trigo en 5,8,10 y 12%
No. 4	Precisar la Proporción de T en S, 8, 10 y 12%	80BM - 10BS - 10BT	Incorporar aceite

<u>Prueba No.</u>	<u>Objetivo</u>	<u>Resultados Previstos</u>	<u>Sumaria (Experimento)</u>
No. 5	Determinar la Proporción M - S - T - Ac con 9,6 y 3% de Ac.	77B- 10E- 10E7- 28Ac	Precisar la proporción de aceite con 3,2 y 1%
No. 6	Precisar la Proporción de aceite con 3,2 y 1%	77B- 10E- 10E7- 15Ac	Incorporar el almidón de Harz.
No. 7	Determinar Proporción de almidón con 15,10 y 5%	69B- 10E- 10E7- 15Ac- 10EA 77B- 10E- 10E7- 15Ac- 6EA	Precisar entre 10 y 5% de almidón
No. 8	Precisar el almidón con 10,8 y 6%	77B- 10E- 10E7- 15Ac- 6EA	Se consideró la opción de todo lo serie.

Prueba No.1Muestra Comparativa de Maíz y Soya

<u>Muestra</u>	<u>Composición en %</u>	<u>Tortillas Cantidad en Kg.</u>	<u>EVALUACION</u>								
			<u>SABOR</u>			<u>COLOR</u>			<u>TEXTURA</u>		
			B	R	M	C	N	O	D	SD	S
M <sub>1</sub>	Maíz 100 - Soya 0	0.250	*				*			*	
M <sub>2</sub>	Maíz 0 - Soya 100	0.250			*			*		*	
M <sub>3</sub>	Maíz 80 - Soya 20	0.250			*			*		*	
M <sub>4</sub>	Maíz 75 - Soya 25	0.250		*				*		*	
M <sub>5</sub>	Maíz 60 - Soya 40	0.250		*			*			*	
M <sub>6</sub>	Maíz 50 - Soya 50	0.250	*				*			*	

Resultados preliminares:

A) Las tortillas con una proporción de más allá de 20% de soya presentaron un color más oscuro y un sabor amargo con respecto a la tortilla 100% de maíz.

B) La proporción maíz-soya más aceptable en esta prueba fué entre las muestras M<sub>4</sub> y M<sub>5</sub>.

En virtud de estos resultados se procedió a efectuar la prueba No. 2 haciendo variar maíz y soya en las siguientes proporciones 80% Maíz-20% de soya; 60% Maíz-40% soya; 50% Maíz-50% soya y 30% Maíz-70% Soya.



Prueba No.2Mieza Comparativa y Evaluación Definitiva de lasProporciones de Maíz y Soya

<u>Muestra</u>	<u>Composición en %</u>	<u>Tortillas Cantidad en Kg.</u>	<u>EVALUACION</u>								
			<u>SAOR</u>			<u>COLOR</u>			<u>TEXTURA</u>		
			<u>B</u>	<u>R</u>	<u>M</u>	<u>C</u>	<u>N</u>	<u>O</u>	<u>D</u>	<u>SD</u>	<u>S</u>
M <sub>1</sub>	Maíz 100 - Soya 0	0.250	*				*			*	
M <sub>2</sub>	Maíz 80 - Soya 20	0.250		*				*		*	
M <sub>3</sub>	Maíz 85 - Soya 15	0.250		*			*			*	
M <sub>4</sub>	Maíz 90 - Soya 10	0.250	*				*			*	
M <sub>5</sub>	Maíz 95 - Soya 5	0.250	*				*			*	

Resultados preliminares:

- A) No se observó diferencia en cuanto a textura, sabor y color con respecto a las tortillas 100% de maíz en las pruebas con 5 y 10% de soya.
- B) Se prefirió la muestra con 10% de soya para lograr uno de los objetivos fundamentales que es aumentar el valor proteínico de las tortillas.

