

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE QUIMICA**

**ELABORACION DE UNA HARINA DE AJONJOLI,  
EVALUACION BIOLOGICA Y SU POSIBLE USO  
COMO ALIMENTO HUMANO.**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**QUIMICO FARMACEUTICO BIOLGO**  
**P R E S E N T A**

**MARCOS FRANCISCO BAEZ FERNANDEZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CLAS. Tesis  
ADM. 1975  
FECHA 1975  
PROC. Mt. 33



JURADO ASIGNADO

ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA:

- Presidente: Q.F.B. Ninfa Guerrero de Gallejas
- Vocal: ING. Enrique García Galeano
- Secretario: ING. Alejandro Garduño Torres
- 1<sup>er</sup> Suplente: Q.F.B. y M.C. Angela Sotelo López
- 2<sup>o</sup> Suplente: I.Q. y M.C. Rubén Berra García-Coss

Sitio donde se desarrolló el tema:

Dpto. de Fisiología de la Nutrición  
y Tecnología de Alimentos, División  
de Nutrición, I.N.N.

- Sustentante: Marcos Francisco Báez Fernández
- Asesor del tema: ING. Alejandro Garduño Torres
- Asesor Técnico: I.B.Q. José Luis Camacho Cuevas

A MIS QUERIDOS PADRES FRANCISCO  
BAEZ Y COHINDA FERNANDEZ QUE  
LOGRARON QUE HAYA CULMINADO MI  
CARRERA PROFESIONAL.

A RAQUEL Y SILVIA

A MI FAMILIA QUE ENCUENTRO  
EN ELLA TODOS MIS ANHELOS  
Y BENDICIONES BLANCA LILIA,  
ANA LILIA Y ADRIANA.

El presente trabajo (investigación) fué costeado por el Programa Nacional de Alimentación (del CONACYT y de la Secretaría de la Presidencia) y por el Instituto Nacional de la Nutrición y forma parte de las actividades de Tecnología de Alimentos de Interés Social de dicho Programa.

El presente trabajo fué dirigido por el IBQ José Luis Camacho Cuevas del Instituto Nacional de la Nutrición y asesorado por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México por el IQ. Alejandro Garduño. Agradezco a ambos su ayuda y que hicieron posible llevar a cabo la culminación de este trabajo.

Con profundo agradecimiento al  
Dr. Héctor Bourges Rodríguez  
Jefe del Dept. Fisiología de la  
Nutrición y Tecnología de Ali-  
mentos, por darme la oportunidad  
de realizar ésta tesis y por  
brindar su ayuda tan valiosa y su  
buena dirección.

Mi sincero agradecimiento al  
Dr. Adolfo Chávez V. Jefe de  
la División de Nutrición por  
las facilidades brindadas pa  
ra hacer posible el desarro-  
llo de ésta tesis.



A todos mis compañeros y amigos del laboratorio que con su gran ayuda y su amistad hicieron que llevara a cabo la culminación de mi tesis.

Mi sincero agradecimiento a la Srita. Teresa García O. por su apreciable colaboración.

Muchas gracias al I.B.Q. Eduardo Mendoza por su desinteresada y apreciable colaboración.

## INDICE DE CAPITULOS

	Pag.
I INTRODUCCION Y GENERALIDADES.	1
II MATERIAL Y METODOS.	24
III RESULTADOS.	65
IV DISCUSION.	76
V CONCLUSIONES.	85
VI BIBLIOGRAFIA.	87

I INTRODUCCION Y GENERALIDADES.

## INTRODUCCION

Aunque la disponibilidad de alimentos que aportan calorías ya están causando preocupación en muchos países, la baja disponibilidad de proteínas no sólo de origen animal sino también las de origen vegetal, plantea una cuestión todavía más crítica principalmente a las personas de bajo poder adquisitivo. Aproximadamente el 70% del suministro mundial de proteínas procede de fuentes vegetales, de las cuales, los cereales proporcionan el 50%, las leguminosas, las semillas oleaginosas y las nueces, otro 12% más, y las raíces amiláceas, las hortalizas y las frutas el 8 por ciento. El restante 30% es de procedencia animal: carne, leche y sus derivados, huevos y pescado (1). Los resultados de las encuestas realizadas por la FAO a nivel mundial muestran que países como los Estados Unidos, Australia, Argentina e Israel, consumen alrededor de 3090 Kcal. y 90.2 g de proteínas totales por persona por día, de las cuales 57.8g (64%) son de origen animal (1). En cambio países como Perú, Colombia, Brasil, Costa Rica y Ecuador, consumen alrededor de 2580 Kcal. y 64 g de proteínas por persona y por día de las cuales 26.4 g (41%) son de origen animal (1) y un tercer grupo de países tales como Pakistán, India, China, Uganda y Filipinas, consumen alrededor de 2030 Kcal. y 47.9 g de proteínas por persona y por día, de las cuales sólo 8.6 g (18 %) son de origen animal (1). El consumo de proteínas totales es variable dentro de un mismo grupo étnico, entre los diferentes grupos socioeconómicos y entre individuos, según la región, la estación del año y la renta familiar.

En México existen grandes grupos mal alimentados, lo cual se desprende de las encuestas realizadas por el Instituto Nacional de la Nutrición, las cuales revelan que el problema es más serio en el medio rural (2). De éstas encuestas la región más afectada resulta la zona del Sureste (Chiapas, Yucatán y Oaxaca) con un consumo promedio per cápita de sólo 48.4 g de proteínas, 5.2 g (10.7%) de origen animal, le sigue la zona Sur y después la Centro Occidental (Tlaxcala, Michoacán, Guanajuato, etc.) (2). Las zonas mejor alimentadas son las del Norte (Chihuahua, Coahuila, Sonora, etc.) y las regiones costeras, con un consumo promedio per cápita de 60.8 g de proteínas de las cuales 10.4 g de proteína (17%) son de origen animal (2).

En México las dietas insuficientes se componen de maíz como alimento fundamental y a veces frijol, verduras, frutas, azúcar, pan y pastas, y sólo ocasionalmente alimentos de origen animal (3). Fisiológicamente esto podría ser suficiente para un hombre adulto de acuerdo con los resultados de un trabajo realizado recientemente por Arroyave (4), el cuál demuestra que sería suficiente ingerir alrededor de 0.57 g de proteína, aún predominantemente de maíz (80%) por Kg. por día, para satisfacer los requerimientos del individuo para cada uno de los aminoácidos esenciales y mantener un balance de nitrógeno equilibrado. Sin embargo esta conclusión no debe ser aplicada a organismos que se encuentran en pleno desarrollo, pues según lo establecido por la FAO/OMS (5), éstos requieren mayores cantidades de proteína de alta calidad. Se llama proteína de alta calidad, a aquella que proporciona todos los aminoácidos indispensables en cantidades suficientes para atender las necesidades

fisiológicas. Estas dietas insuficientes tienen su origen en factores socioeconómicos y culturales y no tanto en un real déficit en la producción nacional.

En México se incrementó la producción de alimentos a partir de 1940 y éste incremento fué superior al que registró la población. Sin embargo desde 1960 el aumento de la disponibilidad (consumo aparente) no es paralelo al de la producción; así mismo desde 1965 sus incrementos son menores que los de la población por lo que el consumo per cápita no se ha elevado más (6). Los alimentos que experimentaron mayores incrementos fueron los de origen vegetal tales como los cereales y las leguminosas, superando notablemente al crecimiento demográfico, en cambio la disponibilidad de alimentos de mejor calidad, sobre todo la carne, apenas aumentó lo suficiente para compensar el crecimiento de la población. Más aún en el caso de la leche, producto fundamental en la dieta infantil, la disponibilidad per cápita es menor año con año (6). El panorama que se vislumbra es poco halagador debido a intensas sequías en el año de 1968, en que comenzó a disminuir el ritmo de crecimiento tanto en la producción como en la disponibilidad y a partir de 1971 la producción se ha estacionado. Se ha tenido que aumentar la importación de algunos productos, como cereales, leguminosas y oleaginosas y a pesar de ello se han reducido las disponibilidades alimentarias per cápita en aproximadamente 10 por ciento (7). Esta situación constituye una "crisis alimentaria" que afecta sobre todo a los sectores de bajos recursos económicos.

Si se divide per cápita la producción total de proteínas animales y vegetales, a cada habitante corresponde la cantidad de 77 g de proteínas por día, de las que el 33% son de origen animal (7). La distribución de los alimentos está en función del poder adquisitivo de los diversos estratos de población. En este sentido se observa que mientras en los centros demográficos de importancia, un grupo poblacional tiene poder de compra para demandar abundantemente productos básicos en la dieta (cereales) y hasta los de origen animal, otro sector de las áreas urbanas de "ingresos bajos", enfrenta problemas para adquirir en su dieta cotidiana proteínas de origen animal. Esta situación es todavía más crítica en las áreas rurales, donde el sustento del individuo lo constituyen principalmente los alimentos que aportan calorías (cereales), siendo francamente escaso su consumo de proteínas de origen animal.

Haciendo un análisis realista la Dirección General de Estadística, señala que el IX Censo de Población realizado el 28 de enero de 1970 el país contaba con 48.4 millones de habitantes, para muchos de los cuales, debido a los bajos niveles de ingreso, resultaba imposible adquirir alimentos básicos (8). Los datos revelan que durante la semana anterior al censo 10 millones de habitantes no comieron carne; 11.2 millones no comieron huevos; 18.4 millones no tomaron leche; 34 millones no comieron pescado y 11.3 millones no probaron pan de trigo (8). Además, aunado a todo lo anterior, México tiene una extraordinaria dinámica demográfica: la tasa de crecimiento de la población fué de 1.7% en los treintas, 2.7% en los cuarentas, 3.1% en los cincuentas y 3.4% en los sesentas (9). Dada la

tendencia descendente de mortalidad y niveles muy elevados de natalidad, es probable que la tasa de crecimiento de la población se mantenga constante (3.4%) en los próximos años, de tal forma que para 1976 la población será de 62.3 millones de habitantes y de 72 millones para el año 1980 (9). En nuestro país existe en la actualidad un desequilibrio entre el incremento de población y la disponibilidad de alimentos tanto en cantidad como en calidad es deficiente la dieta de la mayor parte de la población mexicana.

A partir de 1970 comenzó a disminuir el volumen de alimentos a nivel mundial, que al principio sólo repercutió en las reservas de los países desarrollados, debido en principio a algunas causas:

a.- En los países desarrollados hubo una disminución de las siembras, posiblemente debido a la falta de estímulos económicos al agricultor.

b.- En los países de escaso desarrollo hubo una insuficiente cosecha, causada principalmente por intensas sequías, sobre todo en las zonas semiáridas.

En México existen varias causas que provocan en conjunto la escasez de alimentos, siendo la principal, la fuerte dependencia de las lluvias, puesto que de los 30 millones de hectáreas de cultivo de nuestro país (que representan el 15.2% de su superficie), el 81.3% es de temporal, el 15% de riego y el 3.7% de humedad (10). Por consiguiente se depende en gran medida del comportamiento y distribución geográfica de las lluvias, siendo determinante en este tipo de agricultura la presencia de heladas tempranas, que en varias regiones causan graves daños y disminución en el rendimiento de



las cosechas, y el granizo que puede llegar a causar destrozos. Si se considera además la falta de fertilizantes y de semillas mejoradas, insuficiente fumigación de las áreas de cultivo, suelos pobres en nitrógeno, potasio y fósforo; agricultura nómada en algunas regiones y falta de créditos oportunos al campesino, se observa que es en sí la falta de una adecuada infraestructura agrícola la que agudiza el problema de la baja disponibilidad de los alimentos en México.

Desde el punto de vista agrícola el mayor problema lo presenta el maíz, por sus bajos rendimientos y por las enormes superficies en que se cultiva. La producción sobre éste cereal básico de la dieta es diferente en diferentes regiones; en tanto que en Jalisco se obtiene un rendimiento de 2500 Kg. por hectárea, en San Luis Potosí se cosechan 365 Kg. por hectárea, sembrándose en cada ciclo agrícola 300 mil hectáreas de este grano en esa región (11). Además cada vez se destina más la buena tierra a los productos industriales y suntuarios y el maíz y el frijol son relegados a un segundo término, se tienen que producir en tierras que antes no se utilizaban para cultivar. Se produce cada vez más sorgo para piensos, cebada para la cerveza, soya para alimentos balanceados, caña de azúcar para la exportación, alfalfa para el ganado lechero y otros productos más que al final se destinan a los sectores de mayor capacidad económica mientras que disminuyen consistentemente los productos básicos para los sectores de escasos recursos económicos.

Es necesario almacenar y conservar lo que se produce durante las diferentes épocas de producción, lo que es fácil en el caso de los granos si se cuenta con locales adecuados, pero la realidad en los países en desarrollo, es una carencia casi absoluta de

silos y bodegas y las pérdidas por la acción del clima, roedores, pájaros e insectos se estima que puede llegar hasta un 30% de la producción (12). Como es lógico, la situación es todavía más complicada con productos perecederos como la leche, la carne y el huevo.

Resumiendo, se puede decir que la crisis agrícola mexicana no ha sido un hecho aislado y transitorio, sino la resultante de una serie de fallas y errores en la planeación de la agricultura nacional a lo largo de muchos años, provocando el fenómeno de la escasez y carestía de las principales fuentes de alimentos tales como el maíz, el trigo, el arroz y los productos de origen animal, afectando principalmente a las personas de escaso poder adquisitivo (11)

La situación nutricional de México, en general, está acorde con lo que cabría esperar del análisis de su situación socioeconómica. Las encuestas realizadas por el INN sobre el consumo de alimentos, revelan que las manifestaciones de mala nutrición son más ostensibles en el medio rural y semirural, que según aumenta el nivel socioeconómico de las familias, tiende a mejorar su alimentación tanto en calidad como en cantidad (2), y que sólo es un segmento minoritario de la sociedad (medio urbano alto) el que disfruta de altos ingresos y dispone de alimentos en exceso.

La desnutrición es un estado de desequilibrio en el que la persona afectada consume menos alimentos que los necesarios para sus funciones vitales: su actividad física y su actividad intelectual. Si este desequilibrio ha persistido mucho tiempo, se habla de desnutrición crónica. Si ha durado poco, se dice que es aguda (13).

Una de las principales consecuencias de la desnutrición es que agrava ciertas enfermedades, especialmente las infecciones. Esto hace que la mortalidad por enfermedades infecciosas sea más alta en las poblaciones desnutridas. Las defunciones ocurren especialmente entre los niños pequeños mal nutridos (14).

La desnutrición crónica se inicia desde las edades tempranas de la vida, a través de una alimentación insuficiente e incorrecta en la infancia, primero a través de la madre que, estando mal nutrida, no aporta durante la gestación o en los primeros meses de la vida los elementos nutritivos que requiere el niño, desnutrición que se agrava, posteriormente por una alimentación inadecuada y un destete incorrecto; el niño presenta anomalías en su crecimiento y desarrollo con consecuencias futuras en su capacidad física y mental. Esta situación, aunada a la prolongación de una alimentación defectuosa en el resto de la vida, condiciona una reducción en la capacidad física, poca resistencia a las enfermedades y una disminución de la energía psíquica. Como consecuencia se desarrolla un proceso de adaptación social caracterizada por apatía, indiferencia y escasa capacidad productiva (6).

Dado que en un futuro previsible la mayor parte de las proteínas han de proceder de los recursos tradicionales de la agricultura, la ganadería y la pesca, se debe dar la máxima importancia a la producción, conservación y distribución de dichos recursos.