Muestra	Composición en %	Tortillas Cantidad en Kg.	EVALUACION								
			SABOR			COLOR			TEXTURA		
			B	R	N	C	N	O	D	SD	S
M <sub>1</sub>	Maíz 100	0.280	*				*			*	
M <sub>2</sub>	80M - 10S - 10T	0.280	*				*			*	
M <sub>3</sub>	70M - 10S - 15T	0.280		*			*			*	
M <sub>4</sub>	70M - 10S - 20T	0.280			*			*		*	

Resultados preliminares:

- A) Las tortillas con una proporción mayor de 15% de trigo provocaban que en partes se quemaban y en otras no quemaban bien cocidas y por lo tanto quedaban de un mal aspecto en cuanto al color ya que estaban oscuras en donde faltaba cocimiento y más aún en donde se quemaban.
- A demás quedaban duras por el distinto grado de cocimiento
- B) El sabor que les daba a las muestras de 15% y 20% de trigo ya no se asemejaba tanto al de 100% de maíz.
- C) La muestra que resulto mejor fue la de 10% de trigo. Por lo tanto se procederá a precisar el trigo.

Prueba No.4Mixcia Comparativa y Evaluación Definitiva de las  
Proporciones de Maíz-Soya-Trigo (M-S-T)

<u>Muestra</u>	<u>Composición en %</u>	<u>Tortillas Cantidad en Kg.</u>	<u>EVALUACION</u>								
			<u>SAOR</u>			<u>COLOR</u>			<u>TEXTURA</u>		
			B	R	M	C	N	O	D	SD	S
M <sub>1</sub>	Maíz 100	0.250	*				*			*	
M <sub>2</sub>	78M - 10S - 12T	0.250		*				*		*	
M <sub>3</sub>	80M - 10S - 10T	0.250	*				*			*	
M <sub>4</sub>	82M - 10S - 8T	0.250	*				*			*	
M <sub>5</sub>	89M - 10S - 5T	0.250	*				*			*	

Resultados preliminares:

- A) Las muestras M<sub>3</sub>, M<sub>4</sub> y M<sub>5</sub> fueron muy parejas, tuvieron buen sabor, no hubo color oscuro y hubo un mejor cocimiento, es decir, el cocimiento fue parejo y por lo tanto no se quemaban.
- B) Se escogió la muestra M<sub>3</sub> con 10% de trigo para lograr un enriquecimiento más proteínico y complementario de las tortillas con el trigo.

Prueba No. 5Prueba Comparativa de Maíz-Sopa-Trigo-Aceite (M-S-T-Ac)

<u>Muestra</u>	<u>Composición en %</u>	<u>Tortillas Cantidad en Kg.</u>	<u>EVALUACION</u>											
			<u>SABOR</u>			<u>COLOR</u>			<u>TEXTURA</u>			<u>FLEXIBILIDAD</u>		
			<u>B</u>	<u>R</u>	<u>M</u>	<u>C</u>	<u>N</u>	<u>O</u>	<u>D</u>	<u>SD</u>	<u>S</u>	<u>B</u>	<u>R</u>	<u>M</u>
M <sub>1</sub>	100% Maíz	0.500		*			*			*			*	
M <sub>2</sub>	71M-10S-10T-9Ac	0.500			*			*			*		*	
M <sub>3</sub>	70M-10S-10T-6Ac	0.500			*			*			*	*		
M <sub>4</sub>	77M-10S-10T-3Ac	0.500		*			*				*	*		

Resultados preliminares:

- A) Las muestras M<sub>2</sub> y M<sub>3</sub> con 9 y 6% de aceite respectivamente, desprendían a éste debido al exceso que contenían.
- B) La muestra M<sub>4</sub> con 3% de aceite resultó la mejor sólo que aún se notaba un ligero exceso de aceite.

Prueba No.6

Mezcla Comparativa y Evaluación Definitiva de las Proporciones de Maíz-Sorgo-Trigo-Aceite (M-S-T-Ac)

Muestra	Composición en %	Tortillas Cantidad en Kg.	EVALUACION											
			SABOR			COLOR			TEXTURA			FLEXIBILIDAD		
			B	R	M	C	N	O	D	SD	S	B	R	M
M <sub>1</sub>	100% Maíz	0.500		*			*			*		*		
M <sub>2</sub>	77M-10S-10T-3Ac	0.500		*			*			*	*			
M <sub>3</sub>	78M-10S-10T-2Ac	0.500	*				*			*	*			
M <sub>4</sub>	79M-10S-10T-1Ac	0.500	*				*			*	*			

Resultados preliminares:

- A) La muestra M<sub>4</sub> y resultó la óptima ya que le da buen sabor, color, textura y flexibilidad, además no se nota la presencia del aceite,
- B) Debido a que las tortillas contienen aceite, conservan más el calor, es decir, duran más tiempo calientes y principalmente mejoran la flexibilidad.

Prueba No. 7Prueba Comparativa de Maíz-Sopa-Trigo-Aceite-Almidón (M-S-T-Ac-A)

Muestra	Composición en %	Tortillas Contenido en Kg.	EVALUACION											
			SABOR			COLOR				TEXTURA		FLEXIBILIDAD		
			B	R	M	C	N	O	D	SD	S	B	R	M
M <sub>1</sub>	100% Maíz	0.500		*										
M <sub>2</sub>	60%-10%-10%-1Ac-15A	0.500			*	*					*	*		
M <sub>3</sub>	60%-10%-10%-1Ac-10A	0.500	*			*					*	*		
M <sub>4</sub>	70%-10%-10%-1Ac-5A	0.500	*			*					*	*		

Resultados preliminares:

- A) La muestra con 15% de almidón varía mucho el sabor comparativamente a una tortilla 100% de Maíz.
- B) Las muestras M<sub>3</sub> y M<sub>4</sub> fueron las que resultaron mejor, pero aún se necesita precisar la proporción adecuada, por lo tanto, se probará con 10, 8 y 6% de almidón.

Prueba No:8

Mezcla Cooperativa y Evaluación Definitiva de las Proporciones de  
Maíz-Soya-Trigo-Aceite-Almidón (M-S-T-Ac-A)

<u>Muestra</u>	<u>Composición en %</u>	<u>Tortillas</u> <u>Cantidad en Kg.</u>	<u>EVALUACION</u>											
			<u>SABOR</u>			<u>COLOR</u>			<u>TEXTURA</u>			<u>FLEXIBILIDAD</u>		
			<u>B</u>	<u>R</u>	<u>M</u>	<u>C</u>	<u>N</u>	<u>O</u>	<u>D</u>	<u>SD</u>	<u>S</u>	<u>B</u>	<u>R</u>	<u>M</u>
M <sub>1</sub>	100% Maíz	0.500		*										
M <sub>2</sub>	69% 10S-10T-1Ac-10A	0.500	*			*				*	*			
M <sub>3</sub>	71% 10S-10T-1Ac-8A	0.500	*			*				*	*			
M <sub>4</sub>	73% 10S-10T-1Ac-6A	0.500	*			*				*	*			

Resultados preliminares:

- A) Las muestras M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub> y M<sub>4</sub> con 10,8 y 6% de almidón impartan buena textura, flexibilidad, color y sabor.
- B) Se escogió la muestra M<sub>4</sub> con 6% de almidón como la óptima para no disminuir el valor proteínico de la tortilla al contener un probable exceso de éste.

Gráfica No. 1

Ilustración Gráfica del Tiempo de Conservación en las Condiciones Señaladas de Muestras