Se debe promover el aumento de la cantidad y calidad de las fuentes de proteínas vegetales como maíz, trigo, arroz y frijol que son productos básicos para la alimentación y con precios al alcance de las mayorías. De la misma forma se debe aumentar la producción

y disponibilidad de proteínas animales como las del huevo, leche y derivados, carnes de res, de pollo y de cerdo, lo cual puede bajar el costo de estos productos o mantener al menos un precio estable en el mercado nacional, ofreciendo mayores oportunidades de compra a las personas de escaso poder adquisitivo. Para lograrlo es necesario incrementar el uso de abonos, pesticidas, variedades mejoradas de plantas y razas de animales, equipo mecánico, crédito rural, comercialización y apoyo a los precios, programas de extensión agrícola y demás elementos fundamentales de la agricultura y la ganadería modernas, asistencia a la erradicación de las plagas, así como incentivos adecuados a los agricultores y ganaderos (15).

Los recursos pesqueros del mar y de las aguas interiores constituyen una fuente potencial de proteínas de buena calidad. Su utilización requerirá la ampliación de las flotas e instalaciones pesqueras, y la construcción de plantas adecuadas de refrigeración en los lugares de captura y en toda la red de distribución(15). Si la calidad de las proteínas del pescado puede protegerse por otros métodos de conservación tales como la salazón, el ahumado y el enlatado, la elección del método debe dirigirse principalmente por los criterios de aceptabilidad y precio económico del pescado al consumidor (16).

Paralelamente habrá que prevenir las pérdidas innecesarias de alimentos proteínicos en los lugares de producción, en el almacenamiento, el transporte y los hogares. El mayor problema radica en que los insectos, pájaros, roedores, mohos y los efectos combinados de la elevada temperatura y la gran concentración de humedad pueden llegar a provocar una pérdida del 30% de los alimentos (15), por lo cual, se necesitan utilizar insecticidas, fungicidas,

servicios y prácticas modernas de almacenamiento y una distribución más eficaz.

Para que haya una posibilidad más razonable de aumentar la producción y disponibilidad de los alimentos, es preciso complementar las fuentes tradicionales de proteínas con la búsqueda de nuevas fuentes de proteínas cuya abundancia actual y potencial sean elevadas y cuya calidad sea significativa y que en la actualidad no se aprovechan en la dieta humana, a las cuales se les denomina fuentes de proteínas "no tradicionales", particularmente las de origen vegetal (17). Sin embargo al desarrollar este tipo de productos hay que tomar en cuenta ciertas características para su consumo humano: deberá ser barata, abundante (desde el punto de vista industrial), con características organolépticas aceptables, fácil conservación y distribución y no tener compuestos tóxicos (17).

En lo general las semillas de leguminosas y oleaginosas (por ejemplo frijol soya) son productos cuya seguridad y utilidad han sido probados a través de miles de años. Son productos que contienen en promedio 20 g de proteína de regular calidad por 100 g (18). Tiene un bajo contenido de metionina cuya adición o suplementación con otro alimento que lo contenga en forma considerable (por ejemplo semilla de ajonjolí) aumentan notablemente la calidad nutritiva de la proteína (18). Son ricas en lípidos y su contenido de ácidos grasos indispensables es alto. Además aportan algunas vitaminas y minerales. Caso especial de la leguminosa es el frijol de soya, que ofrece grandes posibilidades de utilización, pues en la actualidad se han desarrollado infinidad de productos de esta leguminosa con marcada aceptabilidad (19).

Las oleaginosas son semillas que presentan algunas limitaciones en el consumo directo para los humanos, debido a la presencia de compuestos tóxicos como es el caso de la semilla de algodón con alto contenido de gosisol, la semilla de cacahuete con aflatoxina cuando se contamina de Aspergillus flavus, las semillas de cártamo y girasol presentan contenidos altos en fibra y la semilla de ajonjolí con un elevado contenido de oxalatos y fibra cruda (20). En años recientes se iniciaron trabajos para eliminar o reducir los compuestos tóxicos en este tipo de semillas y en la actualidad se cuenta con algunas técnicas que han hecho posible disponer de algunos productos para consumo humano.

El avance técnico de la ingeniería genética ha hecho posible el desarrollo de nuevas variedades de cereales como maíz Opaco-2 y Harinoso-2 a los cuales se ha mejorado el valor nutritivo de sus proteínas (21). De igual forma se ha mejorado el trigo con la variedad Triticale (22). Desafortunadamente algunos de estos productos no han tenido éxito debido a sus bajos rendimientos y costos elevados.

Debido a lo perecedero del pescado, se desarrolló la harina de pescado sin mucho éxito por su costo elevado, pues requiere tecnología complicada (23). En forma sencilla con profundos conocimientos de fisicoquímica Del Valle (24) diseñó una torta que consiste en salar y prensar el pescado, cuya aceptabilidad organoléptica no es muy buena.

Otras nuevas fuentes de proteínas para la alimentación son los organismos unicelulares y en particular se mencionan tres grupos importantes; las algas (Chlorella y Spirulina) las levadu-

ras (Candida) y los hongos (Pleurotus). Merecen especial atención este tipo de productos pues ofrecen una fuente potencial de proteínas (25). La idea de utilizarlas es relativamente nueva ya que algunos de estos organismos se han venido usando en la fermentación de algunos alimentos desde hace miles de años aumentando la cantidad de proteína y sin alterar el funcionamiento normal del organismo (cerveza, queso, yoghurt, etc.). Ofrecen varias ventajas: crecimiento rápido, medios de cultivo baratos por ejemplo licor sulfítico del papel, licor de cocimiento de maíz, melaza, hidrocarburos del petróleo, etc., y altos rendimientos por superficie cultivada (26). Algunos de estos organismos producen cantidades importantes de ácidos nucleicos, purinas, pirimidinas, etc., y hacen que sean tóxicos al organismo humano, ó bien sus características organolépticas son desagradables (27).

✓ En la actualidad las nuevas fuentes "no tradicionales" de proteínas, no tienen importancia en la nutrición humana, pero pueden en un momento dado, substituir las pastas de semillas oleaginosas que forman parte en los alimentos balanceados para animales y pasar éstas mediante su transformación y desarrollo a formar parte de la alimentación humana.

Por otra parte, a través de la historia se ha observado que gran parte de las enormes pérdidas de diversos productos alimenticios se han debido en principio a los sistemas inadecuados de almacenamiento y distribución. En la India existen pérdidas del 40% de cereales y leguminosas y 12% de arroz (28). En América Latina el 35% de la producción de cereales y granos se pierde durante el almacenamiento y distribución (28). En México se ha calculado que existen mermas hasta del 22% de la producción nacional (29).

Uno de los recursos más importantes que tiene un país para mejorar el nivel de nutrición de sus habitantes, es el de la Tecnología de los Alimentos. Ayuda a evitar pérdidas de alimentos, a mejorar la distribución de los productos, a promover la diversificación de la dieta, a regularizar los mercados y permite el abastecimiento a diversos sectores culturales. De la misma forma permite mejorar la higiene, calidad, valor nutritivo y presentación, y elaborar productos de alto valor nutritivo a través del enriquecimiento (30).

En este aspecto el INN bajo los auspicios del Programa Nacional de la Alimentación (PRONAL) ha desarrollado algunos alimentos con fuentes nuevas de proteínas como son una bebida instantánea en polvo (Soyacit) elaborada a base de harina integral de soya maltada y otros ingredientes. Este producto tiene buen olor, sabor y color que lo hacen muy aceptable con un precio relativamente bajo. Se desarrolló una leche maternizada (Conlac), elaborada con leche descremada en polvo, suero lácteo y otros ingredientes. Es un producto altamente nutritivo y con un precio sumamente accesible. De la misma forma se desarrolló un atole en base a una mezcla de maíz, spirulina y arroz, con características organolépticas aceptables (31). También se diseñó un proceso barato para la formación de un embutido en base a una mezcla de carne-soya texturizada a diferentes niveles de concentración y con características organolépticas muy aceptables (32). Se han hecho algunas modificaciones al proceso de formación de la torta de pescado ideado por Del Valle (24), usando menos cantidad de sal, para mejorar su aceptabilidad (16).



Estos productos desarrollados a través de PRONAL ofrecen un alto valor nutritivo, tiene un costo relativamente bajo y presentan buenas características organolépticas.

CUADRO I  
 PRODUCCION MUNDIAL DE OLEAGINOSAS, 1967\*  
 (Miles de toneladas por año)

	EUROPA	URSS	AMERICA DEL NORTE	AMERICA DEL SUR	ASIA	CHINA	AFRICA	TOTAL
SOYA	50	543	26,863	833	1,038	11,200	22	40,549
CACAHUATE	22	—	1,280	1,158	7,286	2,450	5,153	17,349
AJONJOLI	85	1	1,910	1,258	6,489	3,500	2,940	16,183
ALGODON	356	3,918	4,259	2,473	7,704	3,036	1,932	23,678
GIRASOL	1,581	6,618	107	1,306	232	70	156	10,059
LINASA	226	519	764	454	302	—	79	2,342
COLZA	1,946	9	568	61	1,645	1,120	12	5,361

\* Anuario de Producción de FAO, 1968, V.22

Un posible camino para elevar la disponibilidad de proteínas para consumo humano, sería canalizar las proteínas de origen unicelular a la elaboración de alimentos balanceados para ganado, ya que para este fin parecen ser inocuas, como se desprende de experimentos hechos a corto plazo en animales monogástricos (37) y así utilizar de esta forma a las fuentes de proteína vegetal directamente en la alimentación humana. Dentro de éstas fuentes de origen vegetal, destacan principalmente las semillas oleaginosas, de las cuales no sólo se debe utilizar su alto contenido de aceite, sino tam-

bién su contenido elevado de proteína aprovechando la gran disponibilidad de estas semillas. Los datos del cuadro No. I (38) muestran la producción anual mundial de semillas oleaginosas.

Como se ve, si fuera posible tratar toda la producción de oleaginosas para obtener alimentos para consumo humano, la cantidad de proteína disponible anual podría calcularse como se muestra en el cuadro No. II (38), es decir, esta cantidad sería suficiente para proporcionar aproximadamente 20 g de proteína por día a la mayor parte de los habitantes del planeta.

En la actualidad el recurso más utilizado para obtener proteínas de origen vegetal para consumo humano ha sido frijol soya (Glycine max) debido a su rápido desarrollo en años recientes. Es una semilla que tiene en promedio un 40% de proteína y 21 % de aceite (18). La proteína de soya tiene un alto contenido de aminoácidos esenciales como lisina, leucina e isoleucina y sólo presenta niveles bajos de aminoácidos azufrados como cistina y metionina, siendo éste último el aminoácido limitante (33).

Durante los últimos 20 años se han desarrollado algunos procesos que han dado como resultado una mayor aceptación de las proteínas de origen vegetal, así Robert Boyer (34) en 1957 desarrolló ciertas estructuras que tuvieron forma de fibras e hilos con proteínas de origen vegetal (soya) y en forma similar desarrolló la texturización, lo cual ha permitido incluir otros ingredientes, así como sabores artificiales, lo que ha dado como resultado estructuras parecidas a la carne de res u otras en varias formas y tamaños.

CUADRO II

\* DISPONIBILIDAD MUNDIAL DE PROTEINAS DE OLEAGINOSAS, 1967\*  
(miles de toneladas)

	CANTIDAD DE OLEAGINOSAS	CONTENIDO DE GRASA**	PASTA PARA EXTRACCION DE PROTEINA	CONTENIDO DE PROTEINA	PROTEINA DISPONIBLE
SOYA	40,549	19 %	32,870	50.0 %	16,450
CACAHUATE	17,349	48 %	9,021	47.1 %	4,200
AJONJOLI	16,183	46 %	8,738	44.5 %	3,880
ALGODON	23,678	28 %	10,569	42.0 %	4,430
GIRASOL	10,059	50 %	3,420	39.0 %	1,334
LINAZA	2,342	37 %	1,475	36.6 %	540
COLZA	5,361	43 %	3,055	36.0 %	1,100
TOTAL	115,521		69,148		31,934

\* Basados en los datos del cuadro I

\*\* Calculado de semillas descortizadas

El costo de este tipo de estructuras es relativamente bajo comparado con los productos de origen animal y se pueden utilizar en la elaboración de alimentos nutritivos, como el caso de la combinación de proteínas de soya texturizada y carne de res a diferentes niveles de concentración para la elaboración de hamburguesas, embutidos y carnes frías, elevando así la disponibilidad y ofreciendo un menor precio de los productos de origen animal y lo que es más importante "extendiendo" el uso de proteínas de origen animal (35).

La producción de soya en México es relativamente baja; datos estimados por la Secretaría de Agricultura y Ganadería (36) esperan una producción de 527,000 toneladas en el año 1975; del total producido el 80% se utiliza en alimentos para aves, el 15% para cerdos y menos del 5% para alimentación humana (32). En la industria de alimentos se utiliza el aceite y la pasta de soya de manera satisfactoria y su ritmo de crecimiento va en continuo aumento, existiendo proyectos para intensificar su utilización en la alimentación humana.

Dado que la soya recibe gran atención en la actualidad al usarse como "extensor" de la carne para la elaboración de embutidos y que también ha sido utilizada con éxito para "extender" leche y productos lácteos (19) y si además la demanda es más alta que la producción, se vuelve cada vez más conveniente "extender" a su vez a la soya, con alguna proteína vegetal complementaria.

La industria aceitera ha llegado a ocupar un papel importante entre las industrias de transformación. En 1971 ocupó el 5to lugar en atención al valor de la producción (39).

En México (1972) existen 82 industrias aceiteras - repartidas en todo el país, de las cuales 54 (66%) utilizan al prensado en caliente para la extracción de aceite (prensa Expeller) y los restantes 28 trabajan con el método de extracción por solventes.

La tecnología del Expeller es un prensado continuo, que consiste en hacer pasar las semillas (precalentadas a 110°C)

a través de un tornillo sinfín (flecha), y que presiona las semillas contra las paredes de un cilindro (barril) formado por barras de acero, separados mediante espaciadores (40).

En esta prensa se logran presiones sobre el material hasta valores del orden de  $1400 \text{ Kg/cm}^2$ . Dependiendo del tipo de semilla que se utilice en el proceso pueden modificarse el tamaño de los tornillos sinfín. Con este equipo se puede bajar el contenido de aceite hasta un residuo de 5 a 6% (40).

Debido al calor generado por la fricción, la semilla puede alcanzar temperaturas bastante altas y se acostumbra recircular aceite frío por el exterior de la jaula o en algunos diseños la flecha del tornillo se enfría interiormente. Aún así la temperatura de salida de la pasta por lo general es de más de  $100^{\circ}\text{C}$ .

Cuando se extrae aceite de la semilla de ajonjolí, se observa que el tratamiento del calor inherente a la operación de prensado, modifica el valor nutritivo de la proteína como lo muestra la evaluación biológica de la calidad proteica de la pasta residual, cuyo índice de eficiencia proteica (E.P.) fue de 34% con respecto a la caseína (41). A muestras comerciales de pasta de ajonjolí tratadas únicamente con este proceso, se les encontraron concentraciones bajas de lisina disponible, debido al daño que sufrió la proteína (42).

Además, el aceite que se obtiene por extracción en prensa de Expeller, contiene partículas sólidas que lo impurifican y es necesario filtrarlo antes de proceder a su refinación. Este aceite es de baja calidad, comparado con el extraído con -

solvente.