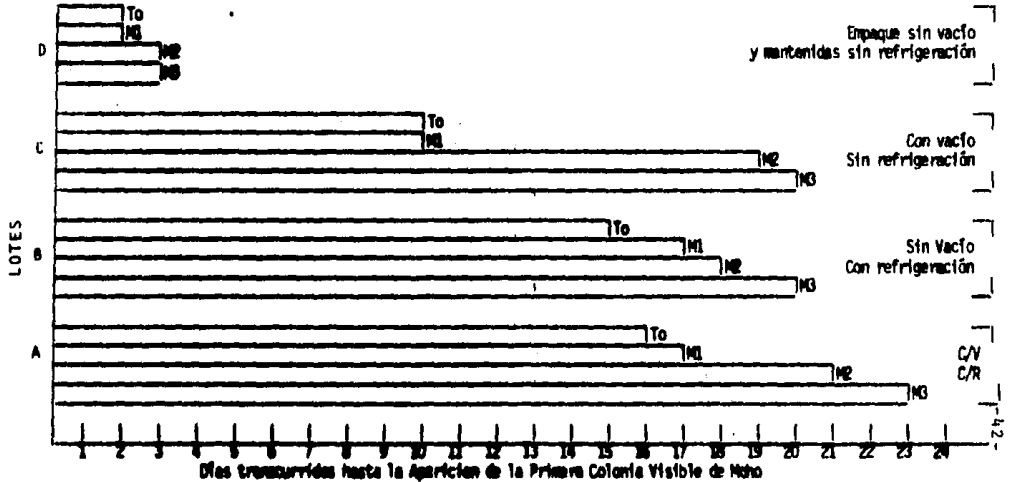
Testigo y de Tortillas Mejoradas con 3 proporciones de Acido Sórbito.

T<sub>0</sub> = Testigo sin Ac. Sórbito

M<sub>1</sub> = 0.1 Ac. Sórbito

M<sub>2</sub> = 0.25 Ac. Sórbito

M<sub>3</sub> = 0.35 Ac. Sórbito





Cuadro No. 10

Variación de la Composición Comparativa de Grano-Masa-Tortilla

<u>Ingredientes</u>	<u>Cantidad en Gramos</u>	<u>S</u>	<u>Masa</u>	<u>S</u>	<u>Tortillas</u>	<u>S</u>
1.- Maíz	2555	73	2985	42.01	2985	53.38
2.- Soya	390	10	380	5.86	380	7.31
3.- Trigo	350	10	390	5.86	380	7.31
4.- Almidón	210	6	210	1.52	210	4.38
5.- Aceite	35	1	35	0.98	35	0.73
6.- Agua	—	—	*2468	41.35	*1286	25.87
	<u>3500</u>	<u>100S</u>	<u>5968</u>	<u>100.0S</u>	<u>4786</u>	<u>100.0S</u>

\*:Agua retenida

Cálculos:

5968-3500 = 2468 Agua retenida de grano a masa  
 5968-4786 = 1182 Agua evaporada de masa a tortillas  
 2468-1182 = 1286 Agua retenida (humedad de la tortilla)

Factores de Conversión de Peso:

$$\frac{\text{Masa Obtenida}}{\text{Granos e Ingredientes}} = \frac{5968 \text{ g}}{3500 \text{ g}} = 1:1.705$$

De grano a masa : 1:1.705

$$\frac{\text{Tortillas obtenidas}}{\text{Masa Obtenida}} = \frac{4786 \text{ g}}{5968 \text{ g}} = 1:0.802$$

De masa a tortillas : 1:0.802

$$\frac{\text{Tortillas obtenidas}}{\text{Granos e Ingredientes}} = \frac{4786 \text{ g}}{3500 \text{ g}} = 1.362$$

De grano a Tortillas : 1:1.362

### 3.4 Análisis Bromatológico y Cálculo de Aminoácidos Esenciales.

En el cuadro No. 11 puede observarse el cálculo bromatológico de las tortillas mejoradas tomando como base los valores que consigna el Instituto Nacional de Nutrición para granos de maíz, soya y trigo, almidón de maíz y aceite vegetal. Estos cálculos se hicieron a partir de la composición señalada en el cuadro No. 10.

El cuadro No. 11 como puede observarse consta de tres partes, la primera la composición bromatológica de acuerdo a la cantidad empleada de granos, la segunda parte el cálculo de proteínas, grasa y carbohidratos para las tortillas mejoradas y la tercera parte la comparación entre las tortillas mejoradas y las comunes.

Las cifras señaladas entre paréntesis se refieren a los gramos de proteína, grasa y carbohidratos respectivamente, por cada 100 gramos de alimento, consignadas por el Instituto Nacional de la Nutrición.

El cuadro No. 12 señala el cálculo total de aminoácidos esenciales de las tortillas mejoradas, así como la comparación con la tortilla común.