Por otra parte, el 34% de las industrias aceiteras en el país utilizan el método de extracción de aceite por solventes. Es un proceso que permite reducir a menos de 1.0% el contenido de aceite en la torta final, lo cual da una mayor eficiencia de extracción. Es el proceso indicado para todas las semillas que originalmente contienen un bajo porcentaje de aceite como el caso de la soya, debido a que se presenta una relación inversamente proporcional, es decir, entre menor sea el porcentaje de aceite en la semilla, habrá mayor eficiencia de extracción con solvente. Por lo que se refiere a la materia prima que tiene un alto porcentaje de aceite, tal como el ajonjolí, la extracción con solvente es menos funcional, ya que se requiere mayor cantidad de solvente. En dichos casos conviene reducir primero el contenido de aceite de la semilla extrayendo la mayor cantidad por medio de una prensa mecánica (pre-prensado), hasta bajar el contenido a un 10 a 15%, y sin aplicar temperaturas elevadas en el proceso, para extraer posteriormente el aceite residual con solventes. La combinación de los métodos para extracción de aceite con "pre-prensado" y la utilización de solventes, es de gran utilidad cuando se desea asimismo aprovechar la fracción proteica de la semilla, sin dañar apreciablemente las proteínas.

La mayor parte de la semilla de soya que se procesa actualmente, utiliza el sistema de extracción por solventes, con lo que se obtienen harinas para consumo humano y productos texturizados de sus proteínas. Estos tratamientos no disminuyen la calidad de las proteínas.

La producción de semillas oleaginosas en México — se puede observar en el cuadro No. III (43).

C U A D R O I I I

PRODUCCION DE SEMILLAS OLEAGINOSAS EN MEXICO  
Ciclo agrícola 1971--72 (Toneladas)\*

---

ALGODON	698,396
AJONJOLI	152,815
CARTAMO	267,174
SOYA	378,498
GIRASOL	14,631
COPRA (COCO)	150,423
LINAZA	9,981
OTROS	32,000
TOTAL	1,703,918

---

\* Dirección General de Economía Agrícola, S.A.G.

De estas semillas, la de ajonjolí o sésamo es considerada como una excelente materia prima para la obtención de un aceite de magnífica calidad (contiene ácido linoléico y araquidónico) y por lo mismo tiene gran demanda dentro del campo del consumo humano.

En la República Mexicana los principales estados productores de esta semilla, en orden de importancia son: Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Sinaloa, Sonora y Veracruz.

El cultivo de ajonjolí (Sesamum indicum) data de - hace dos o tres mil años y es originaria de Ceylán. Es una semilla que mide alrededor de 3mm de largo por 2mm de ancho y actualmente se produce en todo el mundo (44).

En América se comenzó a usar la semilla desde 1540 para extraer su aceite a presión y en frío; y no fué sino hasta época reciente que en México se le dió al aceite su verdadero valor como aceite comestible, y a su pasta residual el uso adecuado como ingrediente en la elaboración de alimentos para animales monogástricos, especialmente aves y cerdos (43).

La semilla de ajonjolí contiene un 50% de aceite y 19% de proteínas, las cuáles son ricas en metionina y triptofano, tiene niveles bajos de isoleucina y lisina, siendo éste último el aminoácido limitante, por lo cual presenta un desequilibrio en el balance de sus aminoácidos y como consecuencia de esto, el valor nutritivo de su proteína es regular.

De lo anterior se desprende que entre las proteínas de ajonjolí y de soya debe existir una buena complementación, especialmente con la metionina y la lisina, con lo cual no sólo se lograría extender la utilización de la proteína de soya en la alimentación humana, sino que además se elevaría el valor nutritivo de la proteína resultante en la mezcla.

En México se obtienen cantidades considerables -- de pasta de ajonjolí como puede verse en el cuadro No. IV (43). Datos proporcionados por la Secretaría de Agricultura y Ganadería (36) para el ciclo primavera-verano 1975, indican que se -



cultivó una superficie de 283,270 Ha., con un rendimiento promedio de 679 Kg. de semilla de ajonjolí por hectárea, lo cual da una producción de 192,340 toneladas. De esta cantidad se obtienen aproximadamente 90,169 toneladas de aceite y 96,000 toneladas de pasta de ajonjolí. Esto indica que existe en forma potencial 45,000 toneladas de proteína proveniente de la semilla de ajonjolí que podría ser utilizada en la alimentación humana.

C U A D R O I V

PRODUCCION DE PASTAS OLEAGINOSAS EN MEXICO  
Ciclo Industrial 1971-72 (Toneladas)\*

ALGODON	326,011
AJONJOLI	86,621
CARTAMO	256,683
SOYA	226,812
GIRASOL	16,942
COPRA (COCO)	51,790
LINAZA	23,258
OTROS	15,000
TOTAL	1,003,117

\* Dirección General de Economía Agrícola, S.A.G.

Existen algunos inconvenientes para la utilización directa en la alimentación humana de la pasta residual de ajonjolí con 39.0% de proteína, debido a que contiene un elevado porcentaje de fibra cruda (7.0%) proveniente de la cascari-

lla, lo que le confiere un color marrón y un sabor amargo a la pasta, además presenta un elevado contenido de cristales de ácido oxálico (6,18%) y cuando reacciona con el calcio en el intestino forma el oxalato fisiológicamente inerte y provoca una deficiencia de calcio lo que causa osteomalacia y condiciona la aparición de litiasis renal en el organismo humano (45).

Este estudio tuvo como objetivo el desarrollo de un proceso para obtener una harina de ajonjolí con un contenido mínimo de 40.0 % de proteína de buena calidad nutritiva, sin alterar las características del aceite; al mismo tiempo con un contenido de ácido oxálico menor de 2.0 g por 100.0 g de harina de ajonjolí y un contenido de fibra cruda menor de 6.0 g por 100.0 g, de tal forma que pudiera servir para consumo humano.

II MATERIAL Y METODOS.

- I.- ESTUDIOS SOBRE EL ACIDO OXALICO
  - a) Contenido de Acido Oxálico residual en la Harina de Ajonjolí tratada con Solución Acida y Solución Alcalina.
  - b) Ensayo Presuntivo para LITIASIS Renal en Ratas Alimentadas con Ajonjolí durante 55 días.
  
- II.- EVALUACION SENSORIAL DEL ACEITE
  - a) Prueba Organoléptica de Comparación Pareada.
  - b) Prueba Organoléptica de Triángulo.
  
- III.- DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL ACEITE
  - a) Densidad.
  - b) Indice de Acidez.
  - c) Indice de Saponificación.
  - d) Indice de Iodo.
  
- IV.- ELABORACION DE UNA HARINA DE AJONJOLI
  - a) Limpieza.
  - b) Descascarillado.
  - c) Secado.
  - d) Cernido.
  - e) Extracción de aceite por prensado.
  - f) Molido.
  - g) Extracción de aceite con solvente.
  - h) Desodorizado
  - i) Molienda.
  - j) Empaque.

V.- ANALISIS DE MACRONUTRIENTES

- a) Proteínas (Método Kjeldhal) (46)
- b) Grasa. (47)
- c) Cenizas. (47)
- d) Fibra cruda. (47)
- e) Humedad. (47)
- f) Carbohidratos por diferencia. (47)

VI.- ANALISIS DE AMINOACIDOS DE LA PROTEINA

- a) Aminograma.
- b) Triptofano.

VII.- EVALUACION BIOLOGICA DE LA PROTEINA

- a) Eficiencia de la Proteína. (E.P.)
- b) Utilización Neta de la Proteína. (U.N.P.)

VIII.- ELABORACION DE LA MEZCLA DE OPTIMO VALOR NUTRITIVO DE HARINA DE AJONJOLI Y DE HARINA DE SOYA.

Gráfica: Calificación Química de Lisina y Metionina versus Porcentaje de Proteína, Ajonjolí y Soya.

## DETERMINACION DE ACIDO OXALICO EN PLANTAS (60)

### Fundamento:

El ácido oxálico está presente en muchas plantas, notablemente en las familias Oxalis y Rumex, donde se encuentra en la savia de la planta como sales de potasio y calcio. Es un producto del metabolismo de muchos hongos (61). Vegetales como la espinaca (Spinacea olearacea L) y el ruibarbo (Rheum spp), tienen una gran concentración de oxalatos (62). De la misma forma es importante conocer el nivel de ácido oxálico en productos no utilizados hasta ahora en la dieta humana, como sería el caso de la harina de ajonjolí.

El método consiste en:

- a) Extracción del ácido oxálico en el alimento por medio del  $H_2SO_4$  caliente al 5% (v/v)
- b) Precipitación del ácido oxálico como oxalato de calcio de una alícuota tomada de la extracción ácida.
- c) Titulación del ácido oxálico con una solución de Permanganato de Potasio.

### Material:

Matraces aforados de 100 ml.  
Probetas de 25 y 50 ml.  
Pipetas volumétricas de 10 ml.  
Pipetas graduadas de 10 ml.  
Tubos de ensaye, ca 15x150 ml.  
Tubos centrifuga de 12 ml.

Aparato centrífuga, ca 1500 - 2000 r.p.m.

Embudos Büchner, ca 6 cm. diámetro

Papel filtro Whatman No. 42

Bureta de 50 ml.

Reactivos:

$H_2SO_4$ , R.A., 2N

$H_2SO_4$ , R.A., 5% (v/v)

$KMnO_4$ , R.A., 0.01N, preparado antes de usar,  
de una solución 0.1N

Reactivo precipitante:

Solución A: Se disuelven 96.5 g de Acetato de Sodio Anhidro por calentamiento en agua destilada y aforar a 250 ml.

Solución B: Se disuelven 12.5 g de Cloruro de Calcio Anhidro en 250 ml. de una solución de Acido Acético acuoso al 50%.

La solución A se mezcla con la solución B y filtrar, después reposar en un refrigerador por 48 horas. Se guarda indefinidamente en el refrigerador.

Procedimiento:

La planta se seca a 100°C y moler en un molino de laboratorio.

Se pesa de 1.0 a 2.0 g de muestra y se transfiere a un matraz aforado de 100 ml. Se adiciona 50 ml. de  $H_2SO_4$  al 5% y se calienta el matraz en baño maría a 70°C durante 90 minutos, agitando constantemente. Después de enfriar el matraz se añade la cantidad necesaria de agua destilada para aforar a 100 ml. y se homogeniza completamente. Se saca una alícuota

de 10 ml. y se coloca en un tubo centrífuga. Centrifugar de 1500 a 2000 r.p.m. durante 15 minutos y a continuación decantar la solución en un tubo de ensayo y adicionar 6 ml. de "reactivo precipitante" y se agita. El oxalato de calcio se precipita durante toda la noche.

Filtrar el precipitado de oxalato de calcio en un embudo Büchner usando papel filtro Whatman No. 42 filtrando al vacío y lavar con agua destilada (si la muestra tiene grasa, adicionar 10 ml. de eter de petróleo y continuar lavando con agua destilada).

Una vez filtrado colocar el papel filtro en un embudo de cola larga. A continuación romper el fondo del papel filtro y bajar el precipitado con 50 ml. de agua destilada y caliente en un Erlenmeyer de 250 ml.; después con 25 ml. de  $H_2SO_4$  2N caliente y por último con 25 ml. de agua destilada y caliente. Calentar la solución a  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}C$  y titular con  $KMnO_4$  0.01N, agitando hasta la aparición de un color rosa permanente que dure por lo menos 30 segundos. Al mismo tiempo se corre una solución de trabajo con celulosa y ácido oxálico R.A., y un blanco de reactivos.

Cálculos:

$$\% CaC_2O_4 = \frac{VN \cdot 0.06405 \cdot 100}{\text{peso muestra g.}}$$

$$\text{meq. } CaC_2O_4 = 0.06405$$

N = Normalidad del  $KMnO_4$

V = Volúmen gastado de  $KMnO_4$



ENSAYO PRESUNTIVO PARA LITIASIS RENAL EN RATAS  
ALIMENTADAS CON HARINA DE AJONJOLI DURANTE 55  
DIAS.

Antecedentes:

Algunos alimentos tienen un contenido de oxalatos en concentración suficientemente alta, para impedir la utilización del calcio del propio vegetal y el aportado por otros alimentos (63).

La dosis letal de ácido oxálico no es fácil determinarla con exactitud debido a las variaciones de solubilidad del ácido oxálico y a la presencia de magnesio, sales biliares y otros compuestos químicos. Se ha reportado de 2 a 5 g. la dosis letal para el humano (62).

En 1960 se estudió el efecto tóxico en la salud humana de oxalato soluble proveniente de alimentos vegetales y absorbido por el organismo; se concluyó que con dietas normales que contengan suficiente calcio, el oxalato soluble no tiene efecto tóxico apreciable en niños, ni en adultos, excepto cuando se ingiere abundantemente vegetales ricos en oxalatos y deficientes en calcio (62). Normalmente el 80 a 90% del ácido oxálico no se absorbe por el intestino y se elimina en las heces como sales de oxalato de calcio insoluble (64).

Procedimiento:

Se hizo una prueba preliminar sobre la toxicidad de la harina de ajonjolí que contenía 3.24% de ácido oxálico.

A un grupo de ocho ratas blancas raza Wistar, con un peso promedio de 32 g., se alimentaron ad libitum durante 55 días con una dieta con 34% de harina de ajonjolí (65). Esta dieta contenía 1.09% de ácido oxálico. Cada 3 días se pesaron y se observaron para conocerse había alguna alteración.

Al final del experimento se sacrificaron las ratas y se hizo una observación macroscópica de los órganos. A nivel microscópico se examinaron el riñón y los ureteres con el fin de buscar alguna alteración histológica en los mismos, en la misma forma se hicieron pruebas histoquímicas para detectar la presencia de uratos y oxalatos.

## EVALUACION SENSORIAL

### Fundamento:

La evaluación de la calidad organoléptica de los alimentos se realiza por medio del análisis sensorial, que comprende una serie de métodos que se valen de la vista, el gusto, el olfato y algunas veces del tacto, para evaluar dicha calidad del producto.

Para que el resultado obtenido sea representativo y verdadero, el análisis debe ser practicado por un grupo de personas entrenadas que forman el panel sensorial.

Existe un gran número de sabores, pero la mayor parte de ellos son el resultado de la combinación de cuatro sabores básicos que son: dulce, salado, ácido y amargo ( 59 ).

Algunos de los métodos que se utilizan para la evaluación sensorial son los siguientes:

1.- Prueba de Comparación Pareada: El catador recibe un par de muestras identificadas por código; las cuales corresponden al control y a la muestra en estudio. Este método se usa para detectar la influencia sobre una ó más características de un producto, cuando se experimenta una nueva técnica de producción ( 59 ).

2.- Prueba del Triángulo: En esta prueba se presentan tres muestras, identificadas por código; dos de ellas iguales y la otra diferente. El juez las prueba en cualquier orden y con la frecuencia que desee. Este método se usa para encontrar diferencias cuando las variaciones entre muestras son mínimas (59).

Procedimiento:

Para la evaluación sensorial del aceite de ajonjolí, se usaron los métodos descritos anteriormente y se utilizó aceite de ajonjolí crudo (sin refinar) proveniente de semilla descascarada con sosa y de semillas descascarada con ácido; como control se usó aceite crudo proveniente de semilla de ajonjolí sin tratamiento alguno.

En estas pruebas se trata de conocer si hay alguna diferencia en alguno de los dos tipos de aceite comparados con el aceite control.

Las muestras de alimentos sancochadas en cada uno de los tres tipos de aceite de ajonjolí fueron: huevo, carne (bovino), frijoles y lechuga.

- Huevo: Dos huevos con 25 ml. de aceite y 1 g de sal, revueltos durante 4 minutos.
- Carne: Un trozo de carne (60 g) y 25 ml. de aceite, frita durante 10 minutos.
- Frijoles: Frijoles instantáneos (150 g) y 25 ml. de aceite, se frien durante 10 minutos.
- Lechuga: Lechuga picada (50 g), 25 ml de aceite, una cebolla (chica) se mezcló para formar una ensalada.

## D E N S I D A D (47)

Fundamento:

La densidad de los aceites se determina mediante el uso de picnómetro a la temperatura de 25°C.

DENSIDAD = Peso de la muestra en g/volúmen de la muestra en ml.

No se presentan grandes variaciones en la densidad de un aceite ó una grasa. En general, el aumento de la densidad se debe al grado de insaturación y al aumento de la longitud de las cadenas carbonadas de los ácidos grasos ( 58 ).

## INDICE DE ACIDEZ (57)

Fundamento:

El índice de acidez es el número de miligramos de hidróxido de potasio que se necesitan para neutralizar los ácidos grasos libres contenidos en un gramo de grasa( 58 ). También mide la cantidad de ácidos libres que han sido liberados por la acción del agua, temperatura y lipasas naturales. Este valor es variable para cada grasa ó aceite dependiendo de su calidad, que a su vez depende de las condiciones de mantenimiento, tiempo de almacenamiento, efecto de la hidrólisis y cantidad de lipo-oxidasa.

Material:

Matraces Erlenmeyer de 250 ml.

Pipetas Volumétricas de 50 ml.

Bureta de 50 ml.

Parrilla

Reactivos:

Alcohol Absoluto, R.A.

Hidróxido de potasio, 0.1 N

Hidróxido de sodio, 0.1 N

Fenolftaleína al 0.5%

Procedimiento:

Se colocan aproximadamente 5 g de muestra en un matraz Erlenmeyer y se adicionan 50 ml. de alcohol (previamente neutralizado a la fenolftaleína con solución de NaOH, 0.1N). Se calienta a ebullición incipiente y se titula con solución de KOH, 0.1 N usando fenolftaleína como indicador. Se debe agitar fuertemente después de cada adición de álcali para asegurarse de la completa neutralización de los ácidos grasos libres. Al mismo tiempo se hace un blanco de reactivos.

Cálculos:

1 ml. de solución de KOH, 0.1N equivale a  
0.0282 g de ácido oléico.

$$\text{I. de ACIDEZ} = \frac{(P-B) \times N \times 0.282 \times 100}{\text{peso muestra en g}}$$

B = ml de KOH gastados para titular el blanco

P = ml de KOH gastados para titular el problema

N = normalidad de la solución de KOH

## INDICE DE SAPONIFICACION (47)

### Fundamento:

El índice de saponificación ó índice de Koettstorfer se define como el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para saponificar 1 g de grasa ó aceite ( 58 ). En un Triglicérido ó en una mezcla de ácidos grasos libres, la saponificación consume un mol de alcali por cada mol de ácido graso, independiente de su esterificación, y la cantidad de álcali consumida durante la saponificación está en relación directa con el número de moléculas de ácido graso contenido en un determinado peso de grasa.

Para un triglicérido puro, se puede calcular el número de moles de ácido graso que contiene por peso, por el número de moles de álcali que se necesiten en saponificarlo y proporcionan una idea aproximada de la longitud de la cadena carbonada de los ácidos grasos que componen las grasas naturales.

### Material:

Matraces Erlenmeyer de 250 ml.

Pipeta Volumétrica de 50 ml.

Bureta de 50 ml.

Condensador de Aire

Parrilla

### Reactivos:

Solución Alcohólica de KOH 0.5 N

Acido Clorhídrico 0.5 N

Hidróxido de Potasio, R.A.

Oxido de Calcio, R.A

Alcohol Absoluto, R.A.

### Fenolftaleína al 0.5%

#### Solución Alcohólica de Hidróxido de Potasio:

Se muelen en un mortero 40 g de KOH y 45 g de CaO hasta obtener un polvo homogéneo. Se adicionan 100 ml. de alcohol al mortero y se transfiere a un matraz aforado de 1000 ml. Se lava el mortero con más porciones de alcohol y se adiciona el alcohol restante al matraz. Se agita la mezcla por 5 minutos, y se tapa. Se repite la agitación varias veces durante el día y se filtra al día siguiente.

#### Procedimiento:

Se colocan aproximadamente 5 g de muestra en un matraz Erlenmeyer. Con una pipeta se adicionan 50 ml. de la solución alcohólica de KOH. Se conecta un condensador de aire al matraz y se calienta (aproximadamente 30 minutos) hasta que la grasa este completamente saponificada. Se enfría y se titula con solución de HCl 0.5N usando como indicador fenolftaleína. Al mismo tiempo se hace un blanco de reactivos midiendo, calentando y titulando de igual forma que el problema.

#### Cálculos:

$$\text{l. de SAPONIFICACION} = \frac{(\text{B-P}) \times \text{N} \times 56.1}{\text{Peso muestra en g}}$$

B = ml de HCL 0.5N gastados para titular el blanco

P = ml de HCL 0.5N gastados para titular el problema

56.1 = equivalente del KOH.



## INDICE DE IODO (47)

(Método Hanus)

### Fundamento:

Se define como el número de gramos de iodo que son absorbidos por 100 g de grasa (58). Este método consiste en la fijación del halógeno en los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados y representa una medida del grado de insaturación de los ácidos grasos que integra la grasa. A medida que aumenta el índice de iodo, será mayor el número de dobles enlaces y en consecuencia menor será el punto de fusión y mayor la tendencia de la grasa a descomponerse por oxidación.

### Material:

Matraces de Índice de Iodo de 500 ml.

Pipeta Graduada de 10 ml.

Pipeta Volumétrica de 25 ml.

Probeta de 100 ml.

Bureta de 50 ml.

### Reactivos:

Reactivo de Hanus

Acido Acético Glacial, R.A.

Iodo, R.A.

Bromo, R.A.

Cloroformo, R.A.

Tiosulfato de Sodio, R.A. 0.1 N

Ioduro de Potasio, R.A. al 15 %

Solución de Almidón al 1.0 %

Reactivo de Hanus:

Se colocan 13.615 g de iodo en 825 ml. de ácido acético glacial y se calientan hasta disolverlos. Se enfría y se titulan 25 ml de esta solución con tiosulfato de sodio 0.1 N usando almidón como indicador.

Por otro lado se adicionan 3 ml. de bromo a 205 ml de ácido acético glacial. Posteriormente se adiciona 1 ml de solución de KI al 15 % a 5 ml. de la solución acética de bromo y se titulan con tiosulfato de sodio 0.1N usando almidón como indicador.

Se calcula la cantidad de solución de bromo necesaria para doblar el contenido de halógeno en la solución de iodo.

$A = B/C$                       A = ml de solución de bromo que hay que adicionar a la solución de iodo para tener el doble de halógeno.

B = 800 x equivalente de tiosulfato de 1 ml de la solución de iodo.

C = Equivalente de tiosulfato de 1 ml de la solución de bromo.

Procedimiento:

Se colocan aproximadamente 0.25 g de aceite ó 0.50 g de grasa en un matraz de índice de iodo y se disuelven con 10 ml de cloroformo. Se adicionan 25 ml de reactivo de Hanus (drenando la pipeta a un tiempo definido), se tapa y se deja durante 30 minutos en la obscuridad agitando de vez en cuando. Transcurrido el tiempo se adicionan 10 ml de solución de KI al 15 % (agitar)

y se vierten 100 ml de agua recién hervida y fría lavando el tapón y las paredes del matraz. Se titula el iodo con solución de tiosulfato de sodio 0.1N y cuando toma un color amarillo pálido, se adicionan 0.5 ml de solución de almidón como indicador y se continua la titulación hasta que desaparezca el color azul. Se hace al mismo tiempo un blanco de reactivos.

Cálculos:

$$I. \text{ de IODO} = \frac{(B-P) \times N \times 12.69}{\text{peso de la muestra en g}}$$

B = ml de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  gastados para titular el blanco.

P = ml de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  gastados para titular el problema

N = normalidad de la solución de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

METODOLOGIA GENERAL SEGUIDA EN LA ELABORACION DE UNA HARINA DE  
AJONJOLI. (diagrama No. 1)

1.- Semilla.

Se usó semilla de ajonjolí (Sesamum indicum), procedente del estado de Guerrero, por ser el que produce mayor cantidad de esta oleaginosa en el país.

2.- Limpieza.

La materia prima algunas veces lleva partículas extrañas, polvo y piedras que deben ser extraídas antes de pasar a proceso. Para separar las impurezas que trae la semilla se utilizaron cribas de 10 y 20 mallas.

3.- Descascarillado de la semilla.

Para esta operación se aplican esencialmente métodos mecánicos (20), pero se deben considerar también los métodos químicos tales como: el tratamiento con agua, con soluciones ácidas ó alcalinas ó con vapor y posteriormente secar. En este trabajo se seleccionó el método químico.

a).- Descascarillado con solución ácida (48).

Se colocó un kilo de semilla limpia en un recipiente de vidrio (4 litros) y se remojó con 1.5 litros de una solución de  $H_2SO_4$  al 1.25% que se vierte a una temperatura de  $85^{\circ}C$  y se dejó durante 48 horas, agitando de vez en cuando, al cabo de las cuales se drenó la solución y se hicieron dos lavados con agua de la llave (dos litros) para eliminar la acidez que quedó en la semilla

después de drenar la solución. Se dejó escurrir el agua de la semilla.

b).- Descascarillado con solución alcalina ( 42 ).

Se colocó un kilo de semilla limpia en un recipiente de vidrio (4 litros) y se remojó con 1.5 litros de una solución de NaOH al 0.6% que se vierte a una temperatura de 86°C y se agitó durante 60 segundos, al cabo de los cuales de inmediato se drenó la solución alcalina y se hicieron dos lavados con agua de la llave (dos litros). Se dejó escurrir el agua de la semilla.

4.- Lavado con agua.

Este lavado se hizo con el fin de eliminar por completo tanto la solución ácida ó la solución alcalina de la semilla, que se usó en el proceso de descascarillado.

5.- Secado.?

Una vez que se drenó toda el agua, se secó la semilla a temperatura ambiente ( $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}$ ) por acción del viento y del sol (16 horas).

6.- Cornido.

Seca la semilla se pasó por una criba de 20 mallas para eliminar la cascarilla que quedó adherida a la semilla y así se obtuvo el producto limpio y descascarado.

El análisis bromatológico de la semilla descascarilla da se muestra a continuación.

CUADRO No. V

MACROCOMPONENTES DE SEMILLA DESCASCARADA DE  
AJONJOLI (Tratada con solución alcalina)

COMPONENTES	g/100 g de producto
PROTEINAS (N x 5.3)	19.47
GRASA	57.78
CENIZAS	6.01
HUMEDAD	5.47
FIBRA CRUDA	2.78
CARBOHIDRATOS	8.49

7.- Pre-prensado.

El rendimiento de extracción de aceite depende, de la cantidad de aceite que quede en la torta después del prensado. Esta cantidad es más baja cuanto mayor es la presión, pero en ella influyen ciertos factores como el tiempo de drenaje de la prensa, la temperatura y la viscosidad del aceite. También hay diferencias en el rendimiento de las diversas materias primas según el contenido de aceite y de fibra. Siendo iguales la materia prima, la temperatura y el tiempo de drenaje, el factor decisivo es la presión.

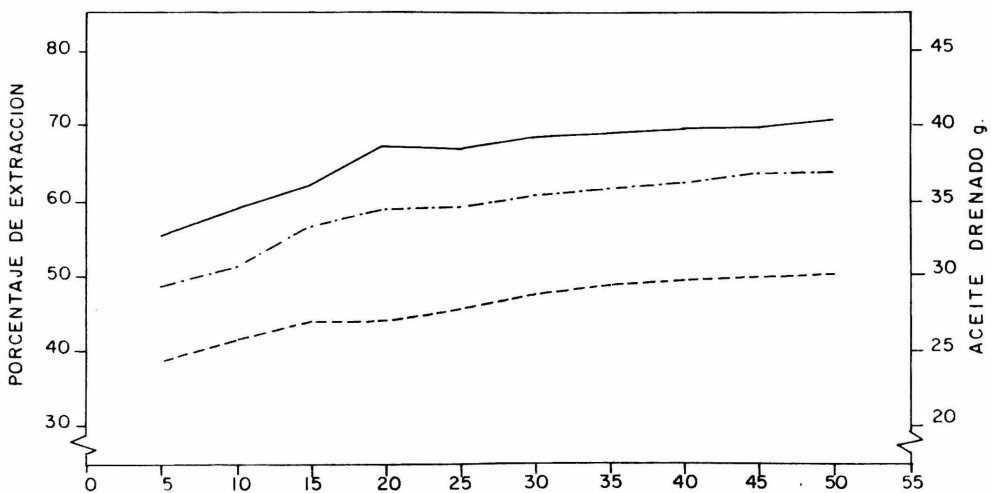
Se usó una prensa hidráulica manual, equipada con dos manómetros, uno que mide fuerza aplicada expresada en toneladas

PORCENTAJE DE EXTRACCION DE ACEITE POR PRENSA HIDRAULICA DE LA SEMILLA DE AJONJOLI DESCASCARILLADA

TEMP. = 20°C

PRESION

- 4 TONS.
- . - . - . 8 TONS.
- 12 TONS.



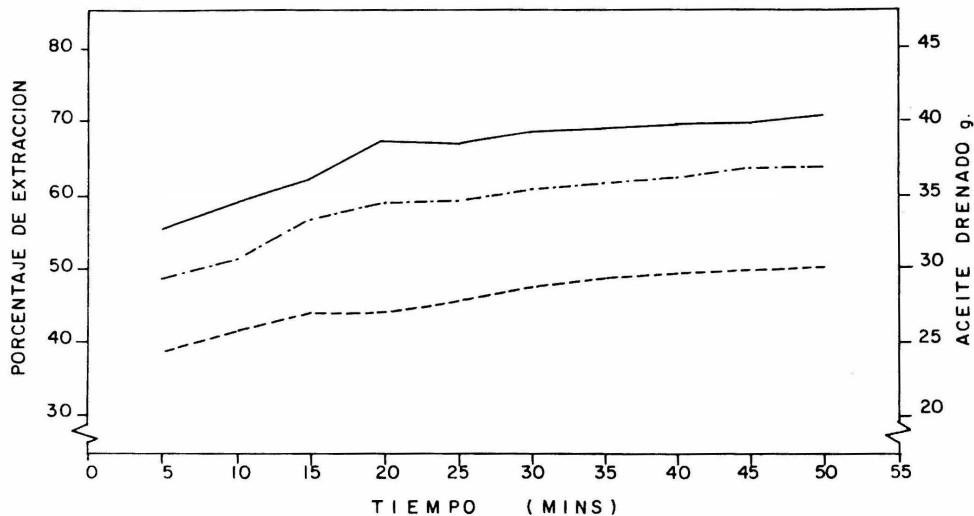
TIEMPO (MINS)

GRAFICA I

PORCENTAJE DE EXTRACCION DE ACEITE POR PRENSA HIDRAULICA DE LA SEMILLA DE AJONJOLI DESCASCARILLADA

TEMP. = 20°C

PRESION  
----- 4 TONS.  
- . - . - 8 TONS.  
————— 12 TONS.



GRAFICA I



fuerza, y otro que mide presión manométrica, expresada en Kg/cm<sup>2</sup>. Se mantuvo constante la temperatura a 20°C. Se prensó 100 g. de semilla en un recipiente de acero inoxidable cuyas medidas son 7.8 cm. de diámetro y 5.0 cm de altura, teniendo perforaciones para hacer el drenado. Se graficó porcentaje de extracción de aceite versus tiempo de drenado a tres diferentes presiones: 4 toneladas (142.4 Kg./cm<sup>2</sup>), 8 toneladas (320.0 Kg./cm<sup>2</sup>) y 12 toneladas (501.0 Kg./cm<sup>2</sup>), como puede observarse en la gráfica No. 1

Se seleccionó un tiempo de extracción de aceite de 10 minutos, una presión de 12 toneladas y una temperatura de 20°C. El porcentaje de extracción con éstos parámetros fué de 59.01%. El análisis bromatológico de la semilla prensada en estas condiciones se muestra a continuación.