Se señalan así mismo los incrementos y decrementos de cada uno de los ocho aminoácidos esenciales obtenidos comparativamente entre la tortilla común y la tortilla mejorada.

Los datos así mismo estuvieron basados en las cifras que consigna el Instituto Nacional de la Nutrición.

En la parte inferior de este cuadro se señala el cálculo de aportación de proteína de cada grano, correspondientes así mismo a la última formulación encontrada que se señala en el cuadro No. 10.

Cuadro No. 11

Cálculo Bromatológico de las Tortillas MejoradasA.- Análisis Bromatológico: (Base Seca)

<u>Ingredientes</u>	<u>Cantidad</u> (g)	<u>S</u>	<u>Proteínas</u> (g)	<u>Grasa</u> (g)	<u>Carbhidratos</u> (g)
Maíz	2565	73	(7.9) 201.85	(4.7) 120.08	(73) 1865.15
Soya	350	10	(40.0) 140.0	(21.0) 73.5	(34) 119.0
Trigo	350	10	(10.6) 37.10	(2.6) 9.1	(73.4) 256.9
Almidón	210	6	(0.6) 1.25	(0.2) 0.42	(86.6) 179.76
Aceite	35	1	—	1.0	—
Totales:	<u>3500</u>	<u>100</u>	<u>380.21</u>	<u>204.1</u>	<u>2420.81</u>

Peso Total de las tortillas = 4786

B.- Cálculos:

Proteínas =  $\frac{380.21}{4786} (100) = 7.9\%$     Grasa =  $\frac{204.1}{4786} (100) = 4.26\%$     Carbhidratos =  $\frac{2420.81}{4786} (100) = 90.98\%$

C.- Comparación:

	<u>Proteínas</u> (%)	<u>Grasa</u> (%)	<u>Carbhidratos</u> (%)
Tortillas Mejorada	7.9	4.26	90.98
Tortilla Normal (Según Instituto Nacional de Nutrición)	5.9	1.30	47.20
Incrementos	<u>+2.0 (33.8%)</u>	<u>+2.76 (19%)</u>	<u>+3.38 (7%)</u>

Cuadro No. 12

Cálculo Comparativo de los Aminoácidos Esenciales de las Tortillas  
Mejoradas y la Tortilla Tradicional

Gramos de Aminoácidos en 100 gramos de tortillas.

<u>Grano</u>	<u>Cantidad de Proteína*</u>	<u>Lisina</u>	<u>Isoleucina</u>	<u>Treonina</u>	<u>Valina</u>	<u>Leucina</u>	<u>Triptofano</u>	<u>Metionina</u>	<u>Fenilalanina</u>
Mafz	4.22	0.118	0.186	0.164	0.213	0.544	0.026	0.079	0.194
Soya	2.93	0.198	0.140	0.115	0.152	0.230	0.038	0.037	0.143
Trigo	0.78	0.021	0.032	0.022	0.035	0.082	0.009	0.011	0.038
	<u>7.93</u>	<u>0.337</u>	<u>0.357</u>	<u>0.301</u>	<u>0.400</u>	<u>0.856</u>	<u>0.073</u>	<u>0.127</u>	<u>0.375</u>
Tortilla Normal	5.90	0.147	0.351	0.239	0.309	0.949	0.032	0.112	0.258
Incrementos	<u>2.03</u>	<u>0.190</u>	<u>0.016</u>	<u>0.027</u>	<u>0.091</u>	<u>—</u>	<u>0.041</u>	<u>0.015</u>	<u>0.177</u>
Decrementos	+34.40%	+128%	+4.52%	+25.94%	+29.44%	0.123 -12.98%	+28%	+13.39%	+45.34%

Cálculos:

$$\text{Mafz} = \frac{201.85}{47.8} (100) = 4.22$$

$$\text{Soya} = \frac{140}{47.8} (100) = 2.93$$

$$\text{Trigo} = \frac{37.10}{47.8} (100) = 0.78$$

\*: Gramos por 100 gramos de tortillas

Cálculos realizados en base a datos del Instituto Nacional de Nutrición.