CUADRO No. VI

MACROCOMPONENTES DE SEMILLA PRENSADA DE AJONJOLI  
(Descascarillada con solución alcalina)

COMPONENTES	g/100g. de producto
PROTEINA (N x 5.3)	37.08
GRASA	23.69
CENIZAS	7.16
FIBRA CRUDA	4.65
HUMEDAD	5.78
CARBOHIDRATOS	21.64

## 8.- Molido.

Para que haya una buena eficiencia de extracción de aceite con solvente es necesario aumentar la superficie de contacto entre la pasta oleaginosa y el solvente. Para este fin se molió la pasta en un molino de cuchillas y se pasó a través de una criba de 20 mallas, para obtener una harina gruesa.

## 9.- Extracción con solvente.

La harina gruesa con un contenido de 23.69% de aceite se somete por lotes a un sistema intermitente de extracción de aceite con solvente que trabaja en forma similar al aparato extractor de Soxlet, con capacidad de 1 kilo de producto.

Para la selección del solvente a usar en este trabajo se tomaron en cuenta las cualidades que debe tener un solvente, a saber; que no sea tóxico y explosivo, que sea eficiente en la extracción, que no deje malos olores, que tenga un punto de ebullición bajo, que sea inerte con los materiales del equipo, que tenga propiedades bactericidas y que sea fácil de conseguirse ( 49 ).

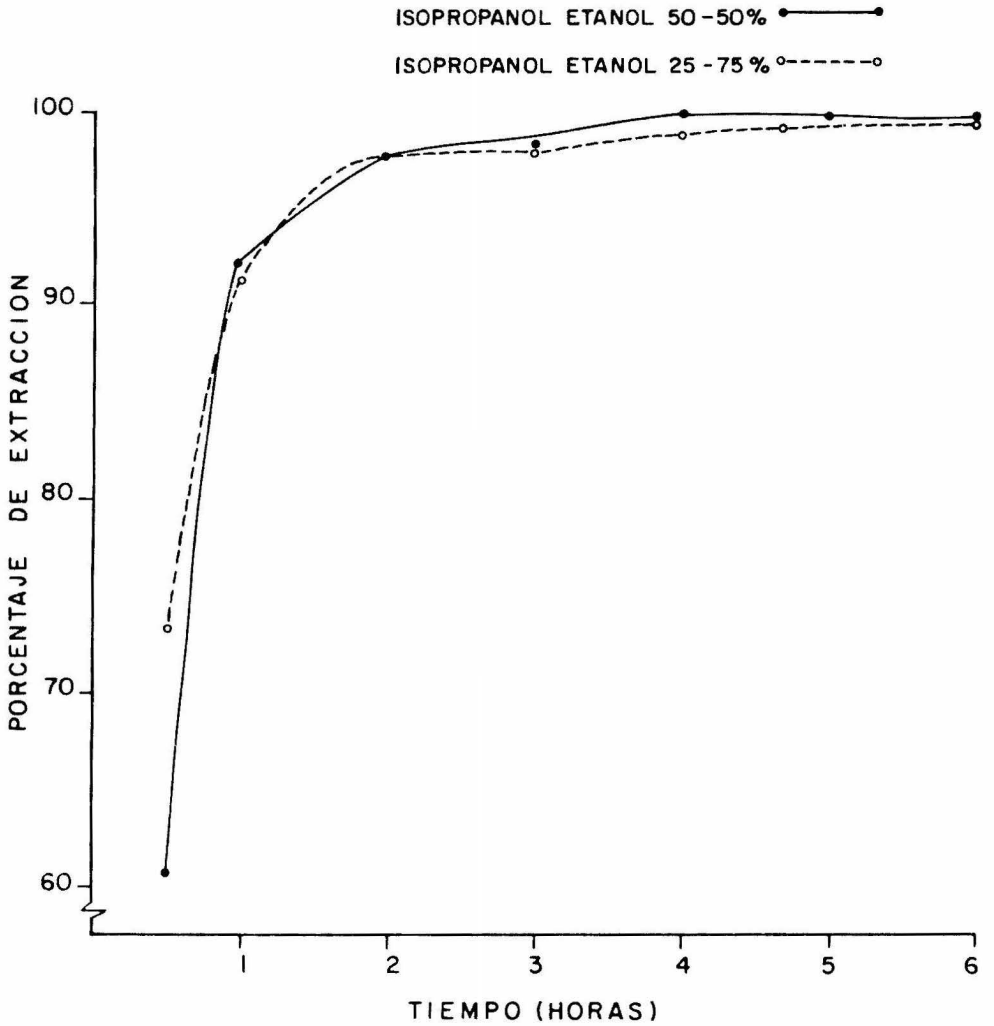
El alcohol isopropílico y el etanol son los solventes adecuados para trabajar en el laboratorio, debido a que se recuperan fácilmente por su bajo punto de ebullición, no son tóxicos, son baratos y tienen propiedades bactericidas ( 49 ).

Se graficó porcentaje de extracción usando una mezcla a diferentes concentraciones de isopropanol y etanol versus tiempo de extracción, como se puede observar en la gráfica No. 2. Se seleccionó la mezcla de isopropanol 25% y etanol 75% por un tiempo

GRAFICA 2

PORCENTAJE DE EXTRACCION DE ACEITE DE SEMILLA DE AJONJOLI  
DESCASCARADA Y PRE-PRESADA

TEMP. =  $70^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}$



po de 5 horas. El porcentaje de extracción en estas condiciones fué de 97.0%

#### 10.- Eliminación de solvente.

Para eliminar la mayor cantidad de solvente, la harina desengrasada fué aireada en una campana con extractor de aire durante 8 horas.

#### 11.- Desodorizado.

Para eliminar el solvente residual de la harina, fué necesario tratarlo con calor en una estufa a una temperatura no mayor de 80°C y con vacío parcial (3 horas).

#### 12.- Molido.

La harina gruesa desodorizada se pasó por un molino de martillos (Micropulverizador) para tener una harina fina de 150 a 200 mallas.

#### 13.- Empaque.

La harina es el producto final del proceso de la extracción de aceite proveniente de semilla de ajonjolí y tiene como máximo 3.0% de grasa, no presenta residuos de solvente y tiene un alto contenido de proteína de buena calidad para consumo humano.

Se empacó en bolsas de polietileno de 1 kilo y se almacenó en un lugar fresco y seco.

DIAGRAMA I

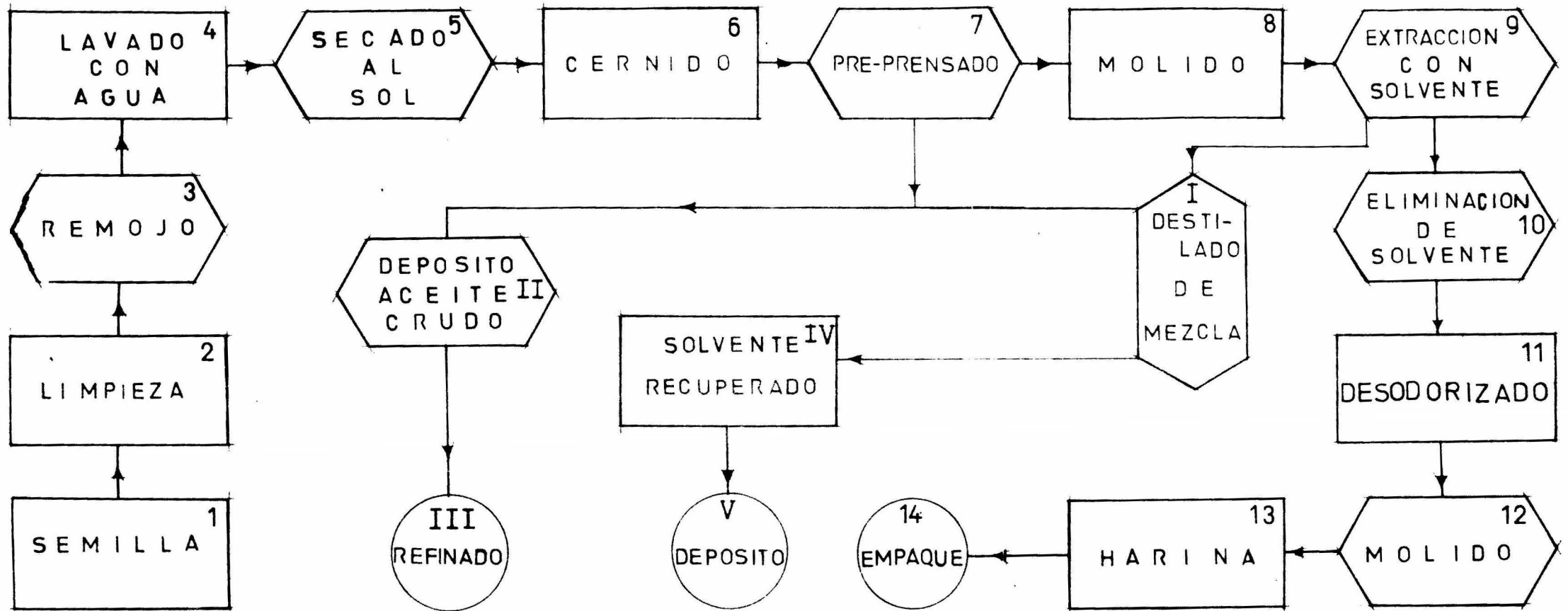


DIAGRAMA DE FLUJO  
DE LA OBTENCION DE HARI-  
NA DE AJONJOLI A NIVEL  
LABORATORIO.

## EVALUACION DE LA CALIDAD DE LAS PROTEINAS (50)

La calidad de la proteína es la eficiencia con la cual se utiliza para la síntesis de las proteínas tisulares, así como para el mantenimiento del organismo. El objetivo principal de la proteína de la dieta es la de suministrar una mezcla de aminoácidos en ciertas proporciones para que se lleven a cabo estas funciones.

Cualquier método para medir el valor de las proteínas de los alimentos, debe directa ó indirectamente evaluar esas funciones. Existen varios métodos para evaluar la calidad de la proteína como son métodos químicos y biológicos.

### METODO QUIMICO

Para evaluar la calidad de las proteínas la FAO estableció en 1957 una proteína patrón que sirve de referencia para calificar cualquier proteína. Uno de los principales métodos químicos se conoce como Calificación Química de una proteína y consiste en determinar el aminograma de la proteína y se compara ésta con la proteína patrón de la FAO (1957), tomando como 100 % los aminoácidos de ésta proteína. Se calcula el % de cada uno de los aminoácidos de la proteína problema y se toma como Calificación Química de la proteína aquel que nos de el menor porcentaje ( 51 ).

## ANALISIS CUANTITATIVO DE AMINOACIDOS DE LA PROTEINA (52)

### Fundamento:

Esta determinación se basa en el método desarrollado por Moore y Stein (53) que permite cuantificar los aminoácidos en una mezcla de ellos. El proceso consta esencialmente de cuatro sis temas:

a.- La separación de aminoácidos por medio de columnas de resina sintética de intercambio iónico (Poliestireno sulfonado), usando como eluyentes buffers de citrato de sodio.

b.- Formación de un complejo colorido por la reacción del aminoácido - eluyente - ninhidrina a una temperatura óptima.

c.- Medida de la intensidad del color del complejo ya formado, por medio de un fotocolorímetro, constituido por dos filtros con diferente longitud de onda (570 mu y 440 mu).

d.- La intensidad del color de cada uno de los aminoácidos se grafica por un registrador automático sobre papel semilo garítmico.

### Material:

Analizador Automático de Aminoácidos

Beckman modelo 116

Pipeta de 200 lambdas

Reactivos:

Buffer Citrato de Sodio pH 3.25  
Buffer Citrato de Sodio pH 4.30  
Buffer Citrato de Sodio pH 5.25  
Hidróxido de Sodio 0.2 N  
Ninhidrina  
Muestra de Proteína Hidrolizada

PREPARACION DE LA MUESTRA HIDROLIZADA

Fundamento:

Para separar los aminoácidos de una proteína por cromatografía en columna, es necesario romper los enlaces peptídicos de la proteína por medio de una hidrólisis ácida que se controla.

Material:

Evaporador rotatorio al vacío  
Baño de aceite  
Matraces redondos de fondo plano de 250 ml.  
Refrigerante  
Filtros

Reactivos:

Acido Clorhídrico 6 N  
Solución buffer Citrato de Sodio 2N pH 2.14



Procedimiento:

Se pesa de 50 a 150 mg. de muestra desengrasada y se coloca en un matraz de hidrólisis, adicionando 60 ml. de HCL y se lleva a reflujo en un baño de aceite durante 30 a 50 horas (el tiempo de hidrólisis varía según la muestra de que se trate). La solución hidrolizada se filtra a través de porcelana porosa para eliminar huminas y el filtrado se evapora a sequedad hasta eliminar todo el HCL, se lava con porciones de agua destilada y evaporando cada vez, el residuo se disuelve en solución buffer citrato de sodio y el volumen se ajusta a 25 ml. con la misma solución.

MUESTRA OXIDADA

Fundamento:

La hidrólisis ácida de la muestra destruye parcial ó totalmente algunos aminoácidos como Triptofano, Metionina y Cisteina por lo que antes de hidrolizar es necesario oxidar la proteína con ácido perfórmico y así la cisteina se convierte en ácido cisteico y metionina en la sulfona correspondiente que son más resistentes a las condiciones drásticas de la hidrólisis.

Material:

Evaporador al vacío  
Pipetas volumétricas

Reactivos:

Acido Perfórmico (Mezcla de 4.5 ml. de ácido fórmico al 80% y 0.5 ml. de peróxido de hidrógeno).

Procedimiento:

De la muestra desengrasada se pesa de 50 a 100 mg. y se coloca en un matraz y se le adiciona 1.5 ml de ácido Perfórmico, dejando oxidar 15 minutos a temperatura ambiente, transcurrido este tiempo se evapora el ácido al vacío y se hidroliza en la misma forma que la muestra sin oxidar.

De esta forma las muestras de proteínas hidrolizadas quedan listas para el análisis.

Para conocer la cantidad de aminoácidos, se calcula el área bajo la curva que se obtiene con cantidades conocidas de cada aminoácido y relacionando el área que se obtiene con la proteína de prueba.

#### DETERMINACION DE TRIPTOFANO (54)

Fundamento:

La determinación química de triptofano en proteínas se basa en la reacción colorida que se produce cuando los productos de condensación del triptofano se oxidan, lo cual se lleva en dos fases:

a.- Reacción de triptofano con el p-dimetilaminobenzaldehido (PDAB) en ácido sulfúrico 21.4 N, para formar productos de condensación incoloros.

b.- Subsecuente desarrollo de color azul debido a la oxidación de los productos no coloridos, por medio del nitrito de sodio, guardando una relación directa la intensidad de la coloración con la concentración del triptofano. El triptofano se puede determinar en presencia de carbohidratos.

**Material:**


Fotocolorímetro Carl-Zeiss  
Matraces Erlenmeyer de 50 ml  
Buretas de 50 ml.  
Pipetas de 1, 5 y 10 ml.  
Matraces aforados de 25, 50 y 100 ml.

**Reactivos:**

p-Dimetilaminobenzaldehído, R.A., al 0.5%  
en HCLIN  
Solución tipo de triptofano al 0.01% en  
NaOH 1N  
Nitrito de sodio, R.A., al 0.05%  
Acido sulfúrico, R.A., al 60% ó 21.4 N

**Procedimiento:**

A 10 mg de la muestra (desengrasada y homogenizada) se le adicionan 2.5 ml. de la solución PDAB y 12 ml. de ácido sulfúrico 21.4 N, se agita y se deja reposar durante 17 horas en la obscuridad, al mismo tiempo se preparan un blanco de reactivos, una curva tipo de triptofano con cantidades de 50 a 300 mg de aminoácido y un patrón de caseína (10 mg.) como doble control. Transcurrido el tiempo se les adiciona 0.1 ml. de solución de nitrito de sodio agitando y se dejan reposar al abrigo de la luz, durante 30 minutos. Se lee en el fotocolorímetro a 590 mμ ajustando con un blanco de agua destilada a 100 % de transmitancia. Se puede ajustar con el blanco de reactivos a 100 % de transmitancia.

PDAB	Solución Tryptofano	Caseína	Problema	Ac. Sulfúrico
2.5 ml.	—	—	—	12.0 ml.
	0.5 ml.	—	—	11.5 ml.
	1.0 ml.	—	—	11.0 ml.
	1.5 ml.	—	—	10.5 ml.
	2.0 ml.	—	—	10.0 ml.
	2.5 ml.	—	—	9.5 ml.
	3.0 ml.	—	—	9.0 ml.
	—	10 mg	—	12.0 ml.
	—	—	10 mg.	12.0 ml.

Cálculos:

El % de transmitancia se convierte a densidad óptica y este valor se interpola en la curva tipo de triptofano y se obtiene así la concentración de este aminoácido. Posteriormente hacer las siguientes relaciones:

$$\begin{array}{r} \text{Concentración leída en curva} \text{ ----- } 0.010 \text{ g. (muestra)} \\ \times \qquad \qquad \qquad \text{----- } 100.0 \text{ g} \end{array}$$

$$X = A$$



MÉTODOS QUE MIDEN CAMBIO DE PESO ( 55 )

Fundamento:

La velocidad de crecimiento (aumento de peso) de un animal bajo condiciones controladas, proporciona una forma simple de medir el valor de la proteína de la dieta. Si la dieta contiene cantidades insuficientes de uno ó más de los aminoácidos esenciales, la velocidad de crecimiento se va a reducir ó ha detenerse completamente. Así el crecimiento es un índice de gran sensibilidad para saber si la dieta esta suministrando con eficiencia los aminoácidos esenciales.

Tanto Hegsted como Mitchell han reportado que el metabolismo de utilización de las proteínas de los alimentos tanto en el hombre como en la rata en crecimiento es muy parecido. Ellos indicaron que los resultados obtenidos con la rata en crecimiento eran por completo, aplicables a la evaluación de dietas humanas ( 50 ).

El método de Eficiencia de la Proteína (EP), se basa en la relación de ganancia de peso corporal (g) y la cantidad de proteína (g) consumida.

$$EP = \frac{\text{Ganancia de peso}}{\text{Proteína ingerida}} \times 100$$

Ganancia de peso (g) = Peso final - peso inicial

Proteína ingerida = g de dieta consumida X % Proteína de la Dieta.

Procedimiento:

1.- Se utiliza un grupo de 10 ratas blancas macho de una misma cepa (Wistar), de 21 a 23 días de nacidas y con un peso aproximado de 35 a 40 g. La diferencia en peso no debe ser mayor de 5 g, porque pueden dar resultados muy variables.

2.- Las ratas seleccionadas se colocan en jaulas individuales, en un cuarto a temperatura de  $23^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa 50-60 por ciento, buena ventilación y con iluminación diaria por 12 horas ( 55 ). Se someten a depleción durante 24 horas para unificar el estado nutricional de los animales, permitiendo la ingestión de agua ad-libitum.

3.- Se prepara la dieta con la proteína a evaluar como única fuente proteica a una concentración de 10.0% ( $\pm 0.3\%$ ) de proteína (Nx 6.25) ( 55 ), añadiendo además cantidades suficientes de otros nutrientes indispensables. Cuadro No. VII

4.- Se toma el peso del animal después del ayuno y se alimenta con la dieta de prueba ad-libitum durante 28 días.

5.- Durante todo este tiempo se miden constantemente los cambios de peso del animal así como la cantidad de dieta consumida, teniendo de esta forma al final del estudio la ganancia total de peso y de consumo total de proteínas durante el período.

6.- En forma paralela se realiza el mismo experimento utilizando como única fuente proteica a la caseína (proteína de alta calidad) a fin de tener su valor de E.P. como un patrón de referencia.

CUADRO No. VII

COMPOSICION DE UNA DIETA NORMAL

COMPONENTES	CANTIDAD (g)
Proteína *	10.00
Mezcla de Vitaminas **	2.20
Mezcla de Sales Minerales	4.00
Celulosa	4.00
Glucosa	20.00
Sacarosa	20.00
Almidón de Maíz	20.00
Aceite de Maíz	19.80
TOTAL	100.00

\* Se refiere a la proteína por evaluar

\*\* Mezcla de vitaminas para dietas (NBC)



MEZCLA DE VITAMINAS \*

---

COMPONENTES	CANTIDAD
Vitamina A (200,000 u/g)	4.50 g
Vitamina D (400,000 u/g)	0.25 g
Alfa Tocoferol	5.00 g
Acido Ascórbico	45.00 g
Inositol	5.00 g
Cloruro de Colina	75.00 g
Menadiona (Vit. K)	2.25 g
Acido p-Aminobenzoico	5.00 g
Niacina	4.50 g
Riboflavina	1.00 g
Clorhidrato de Piridoxina	1.00 g
Clorhidrato de Tiamina	1.00 g
Pantotenato de Calcio	3.00 g
Biotina	20.00 mg
Acido Fólico	90.00 mg
Vitamina B <sub>12</sub>	1.35 mg
Dextrosa c.b.p.	1000.00 g

---

\* Esta mezcla de vitaminas la vende Nutritional Biochemicals Corporation (NBC).

MEZCLA DE SALES MINERALES

---

COMPONENTES	CANTIDAD (g)
Fosfato de Calcio Tribásico	57.996
Cloruro de Sodio	25.000
Cloruro de Potasio	15.000
Citrato de Hierro	0.600
Carbonato de Magnesio	0.550
Cloruro de Manganeso	0.550
Carbonato de Cobre	0.140
Carbonato de Zinc	0.160
Yodato de Sodio	0.002
Fluoruro de Sodio	0.002
TOTAL	100.000

---

METODOS QUE MIDEN CAMBIOS DE NITROGENO CORPORAL (56 )

Fundamento:

El aumento de peso no refleja necesariamente la calidad de una proteína, porque puede estar influenciado por los siguientes factores: características de la dieta, nivel de proteína en la dieta, duración del experimento, edad de la rata, sexo, estado fisiológico, estructura genética del animal y las condiciones climatológicas. Miller y Bender han descrito un procedimiento para valorar más exactamente la calidad de una proteína. Este método mide el cambio de nitrógeno corporal y proporciona datos que dan un criterio más amplio para calificar una proteína.

La Utilización Proteica Neta (UPN) consiste en medir la proporción de las proteínas ingeridas, que son incorporadas al organismo y determina la relación que existe entre la cantidad de nitrógeno retenido y la cantidad de nitrógeno ingerido en forma porcentual.

$$UPN = \frac{N \text{ retenido (g)}}{N \text{ ingerido (g)}} \cdot 100$$

N retenido = N total de la rata problema - N Total de la rata blanco  
( a tiempo cero )

N ingerido =  $\frac{g \text{ de dieta consumida} \times \% N \text{ en la dieta}}{100}$

Procedimiento:

1.- A un grupo de 10 ratas macho de peso uniforme (35 - 40 g) que se mantuvieron en ayuno 24 horas, se les da la dieta con la proteína a evaluar. ad-libitum durante 4 semanas.

2.- Al término de los 28 días del estudio, se sacrifican las ratas con cloroformo y se abren longitudinalmente por el abdomen. Después se llevan en una charola a un horno de aire caliente a 105°C durante 24 horas.

3.- Una vez secos se pesan y se fragmentan cada rata por medio de una guillotina y se muelen en una licuadora, arrastrando todas las partículas que pudieran quedar adheridas en las paredes.

4.- De el polvo homogéneo se toma por triplicado de 1 a 1.5 g de muestra y se le determina nitrógeno total\*.

5.- De la misma forma se determina a un grupo de ratas alimentadas con dieta a base de caseína (proteína de referencia) y se procede de igual forma.

\* El tiempo de digestión de las muestras es de hora y media. En la destilación se puede agregar algún agente antiespumante, puesto que se presenta la saponificación de la grasa procedente de la rata con el hidróxido de sodio al 50%.

ELABORACION DE LA MEZCLA DE OPTIMO VALOR NUTRITIVO  
DE HARINA DE AJONJOLI Y DE HARINA DE SOYA

En el cuadro No. XIV se presenta la composición de aminoácidos indispensables de las proteínas del ajonjolí y de la soya. Como se observa el ajonjolí es limitante en lisina, y la soya lo es en metionina, comparada con la composición de la proteína patrón de FAO 1957 (cuadro No. XIII).

En base a los aminogramas de las dos harinas, se elaboró una mezcla ajonjolí y soya, a la que se le denominó mezcla II y cuya composición se presenta en el cuadro No. XIV. La mezcla se obtuvo calculando la combinación de proteína de ajonjolí y soya menos limitante en relación al patrón FAO 1957 en lisina y metionina.

La forma para realizar lo anterior se ilustra en la gráfica No. 3 y consistió en trazar las curvas del contenido de éstos dos aminoácidos en las distintas combinaciones de ajonjolí y soya (ver cuadro No. XVII); puede observarse en la gráfica que ambas se cruzaron cuando el 60.0 % de la proteína de la mezcla venía del ajonjolí y el 40.0 % restante procedía de la soya. Esta mezcla se obtiene con 51.0 g de harina de ajonjolí y 49.0 g de harina de soya, y tiene una calificación química de 99.2 donde la lisina y metionina son limitantes.

III RESULTADOS.

CUADRO No. VIII

CONTENIDO DE ACIDO OXALICO DE AJONJOLI  
(g/100 g. de producto)

MATERIA SIN DESENGRASAR	ACIDO OXALICO	Ac. Ox. Como % de Ac. Ox. de Semilla entera	MATERIA DESENGRASADA	ACIDO OXALICO	Ac.Ox.Como % Ac.Ox.de pas- ta residual
SEMILLA ENTERA DE AJONJOLI	3.22	100.00	PASTA RESIDUAL DE AJONJOLI (EXPELLER)	6.18	100.00
SEMILLA DESCASCA- RADA *	0.82	25.46	HARINA 1	1.21	97.57
SEMILLA DESCASCA- RADA **	2.18	67.70	HARINA 2	3.24	52.42

\* Tratamiento con NaOH 0.6 %, 86°C y 1 minuto.

\*\* Tratamiento con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1.25 %, 85°C y 48 horas.

1.- Proveniente de la semilla descascarada con álcali.

2.- Proveniente de la semilla descascarada con ácido.

CUADRO No. IX

RESULTADO DE LA PRUEBA ORGANOLEPTICA DE COMPARACION PAREADA, REALIZADA  
AL ACEITE ACIDO\* Y AL ACEITE BASICO\*\*, TOMANDO COMO PATRON DE REFERENCIA  
AL ACEITE NEUTRO \*\*\*

No. DE JUEZ	DETECCION		IDENTIFICACION		CALIFICACION	
	ACIDO	BASICO	ACIDO	BASICO	ACIDO	BASICO
1	SI	SI	SI	NO	REGULAR	BUENO
2	SI	NO	SI	NO	MALO	REGULAR
3	SI	SI	SI	NO	REGULAR	BUENO
4	SI	SI	SI	NO	MALO	REGULAR
5	SI	NO	SI	NO	MALO	BUENO

\* Aceite proveniente de semilla descascarada con solución ácida.

\*\* Aceite proveniente de semilla descascarada con solución alcalina.

\*\*\* Aceite proveniente de semilla sin tratar.



CUADRO No. X

RESULTADO DE LA PRUEBA ORGANOLEPTICA DE TRIANGULO, REALIZADA  
AL ACEITE OBTENIDO CON SOSA\*, TOMANDO COMO PATRON DE REFEREN-  
CIA AL ACEITE NEUTRO\*\*

No. DE JUEZ	DETECCION	IDENTIFICACION	CALIFICACION***
1	SI	SI	SATISFACTORIO
2	SI	NO	SATISFACTORIO
3	SI	NO	SATISFACTORIO
4	SI	SI	SATISFACTORIO
5	SI	SI	BUENO

\* Aceite proveniente de semilla descascarada con sosa.

\*\* Aceite proveniente de semilla sin tratar.

\*\*\* Escala: malo, mediocre, satisfactorio, bueno y excelente.

CUADRO No. XI

CARACTERISTICAS DEL ACEITE DE AJONJOLI

SEMILLA	INDICE DE ACIDEZ	INDICE DE SAPONIFICACION	INDICE DE IODO	DENSIDAD 25°C	COLOR AMARILLO
SIN TRATAMIENTO	0.24	188.83	108.48	0.9108	CLARO TURBIO
DESCASCARADA*	0.43	188.61	109.55	0.9134	CLARO TRANSPARENTE
DESCASCARADA**	4.99	189.20	105.84	0.9105	CLARO TRANSPARENTE

\* Tratamiento con NaOH 0.6%, 86°C y 1 minuto.

\*\* Tratamiento con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1.25%, 85°C y 48 horas.

CUADRO No.XII

MACROCOMPONENTES DE LA SEMILLA Y DE LA HARINA  
DE AJONJOLI  
(g/100 g. de producto)

COMPONENTES	SEMILLA	HARINA*
PROTEINAS (N×5.3)	19.05	44.25
GRASA	50.05	3.87
CENIZAS	5.91	7.66
FIBRA CRUDA	9.42	5.20
HUMEDAD	4.65	7.68
CARBOHIDRATOS	10.92	31.34

\* Proveniente de semilla descascarillada con solución alcalina.

CUADRO No. XIII

CONTENIDO DE AMINOACIDOS  
(en g/16g de nitrógeno)

AMINOACIDO	HARINA DE AJONJOLI 1	PROTEINA PATRON DE LA FAO (1957)
LISINA	2.83	4.20
ISOLEUCINA	3.89	4.20
TREONINA	3.69	2.80
VALINA	5.01	4.20
LEUCINA	6.92	4.80
TRIPTOFANO	1.50	1.40
METIONINA	2.65	2.20
FENILALANINA	4.09	2.80

1.- Harina proveniente de semilla descascarada  
con solución alcalina.

CUADRO No. XIV

CONTENIDO DE AMINOACIDOS  
(en g/16 g de nitrógeno)

	HARINA DE AJONJOLI I	HARINA DE SOYA	MEZCLA I* H. AJONJO- LI Y H. SOYA	MEZCLA II** H. AJONJOLI Y H. SOYA
LISINA	2.83	6.20	3.82	4.18
ISOLEUCINA	3.89	4.78	4.06	4.25
TREONINA	3.69	3.59	3.64	3.65
VALINA	5.01	5.18	4.85	5.10
LEUCINA	6.92	7.81	6.92	7.28
TRIPTOFANO	1.50	1.33	1.44	1.43
METIONINA	2.65	1.47	2.39	2.18
FENILALANINA	4.09	5.53	4.26	4.67

I.- Harina proveniente de semilla descascarada con álcali.

\* Mezcla I: Mezcla teórica 72.0 g de Proteína de Ajonjolí con 28.0 g de Proteína de Soya.

\*\* Mezcla II: Mezcla óptima 60.0 g de Proteína de Ajonjolí con 40.0 g de Proteína de Soya.