### 3.5 Análisis Comparativo de Costos.

El siguiente cuadro de costos (cuadro no. 13) está valorizado a los precios comerciales vigentes en el mes de Octubre de 1986. Como podrá observarse en el cuadro No. 13 el costo directo de los ingredientes de la tortilla majorada es \$124.50 por kilo. El costo directo de los ingredientes de la tortilla común es de \$76.40 kilo por lo que existe una diferencia de \$48.10 lo que representa un incremento de 63% sobre el costo directo de la tortilla común.

#### Cuadro No. 13

#### Análisis Comparativo de Costos Directos de los Ingredientes de la Tortilla Majorada y la Tortilla Común.

<u>Ingredientes</u>	<u>Cantidad</u> (g)	<u>Precio Unitario</u>	<u>Importe</u>
1.- Maíz	730	\$110.00 Kg	\$80.30
2.- Soya	100	190.00	19.00
3.- Trigo	100	100.00	10.00
4.- Almidón	60	170.00	10.20
5.- Aceite	10	500.00	5.00
	1000 g		\$124.50 Kg.

Datos Vigentes a Octubre 1986.

Tortilla Común	1000 g	\$110.00 (Maíz)	\$76.40
(Maíz)			

## **IV. RESULTADOS**

#### IV.- RESULTADOS.

Para el desarrollo del presente trabajo se realizaron un total de 32 pruebas incluyéndose varias repeticiones de algunas de ellas.

Sin embargo, en el desarrollo experimental se muestran 9 pruebas que fueron las más significativas y que dieron lugar a cambios favorables en la formulación buscada.

Las pruebas No. 1 y 2 se realizaron para buscar la mejor proporción soya-maíz para ver cual era la proporción óptima de soya sin que afectara el sabor; en ellas se pudo observar que con 20% de soya da un sabor amargo y oscurece a las tortillas.

Así mismo se vió que la proporción óptima fué con 10% de soya ya que no hace variar el sabor ni el color significativamente.

En las pruebas No. 3 y 4 se combinó la formulación soya-maíz incorporándole el trigo y obteniendo así la proporción adecuada de éste, la cual fué de 10% ya que con una mayor proporción las tortillas se quemaban y endurecían.

Las pruebas No. 5 y 6 nos demostraron que a mayor cantidad de aceite, se hacían más "chiclosas" las tortillas, y se separaba éste. Además se logró llegar a la proporción óptima que fué de 1% en la cual, quedaron bastante flexibles las tortillas sin afectar el sabor, color y textura.

En las pruebas No. 7 y 8 se observó que la proporción de fécula de maíz adecuada era de 6% ya que dió buena textura, flexibilidad color y sabor. Por el contrario con proporciones mayores varía mucho el sabor en comparación con una tortilla tradicional de maíz.

Se efectuó un análisis bromatológico de las tortillas mejoradas en el cual se realizaron las determinaciones de Proteínas y Grasa de la formulación óptima y se obtuvieron los siguientes resultados:

Proteínas 7.8%

Grasa 4.0%

Se efectuó también el cálculo teórico del Análisis Bromatológico de las tortillas mejoradas, así como un cálculo comparativo de los aminoácidos esenciales, como puede observarse en el capítulo III.

El análisis bromatológico calculado teóricamente de acuerdo con las "Tablas de Uso Práctico del Valor Nutritivo de los Alimentos Mexicanos" editado por el Instituto Nacional de Nutrición (1980) como puede observarse en el cuadro No. 11, nos ilustra los siguientes resultados:

Proteínas.....	(7.9%)
Grasa.....	(4.26%)
Carbhidratos.....	(50.56%)

Como podrá observarse prácticamente son iguales los valores del Análisis Bromatológico realizado y los resultados calculados teóricamente.

El Instituto Nacional de Nutrición reporta los siguientes valores para la tortilla común.

Proteínas.....	(5.9%)
Grasa.....	(1.5%)
Carbhidratos.....	(47.2%)

Como podrá observarse la tortilla mejorada tiene dos puntos más de proteína (7.9 - 5.9), lo cual significa un incremento con respecto a la tortilla común 33.8%. Así mismo, tiene 2.76 puntos más de grasa; estos incrementos son debidos tanto a la proteína de mejor calidad como a la grasa del trigo y de la soya.