CUADRO No. XV

MACROCOMPONENTES DE HARINAS DE AJONJOLI, DE SOYA Y DE UNA MEZCLA  
DE HARINA DE AJONJOLI (72%) Y HARINA DE SOYA (28%).  
(g/100 g de producto)

COMPONENTES	HARINA DE AJONJOLI*	HARINA DE SOYA	MEZCLA 1
PROTEINAS	44.25	30.60	40.31
GRASA	3.87	20.40	8.49
CENIZAS	7.66	4.54	6.78
FIBRA CRUDA	5.20	3.76	4.79
HUMEDAD	7.68	3.83	6.68
CARBOHIDRATOS	31.34	36.87	32.95

\* Proveniente de semilla descascarillada con solución alcalina.

CUADRO No. XVI

COMPARACION DE LOS VALORES PROMEDIO DE EFICIENCIA PROTEICA  
(E.P.) Y UTILIZACION NETA DE LAS PROTEINAS (U.N.P.) DEL  
AJONJOLI, DE LA MEZCLA DE AJONJOLI (72%) CON SOYA (28%)  
Y DE LA CASEINA.

FUENTE DE LA PRO- TEINA EN LA DIETA	E.P. ( $\bar{x} \pm D.E.$ )	E.P. COMO % DE LA E.P. DE CASEINA	U.N.P. ( $\bar{x} \pm D.E.$ )	U.N.P. COMO % DE LA U.N.P. DE CASEINA
CASEINA*	2.50 $\pm$ 0.12	100.00	60.00 $\pm$ 3.50	100.00
HARINA DE AJONJOLI 1	1.86 $\pm$ 0.19	74.40	30.72 $\pm$ 2.94	51.20
MEZCLA AJONJOLI CON SOYA	2.05 $\pm$ 0.07	82.10	49.85 $\pm$ 5.88	83.00

\* El valor de E.P. para caseína se ajustó a 2.50 y el de U.N.P. a 60

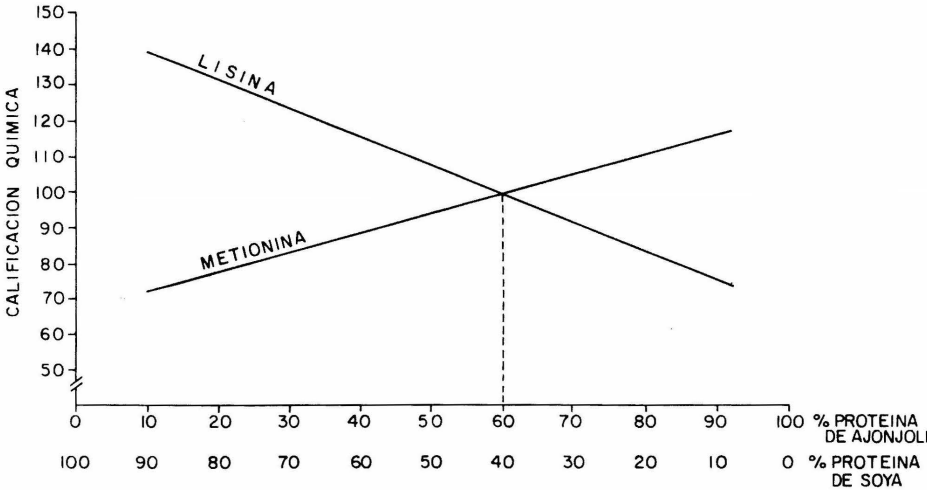
1.- Proveniente de semilla descascarada con NaOH 0.6%, 86°C y 1 minuto.

CUADRO No. XVII

% PROTEINA		CALIFICACION	QUIMICA
AJONJOLI - SOYA		LISINA	METIONINA
10	90	139.50	72.18
20	80	131.57	77.54
30	70	123.54	82.90
40	60	115.52	88.27
50	50	107.50	93.63
60	40	99.47	99.00
70	30	91.45	104.36
80	20	83.42	109.72
90	10	75.40	115.09



GRAFICA PARA LOCALIZAR LA MEZCLA DE OPTIMO VALOR NUTRITIVO



GRAFICA 3

IV DISCUSSION.

El cuadro No. VIII muestra los resultados del contenido de ácido oxálico en las materias obtenidas en las diferentes etapas de este proceso. Como se estableció de antemano, uno de los objetivos era el de eliminar ó disminuir el ácido oxálico presente en la semilla de ajonjolí, la que contiene 3.22 %, que resulta bastante elevado si se compara con el contenido de ácido oxálico de otros materiales como la espinaca (Spinacea olearacea L.) que es un alimento considerado como muy alto en ácido oxálico y cuyo contenido en promedio es de 2.0 % (45).

El descascarillado de una semilla tan pequeña como la de ajonjolí es más eficiente cuando se combinan un procedimiento químico con un procedimiento mecánico, lo que significa una mayor eliminación de ácido oxálico en el producto final. De los dos tratamientos químicos escogidos, el tratamiento alcalino (NaOH, 0.6%, 86°C y 1 min.) da un contenido de ácido oxálico mucho menor en la semilla descascarillada sin desengrasar, esto es, 0.82 % que representa una eliminación de 75 % con respecto al contenido total de ácido oxálico en la semilla entera; este nivel de 0.82 % sube a 1.21 % en la harina final después de la extracción del aceite (harina 1), que representa sólo el 20.00 % en comparación con el 6.18 % de ácido oxálico presente en la pasta residual de ajonjolí obtenida por los métodos convencionales (prensa de Expeller).

El tratamiento ácido ( $H_2SO_4$ , 1.25 %, 85°C y 48 hrs.) requiere un tiempo mucho mayor, lo que resulta antieconómico, además de que da una eficiencia de extracción de ácido oxálico mucho menor, esto es 2.18 % en la semilla descascarillada, que representa

aproximadamente un 30 % de eliminación con respecto a la semilla entera; este nivel de 2.18 % sube en la harina final después del desengrasado a 3.24 % (Harina 2), lo que representa el 48.0 % de eliminación comparado con el 6.18 % de ácido oxálico presente en la pasta residual de ajonjolí obtenida por la técnica del Expeller.

Un punto importante en cualquier tratamiento químico es tratar de evitar cualquier tipo de alteración en las características inherentes a un producto alimenticio; debido a que el aceite es el principal producto de la industria aceitera, se realizó un panel organoléptico con la finalidad de observar los posibles cambios que pudieran ocurrir en el aceite obtenido de dos procedimientos. Se realizó un panel de comparación pareada entre el aceite obtenido por el procedimiento alcalino y el obtenido por el procedimiento ácido, tomando como patrón de referencia un aceite recién extraído y sin ningún tratamiento (aceite neutro); los resultados de esta prueba se presentan en el cuadro No. IX, en donde se observa que el aceite del tratamiento ácido tuvo una calificación de malo, mientras que el aceite del tratamiento alcalino se calificó como un aceite bueno. En base a estos resultados, se realizó la prueba de triángulo entre el aceite obtenido por el procedimiento alcalino y el aceite recién extraído sin ningún tratamiento (aceite neutro); esta prueba es más específica para detectar pequeñas diferencias que pudieran tener dos productos alimenticios; los resultados de esta prueba se presentan en el cuadro No. X, en donde se observa una calificación de satisfactorio para este aceite (alcalino). La evaluación organoléptica a través de las dos pruebas realizadas, indica claramente que el tratamiento alcalino es el más adecuado, pues no altera notablemente las características

de olor y sabor del aceite resultante, mientras que el procedimiento ácido sí altera en forma clara dichas propiedades del aceite final. Más aún, si consideramos que el procedimiento extrae casi todo el ácido oxálico presente en la semilla, es obvio que el procedimiento químico a seleccionar sea el alcalino.

A modo de comparación cabe mencionar, que si bien existen descascarilladores mecánicos para ciertas semillas como la cebada, e incluso para el ajonjolí, las mermas en los productos finales perladados llegan hasta un 15% (66), a diferencia de las mermas obtenidas a través de un remojo en solución alcalina, las cuales son menores al 3.0%.

En el cuadro No. XI se presenta los resultados de las pruebas realizadas con el objeto de observar posibles alteraciones de orden químico en los aceites obtenidos a través de los dos procedimientos aplicados. El índice de saponificación es un parámetro que sirve para detectar si hubo alguna reacción química entre la solución alcalina (NaOH al 0.6%) y el aceite de la semilla; el valor obtenido para el aceite resultante del tratamiento alcalino, fué de 188.61, que es un valor muy semejante al del aceite obtenido sin ningún tratamiento (188.83), lo que significa que no se saponifica el aceite obtenido por este tratamiento, debido al tiempo tan corto de remojo, lo que viene a reafirmar que el tratamiento alcalino es por todos conceptos el mejor. Además de la prueba de índice de saponificación, se realizaron pruebas de índice de acidez, índice de iodo y densidad del aceite, obteniéndose también en estos casos, resultados muy semejantes entre los aceites obtenidos del procedimiento alcalino y sin tratamiento. El aceite obtenido por el procedimiento ácido muestra

ligeras diferencias en los resultados con respecto al aceite sin tratamiento, especialmente en el índice de acidez, el cual si es notablemente superior y en el índice de iodo que es ligeramente inferior, lo que indica que pudo haber rompimiento de las dobles ligaduras en los ácidos grasos insaturados y que hubo una ligera inducción de rancidez de este aceite.

De los resultados anteriores se seleccionó el tratamiento alcalino como un procedimiento adecuado para obtener una harina con cantidades bajas de ácido oxálico. Otro de los objetivos de este trabajo fué tratar de bajar el contenido de fibra cruda a menos de 6.0% en la harina final, lo cual puede ser considerado como una cantidad adecuada en un alimento de esta naturaleza cuando se destina a humanos. En el cuadro No. XII se presenta en forma comparativa el análisis bromatológico de la semilla entera de ajonjolí y la harina final. El contenido de fibra cruda bajó de 9.42% en la semilla hasta 5.2% en la harina, con lo cual se logró quedar por debajo del 6.0% que era lo que se buscaba y que representa el 55% con respecto al contenido de fibra cruda en la semilla; sin embargo el contenido de fibra cruda en la semilla descascarada sin desengrasar fué de 2.78% (observar el cuadro No. V), lo que significa que en realidad se eliminó un 70% del total de la fibra cruda (de 9.42 a 2.78%). Cabe hacer notar que el contenido de proteínas en la harina llegó a 44.25% que es una cantidad relativamente elevada lo que aunado al bajo contenido de fibra cruda permite suponer que la harina presenta buenas características desde el punto de vista nutritivo.



QUIMICA

El cuadro No. XIII presenta el contenido de aminoácidos indispensables en la harina final obtenida por el método seleccionado de remojo en solución alcalina, en comparación con la proteína patrón de la FAO (1957). Se puede observar que esta harina presenta un buen patrón de aminoácidos indispensables y que sólo es limitante en lisina, con una calificación química de 67, y ligeramente deficiente en isoleucina. Por otro lado, el contenido de metionina es bastante bueno, ya que es superior al de la proteína patrón (FAO), con lo cual, si se toma en cuenta que la proteína de soya es deficiente en metionina, pero contiene un exceso de lisina e isoleucina, la complementación entre ambas proteínas (ajonjolí-soya), dará buenos resultados en nutrición, ya que en las mezclas resultantes se obtendrá el balance adecuado entre estos aminoácidos.

El cuadro No. XIV muestra en forma comparativa el análisis de aminoácidos indispensables de la harina de ajonjolí, la harina de soya integral y de dos mezclas de ambos materiales, la primera (MEZCLA I), constituida por un aporte proteico de 72.0% por parte del ajonjolí y 28.0% por parte de la soya y la segunda (MEZCLA II) formada por 60.0% en aporte proteico de ajonjolí y 40.0% por parte de la soya. Se observa claramente que se logra una muy buena complementación entre ambas proteínas pues los niveles de aminoácidos, lisina, isoleucina, metionina, así como triptofano (ligeramente deficiente en la soya) son semejantes a los del patrón de la FAO de 1957, sobre todo en la Mezcla II en donde los valores alcanzados por estos aminoácidos son francamente semejantes a las de la proteína patrón, e inclusive el triptofano y la isoleucina quedan por arriba de estos niveles.

La mezcla I fué el resultado de una mezcla óptima teórica, obtenida con aminogramas de soya y ajonjolí tomados de una publicación científica (18), pues no se pudo contar en un principio con los aminogramas de las materias primas que se utilizaron en este trabajo; lo antes mencionado es la razón por la cual el balance de aminoácidos deficientes no haya sido logrado en la forma en que se pretendía y que la lisina haya alcanzado en esta mezcla un valor de 3.82 g/100 g de proteína. Cuando se obtuvieron los aminogramas de las materias primas utilizadas (ajonjolí-soya), se encontró una diferencia entre éstos últimos y los de la publicación consultada, de tal forma que al hacer un nuevo análisis sobre una mezcla óptima, se encontró que ésta era la mezcla II, 60% de ajonjolí y 40% de soya (ver gráfica No. 3). El cuadro No. XV muestra el análisis bromatológico comparativo de la harina de ajonjolí, harina de soya integral y de la mezcla I (72% ajonjolí y 28% de soya); se observa que el nivel de proteína en la mezcla es elevado y el contenido de fibra cruda es bajo, lo que aunado a un bajo contenido de ácido oxálico, hacen de ésta harina un buen suplemento con proteínas de buena calidad en la nutrición humana. El estudio de la evaluación biológica de la calidad proteica se realizó en la fase intermedia de éste trabajo, cuando aún no se contaba con estos aminogramas; es por esta razón que se trabajó con la mezcla teórica (72:28) y los resultados de la eficiencia proteica (E.P.) y utilización neta de la proteína (U.N.P.) que se presentan en el cuadro No. XVI no corresponden exactamente a lo que cabría esperar como óptimo; pero dado que éste no era el objetivo principal de este trabajo, se consideró que se podría hacer una



evaluación biológica posterior no sólo sobre la mejor mezcla desde el punto de vista nutritivo, sino también tomando en consideración el aspecto económico así como ciertas propiedades funcionales y orgánicas.

En el cuadro No. XVI se presentan los datos de la evaluación biológica de la proteína proveniente de la harina de ajonjolí obtenida por éste método, así como de la mezcla 72% de ajonjolí y 28% de soya (Mezcla I) tomando como patrón de referencia a la caseína, a la cual se le asignó un valor de 100. Se observa que tanto la E.P. como la U.N.P. en la mezcla (82.1 % y 83.0% respectivamente) son superiores a los de la harina de ajonjolí (74.4 % y 51.2 % respectivamente) y si se toma en cuenta que la U.N.P. tiene un mayor valor biológico porque mide directamente la retención de nitrógeno en los tejidos del cuerpo, el aumento es notable, pues de 51.2% en la harina de ajonjolí, sube a 83.0% en la mezcla, lo que demuestra que sí existe una buena complementación de proteínas que hace de la mezcla un producto de buena calidad. Es interesante señalar que se realizó la evaluación de la pasta residual de ajonjolí obtenida en el proceso del "Expeller" y tuvo una U.N.P. de 34% con respecto a la caseína, que comparado con 51.2% de la harina, muestra un aumento notable en la calidad proteica de esta última, lo que viene a confirmar la necesidad de evitar altas temperaturas en la extracción del aceite de la semilla de ajonjolí.

Se realizó un estudio histológico en el laboratorio de Anatomía Patológica del Instituto Nacional de la Nutrición en riñones provenientes de 8 ratas que fueron alimentadas ad libitum

con una dieta al 34.0% de harina de ajonjolí (3.24% de ácido oxálico) durante 55 días a partir de cuando tenían un peso promedio de 32 gramos. La dieta contenía 1.09% de ácido oxálico y el diagnóstico emitido fué que no se observaron depósitos de uratos o de sales de calcio en los glomérulos, túbulos e intersticios de los órganos estudiados, encontrándose tejido renal esencialmente normal.