Conviene señalar que el aumento de proteína de 33.8% citado no solo es un aumento en cantidad, sino que existió una mejoría en la calidad de los aminoácidos que contiene la tortilla mejorada.

Lo anterior puede deducirse observando el cuadro No. 12 en donde se corrobora que existió un aumento en todos los aminoácidos esenciales exceptuando la leucina.

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO  
SECRETARÍA DE SALUD  
DIVISIÓN DE NUTRICIÓN



Es sabido que en la nixtamalización de maíz la proporción de Leucina/Isoleucina se reduce de tal manera que éste mismo fenómeno se observó en la elaboración de las tortillas mejoradas, con respecto a la relación de los granos utilizados.

Por ejemplo, la relación Leucina/Isoleucina para el maíz es el siguiente:

Leucina = 12.89 gramos por 100 gramos de proteína

Isoleucina = 4.43 gramos por 100 gramos de proteína

Por lo tanto, la relación R = Leucina/Isoleucina es:  $12.89/4.43 = 2.9$

Para la tortilla común la relación Leucina/Isoleucina es:

$$R = 16.16/5.95 = 2.71$$

Y para la Tortilla Mejorada es  $0.826$  gramos por 100 gramos de tortilla/ $0.367$  gramos por 100 gramos de tortilla =  $2.25$

Por otra parte, se hizo una prueba piloto en la cual se elaboraron 3.9K de tortillas mejoradas, además el patrón de referencia de 100% de maíz, para poder realizar una evaluación sensorial con un mayor número de personas y así confirmar la formulación óptima que fué.

Maíz.....(73%)  
Soya.....(10%)  
Trigo.....(10%)  
Almidón.....( 6%)  
Aceite.....( 1%)  
Ac. Sorbico.....(0.2%)  
Sal  
Agua

En cuanto a la prueba de conservación efectuada al final de la experimentación y como puede observarse en la gráfica No. 1, es notable la diferencia en tiempo en el lote D en el cual se conservaron sin vacío y sin refrigeración con respecto a los lotes A, B y C.

También puede observarse que no existe una diferencia significativa en el número de días de conservación entre las concentraciones  $M_2$  y  $M_3$  por lo cual puede deducirse que la concentración  $M_2$  (0.2% ác. sórbico) puede resultar la óptima.

Finalmente puede observarse en esta gráfica que resulta más importante el empaque al vacío que la conservación en refrigeración. Esto se corrobora porque la  $M_2$  en el lote C no tiene diferencias significativas comparadas con las  $M_2$  de los lotes A y B.

Por otra parte, el costo directo de los ingredientes de la tortilla mejorada fué de \$124.50 por kilo sin empaque, mientras que de la tortilla común fué de \$76.40.

## V. CONCLUSIONES

V.- CONCLUSIONES:

1.- La óptima formulación de la Tortilla mejorada según las pruebas organolépticas, de textura y flexibilidad tiene la siguiente composición:

Maíz.....	(53.38%)
Soya.....	( 7.31%)
Trigo.....	( 7.31%)
Almidón.....	( 4.38%)
Aceite.....	( 0.73%)
Agu.....	(26.87%)

2.- Se obtuvieron perdidos hasta de 21 días de conservación empleando una concentración de 0.2% de Ácido Sòrbico. A una concentración de 0.3% solo hubo un incremento de 2 días más, por lo tanto se considera suficiente emplear la dosis de 0.2% del peso de la masa de las tortillas.

3.- El contenido de proteínas de la formulación de la tortilla aquí planteada es superior en un 33.8% del contenido de proteínas de la tortilla común. Midiendo este parámetro de acuerdo a los valores reportados por el Instituto Nacional de Nutrición para los diferentes componentes en uno y otro caso.

4.- La calidad de la proteína debido a la aportación que hace la soya y el trigo es mayor que la tortilla común. Existieron incrementos de siete aminoácidos esenciales Lisina, Isoleucina, Treonina, Valina, Triptofano, Metionina y Fenilalanina, con un promedio de 53.0% variando desde 4.5% en el caso de la isoleucina hasta incrementos de 128% en el caso del triptofano.