En relación con el aspecto económico de este proceso desarrollado en el laboratorio, se puede observar en el diagrama No. 1, que en su mayor parte se siguen los mismos pasos que existen en forma general en aquellas industrias aceiteras que trabajan con un pre-prensado y con solventes para extraer el aceite. Por esto se piensa que la adaptación del descascarillado utilizando un método químico es factible y no debe elevar notablemente los costos, pues se debe considerar además que no sólo se obtendrá el aceite como producto principal, sino también a una harina de ajonjolí que sería otro producto de importancia que forzosamente destacaría, pues se sabe que en un futuro no muy lejano, será necesario aumentar la disponibilidad de proteínas de origen vegetal para consumo humano.

Uno de los puntos críticos cuando se elaboran alimentos de uso popular, es su precio al público, ya que una de las causas fundamentales de la desnutrición es el bajo poder de compra de la población. Debido a que constantemente varían los precios por tonelada tanto de la semilla de ajonjolí como de la pasta residual al no haber un equilibrio entre la oferta y la demanda, sólo se puede hacer una estimación tentativa con respecto al costo de un producto final. Sin embargo, si se considera el aceite como el principal producto en la industria aceitera, la harina de ajonjolí obtenida

en este proceso, deberá ser considerada como un subproducto y al mismo precio que la pasta residual de ajonjolí, aumentando solamente los costos del descascarillado y de la molienda. Se sabe que la pasta con 40.0% de proteína considerada como un subproducto, tiene un precio que fluctua entre 60 y 70 ¢ por kilogramo, de tal modo que el aumento en el costo por el descascarillado y la molienda en la harina será hasta \$1.55 el kilogramo con 45.0 % de proteína. A nivel industrial es costumbre establecer un punto donde los intereses del consumidor y los intereses económicos de las empresas tengan un máximo de compatibilidad. Es así que resulta un precio de \$4.25 el kilogramo de harina de ajonjolí, lo que da un costo de 1.0 ¢ por g. de proteína, que comparado con el costo por gramo de proteína de otros alimentos como la soya (1.6 ¢) ó el maíz (3.1 ¢), resulta aún más barato.

V CONCLUSIONES .

1.- En semilla de ajonjolí la combinación de un método químico con uno mecánico logra un descascarillado muy eficiente pues se tienen pérdidas muy pequeñas de la materia prima (sólo 3.0 %).

2.- En el descascarillado de la semilla el tratamiento alcalino (NaOH, 0.6% y 86°C) en comparación con el tratamiento ácido, resulta muy superior en cuanto a que se requiere un tiempo menor (1 minuto), se logra eliminar el 75.0 % del contenido total de ácido oxálico en la semilla entera y no afecta en lo absoluto las propiedades químicas y organolépticas del aceite extraído.

3.- Se logra bajar también por éste procedimiento hasta un 30.0 % el contenido total de la fibra cruda en la harina final.

4.- El patrón de aminoácidos de la proteína en la harina de ajonjolí obtenida a través de éste método, indica que ésta solamente es limitante en lisina y que la combinación de proteína de ajonjolí con la proteína de soya da buenos resultados en nutrición ya que en las mezclas resultantes se obtiene un balance adecuado entre la lisina y la metionina (complementación).

5.- La evaluación biológica de la calidad de la proteína muestra claramente que cuando se mezclan dos proteínas deficientes en algún aminoácido pero complementarias entre sí, como es el caso del ajonjolí con la soya, la utilización neta de la proteína (U.N.P) que mide directamente la retención de nitrógeno

en los tejidos, aumenta notablemente de 51.2 % en la proteína de la harina de ajonjolí obtenida por éste método a 83.0 % en la mezcla (72.0 % ajonjolí y 28.0 % soya), en comparación con la caseína (100.0 %).

6.- La U.N.P. de la pasta residual de ajonjolí obtenida por el método del "Expeller" tuvo un valor de 34.0% con respecto a la caseína, que comparado con 51.2 % de la harina obtenida por éste método (pre-prensado y solvente), muestra un aumento de 66 % lo que confirma la necesidad de utilizar temperaturas menores a los 80°C en el tratamiento de éste tipo de materiales, cuando se desea utilizar la harina en la alimentación humana.

7.- Respecto a costos, el precio estimado por kilogramo de una harina de ajonjolí con un mínimo de 45 % de proteínas, es de \$4.25 lo que da un precio por gramo de proteína de 1 ¢, valor que es un poco menor al costo por gramo de proteína de la harina de soya (\$6.50/Kg. y 1.6 ¢ por g. de proteína).

8.- Los resultados sobre el ensayo de toxicidad del ácido oxálico realizado en animales usando una harina de ajonjolí con 3.24 % de ácido oxálico (proveniente de semilla tratada con solución ácida), revelaron que no hubo alteración alguna en el organismo de la rata; por consiguiente, usando una harina de ajonjolí con 1.21 % de ácido oxálico (proveniente de semilla tratada con solución alcalina) y además mezclada con harina de soya (proteína de ajonjolí 60% con proteína de soya 40%) puede pensarse que no presentará ningún síntoma de toxicidad en el organismo humano.

VI BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Logro de niveles superiores de vida y una mejor alimentación Com II. Segundo Congreso Mundial de la Alimentación Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 1970.
- 2.- Chávez A. Encuestas Nutricionales en México. Publicación L-20 de la División de Nutrición I.N.N. (1974)
- 3.- Chávez A. y Zubirán S. Política y programa para el mejoramiento de la nutrición en México. Salud Pública de México 7 (3): 427 (1965).
- 4.- Arroyave G. y Lee J.E. Valor proteínico para adultos de una dieta vegetal predominantemente a base de maíz. Arch. Latinoamer. Nutr., 24 (4); 443 - 468 (1974).
- 5.- Energy and Protein Requirements. Report of a Joint FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee Geneva, World Health Organization, (WHO Technical Report Series No. 522; FAO Nutrition Meetings Report Series No. 52) p. 118 (1973).
- 6.- Ramírez J., Arroyo P. y Chávez A. Aspectos Socioeconómicos de los Alimentos y la Alimentación. Revista de Comercio Exterior (México) 21 (8); 676 - 680 (1971).
- 7.- Ramírez J., Ayluardo L., Becerra C. y Chávez A. La crisis de Alimentos en México; un Análisis de la Situación Alimentaria en los Últimos Años, Publicación L-23 de la División de Nutrición INN-PRONAL-CONACYT. México (1975).
- 8.- Datos finales del Censo; en Exámen de la Situación Económica de México. Banco Nacional de México, S.A. 47 (545); 158 - 167 (1971).
- 9.- Población y desarrollo; En Exámen de la Situación Económica de México. Banco Nacional de México, S.A. 49 (570); 173 (1973).
- 10.- La Actividad Agrícola; En Exámen de la Situación Económica de México. Banco Nacional de México, S.A. 49 (575); 355 (1973).
- 11.- Mejido M. La Agricultura en Crisis. Fondo de Cultura Económica. México (1974).
- 12.- Bourges H. Desnutrición; En Nosología Básica Integral Vol. II p.630 Editor Méndez Oteo, México (1971).
- 13.- Daniel M. P., Arroyo A.P. y Coronado M. Nutrición, Clave del Bienestar (p.16-18) Ed. Tlaloc S.A. México (1973)
- 14.- Chávez A. La prevención de la Desnutrición Infantil. Salud Pública de México. 8(1); 34 - 35 (1966).



- 15.- Acción Internacional para Evitar la Inminente crisis de Proteínas p.7-8 Comité Asesor sobre la Aplicación de la Ciencia y Tecnología al Desarrollo. Publicación de las Naciones Unidas. New York (1968).
- 16.- Rebollo G.D. Elaboración de un producto comprimido de Pescado para Consumo Humano. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. IPN México (1975).
- 17.- Bourges H. Las Proteínas no tradicionales en la Alimentación Humana. Conferencia presentada en el Seminario "Alimentos Proteínicos No tradicionales en México". Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N. México. 11 de Julio (1974).
- 18.- Hernández M., Chávez A. y Bourges H. Valor Nutritivo de los Alimentos Mexicanos. Tablas de Uso Práctico. Publicación L-12 de la División de Nutrición 6a. edición. Instituto Nacional de la Nutrición. México (1974).
- 19.- Utilization of Soy Protein in Foods. World Soy Protein Conference Munich, Nov. 11-14, 1973. In: J. Amer. o. chem. Soc. 51 (1); 116-150 (1974).
- 20.- Dahl, O. Lineamientos para investigaciones sobre el uso de semillas oleaginosas como alimento. Rev. Technol. Aliment. (Méx.) 2 (3):126 (1974).
- 21.- Villegas, E. Maíces de alta calidad nutricional p.13-19. Conferencia presentada en el Simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo. Colegio de Postgraduados, ENA Chapingo, México 29-30 junio (1972)
- 22.- McCormick, D. Triticale New miracle grain revitalizes cereal products. Food Product development 9 (3);12-14 (1975).
- 23.- Gillies, T.M. Fish protein concentrates In: Seafood Processing Ed. Moyes Data Corporation New Jersey 1st. Edition p.61 (1971).
- 24.- Del Valle, F. et. al. Un método nuevo para la conservación rápida y barata del pescado. Rev. Technol. Aliment. (Méx.). 7 (1): 12-20 (1972).
- 25.- Santillan, C. Las algas microscópicas como nueva fuente de alimentos para animales y humanos. Rev. Technol. Aliment. (Méx.). 6 (5): 15-37 (1971).
- 26.- Cabrera, S. Producción comparativa de micelio de Pleurotus ostreatus por el método de cultivo sumergido, con fines alimenticios humanos. Tesis Profesional. Facultad de Química UNAM (México) (1974).

- 27.- Pokrovsky, A. El hambre no es inevitable. Ceres Revista FAO 5 (6): 28 (1972).
- 28.- Yokoya, F. Recentes contribuições da Tecnologia de Alimentos na Nutrição humana. Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos, 5: 49-70 (1970)
- 29.- Chávez A. La Tecnología de los Alimentos en México. Salud Pública de México 7 (2): 235 - 240 (1965).
- 30.- Bourges, H. La participación de la Tecnología de Alimentos, en la Solución de los Problemas Nutricionales. Rev. Tecnol. Aliment. (Méx.) 7 (4): 157 - 166 (1972).
- 31.- Guerrero, P. Elaboración y Evaluación Biológica de una Bebida Destinada a la Alimentación Infantil. Tesis Profesional. Facultad de Química UNAM México (1974).
- 32.- Bernal, E. Elaboración de un Embutido Semicárnico Adicionado de Concentrado de Soya. Tesis Profesional. Facultad de Química UNAM México (1974).
- 33.- Coppock, J. Soy Proteins in Foods. Retrospect and Prospect J. Amer. O. Chem. Soc. 51 (1): 59-62 (1974).
- 34.- Robinson, R. What is the Future of Textured Protein Products? Food Technology 26 (5): 59-63 (1972).
- 35.- Research on Nutrition of Meat and Extender Blends Shows PER of Mixtures close to that of Lean Beef. Food Product Development 9 (3): 72-72 (1975).
- 36.- Plan Agrícola Nacional. Parte II. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México p. 32-33 (1975).
- 37.- Conclusiones de la Mesa Redonda. Utilización de la Spirulina. II Coloquio Franco-Mexicano de Alga Spirulina. Programa Nacional de Alimentación CONACYT. México (Enero 1975).
- 38.- Bernardini, E. y Bernardini, M. Industrial Apparatus for the production of Protein Superconcentrates from seed meals. Tropical Science 16 (1): 23-27 (1974).
- 39.- Aceites y Grasas Vegetales; En Exámen de la Situación Económica de México. Banco Nacional de México, S.A. 48 (555); 69 (1972).
- 40.- Mireles, E. Comunicación Personal.
- 41.- Báez, M. Evaluación Biológica de la Calidad Proteica de Pasta de Ajonjolí. Div. de Nutrición I.N.N. (1975).

- 42.- Sastry, S., Subramanian, N. y Parpia, B. Effect of Dehulling and Heat Processing on Nutritional Value of Sesame Proteins. *J. amer.o. chem. Soc.* 51 (4): 115-118 (1974).
- 43.- El mercado de oleaginosas. Dirección General de Economía Agrícola S.A.G. p.100 -182 México (1973).
- 44.- Winton: Structure and Composition of Foods.; 3th ed., Vol. 1 p.598 (John Wiley and Sons, New York 1946).
- 45.- Lennon, I. y Tagle, A. Oxalatos totales en diversas muestras de remolacha azucarera. *Arch. Latinoamericanos Nutr.* 23 (2): 243-249 (1973).
- 46.- Pearson, D.: The chemical Analysis of Foods. Sixth Ed., J. and A. Churchill, Cap. 11, London (1970).
- 47.- Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. Tenth Ed., Washington, D.C. (1965).
- 48.- Monrroy, R. Comunicación personal.
- 49.- Flores, S. Elaboración de harina de pescado para consumo humano a partir del Tiburón. La industria de la harina de pescado en México SIC p.55 (1968). Comisión Nacional Consultiva de pesca.
- 50.- Melaughlan J.M. and Campbell J.A. The Mammalian Protein Metabolism Cap. 29 V.III Ed. Academic Press Inc. New York (1969).
- 51.- Laguna, J. Bioquímica, Prensa Médica Mexicana. p. 386 México (1970).
- 52.- González, N.C. Aplicación de la cromatografía al estudio del valor biológico de las proteínas. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Ciencias Químicas U.N.A.M. México (1960).
- 53.- Stein, W. and Moore, S. Chromatography of aminoacids on sulfonated polystyrene resins *J. Biol. Chem.* V 192:663 (1951).
- 54.- Spies, J.R. and Chambers, D.C. Chemical Determination of Tryptophan in Proteins. *Analytical Chemistry* V. 21 (10): 1249 (1949).
- 55.- Campbell, J.A. 1963 Method for determination of PER and NPR In: Evaluation of Protein Quality National Academy of Sciences. National Research Council, Washington, D.C. publ. 1100 p. 31

- 56.- Miller, D.S. 1963 A procedure for determination of N.P.U. using rats body N Technique. In: Evaluation of Protein Quality National Academy of Sciences. National Research Council. Washington, D.C., publ. 1100 p.34.
- 57.- Jacobs, M.B. "The Chemical Analysis of Foods and Food Products" p. 385-386. D. Van Nostrand Co., Inc., New York, U.S.A. (1958).
- 58.- Meyer, H.L. "Food Chemistry" p. 27-32. Van Nostrand Reinhold Co., New York, U.S.A. (1969).
- 59.- Villalobos, C.M. Conceptos básicos sobre análisis sensorial su aplicación en la evaluación de la calidad de tres variedades de cítricos cultivados en Colombia. Rev. Tecnol. Aliment. (Méx.) 8 (1); 16-28 (1973).
- 60.- Eheart, J.F. and D.C. Hurst. A Statistical Study of a proposed assay method for oxalates in plants. J.A.O.A.C., 45: 98-101, 1962
- 61.- The Merck Index. 18th Edition Merck & Co., Inc. Rahway, New York, U.S.A. (1968).
- 62.- Oke, L.O. Oxalic Acid in Plants and in Nutrition World Review of Nutrition and Dietetics. V. 10 (26): 262-303 (1969).
- 63.- Lennon, I. y Tagle, A. Oxalatos totales en diversas muestras de remolacha azucarera Arch. Latinoamer. Nutr. V.23 (2): 243-249 (1973).
- 64.- Sopeika, B.A. Food Pharmacology Charles C. Thomas. Springfield, Illinois, U.S.A. (1969).
- 65.- Pérez Gil, F. Comunicación personal.
- 66.- Herrera, J. Comunicación personal.