5.- Existió un solo decremento en la Leucina del 12.9%, pero este fenómeno es normal por el proceso de nixtamalización ya que, la nixtamalización tradicional del maíz arroja una disminución de la relación Leucina/Isoleucina, de tal manera que en el maíz originalmente la relación es de 2.90, en la tortilla elaborada únicamente con maíz es de 2.71 y en la tortilla mejorada es de 2.25. La disminución de esta relación como es sabido mejora el aspecto nutricional del maíz.

6.- Aunque el costo directo a la fecha de elaboración es superior en \$48.10 por kilo que en la tortilla común se obtiene un producto con un mayor valor nutricional que posiblemente no se desperdicia o no se tenga que eliminar por endurecimiento de las tortillas compensándose así con estas ventajas la diferencia del costo.

7. Por último, es conveniente señalar que dentro de las limitaciones de este trabajo, es importante, realizar una investigación subsecuente al menos en tres áreas: a) Tipos de maíz, en cuanto a su dureza y su contenido proteínico y su relación con diferentes condiciones de nixtamalización. b) el cocimiento de las tortillas simultáneamente por ambas caras en lugar del sistema tradicional de calentamiento de una cara y el volteo subsecuente. c) Ampliar las pruebas para el uso de aditivos para lograr un mayor tiempo de conservación.

VI.- BIBLIOGRAFIA:

- (1), (16), (18) y (20) Badurí Dergal, Salvador; "Química de los Alimentos"; México, D.F.; Ed. Alhambra, S.A.; P.p. 141, 145, 420, 422, 423.
- (2), (8) y (14) Hernández, Mercedes; Chavez, Adolfo; Bourges, Héctor; Tablas de Uso Práctico del Instituto Nacional de la Nutrición, "Valor Nutritivo de los Alimentos Mexicanos"; Publicaciones de la División de Nutrición-L-12; 8a. Edición; México, D.F.; 1980; p.p. 6, 22, 23.
- (3) Organización de las Naciones Unidas (FAO) para la Agricultura y la Alimentación; "El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación"; Roma, Italia; 1970; Pág. 263.
- (4) y (7) Tesis Profesional, Universidad la Salle; Gorostiza González, Ana Lilia; "Análisis del Programa de sustitución de Molinos para Nixtamal por Fábricas de Harina de Maíz"; México, D.F.; 1979; p.p. 11, 101
- (5) Ibid., Pág. 14 y publicación del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto); "El Sector Alimentario en México"; México, D.F.; Sept. 1984; Pág. 15
- (6) Barkin, David, Suárez, Blanca; "El Fin de la Autosuficiencia Alimentaria"; 1a. Edición; Ed. Océano; México, D.F.; 1985; Pág. 175
- (9), (10) y (13) Primo Yúfera, E.; "Química Agrícola III Alimentos"; 1a. Edición; Ed. Alhambra; España; 1979; p.p. 12, 13, 22, 52, 53.
- (11), (12) y (21) Publicación del Centro de Nutrición Humana, Asociación Americana de Soya; Dehesa Sierra, Susana; "Tortillas Fortificadas con Soya"; México, D.F.; 1984; p.p. 3,4,6
- (15) Desrosier, Norman W.; "Elementos de Tecnología de Alimentos"; 2a. Edición; Ed. C.E.C.S.A.; México, D.F.; 1984; Pág. 155

- (17) Breveman, J.B.S.; "Introducción a la Bioquímica de los Alimentos"; Ed. El Manual Moderno, S.A.; México, D.F.; 1980; Pág. 82
- (19) Boletín de la Asociación Americana de la Soya; "Soya Noticias"; México, D.F.; 1980; Pág. 5
- (22) Universidad Autónoma de Chapingo; Estudio de Tres Factores: Dureza, Tiempo y Temperatura en la Hixtamización del Maíz; "Chapingo"; Nos. 31-32; Chapingo, México; 1981; Pág. 46