

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO DE SOYAS MEXICANAS Y ALGUNOS DERIVADOS

DE IMPORTANCIA INDUSTRIAL

MARIA DEL CORO ECHEVERRIA ORTEGA

JOSE LUIS GALVAN MADRID

QUIMICOS

1972

006



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

Jurado:

Presidente

Dr. Francisco Javier Garfias Ayala

Vocal

Dr. Helio Flores Ramirez

Secretario

Dra. Rocio Pozas Horcasitas

1er. Suplente

M. en C. Ruben Berra Garcia-Coss

2o. Suplente

Quim. Gustavo Garduño Sanchez

Sitio donde se desarrolló el tema:

División de Estudios Superiores de la Facultad de Química.

Laboratorio de Química Experimental Aplicada.

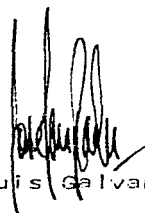
Biblioteca del Instituto de Química.

Biblioteca de la Facultad de Química.

Sustentantes:



Maria del Coro Echeverria Ortega



Jose Luis Galvan Madrid

Asesor:



Dra. Rocio Pozas Horcasitas.

El asesor del presente trabajo en su parte experimental, fué la Dra. Martha Albores Velasco, quien se encuentra actualmente fue ra del país. La redacción y corrección del manuscrito fue dirigida por la Dra. Rocio Pozas Horcasitas.

Ciudad Universitaria, Octubre de 1972.

INDICE.

|     |   |    |
|-----|---|----|
| I   | Introducción . . . . .                          | 5  |
| II  | Antecedentes . . . . .                          | 6  |
|     | 1.- Soya . . . . .                              | 6  |
|     | 2.- Aceite . . . . .                            | 13 |
|     | 3.- Lecitina . . . . .                          | 20 |
|     | 4.- Otros productos de la soya . . . . .        | 30 |
|     | 5.- Cuadros de importaciones . . . . .          | 33 |
| III | Materiales y métodos . . . . .                  | 39 |
|     | 1.- Introducción . . . . .                      | 39 |
|     | 2.- Métodos empleados . . . . .                 | 39 |
|     | 3.- Métodos de análisis para lecitina . . . . . | 55 |
| IV  | Resultados . . . . .                            | 61 |
| V   | Conclusiones . . . . .                          | 78 |
| VI  | Bibliografía . . . . .                          | 81 |

## I INTRODUCCION.

La importancia socio económica de la soya y sus derivados nos indujo a realizar el presente trabajo, en el que se pretende establecer la calidad de 12 muestras de soyas mexicanas procedentes del campo experimental de Cotaxtla, Veracruz.

La producción de soya en el país es aun baja y el incremento de las áreas cultivadas se logrará solamente mejorando su mercado, dando la misma seguridad por ésta que por los cultivos tradicionales; las utilidades sólo podran aumentarse en base al aprovechamiento total del grano, por lo que también nos propusimos estudiar subproductos importantes como son el aceite y la lecitina de soya.

Se decidió entonces buscar los métodos de análisis más simples y económicos al alcance de laboratorios de rutina con recursos limitados o cualquier estación agrícola de campo.

La evaluación del contenido de lecitina tiene que hacerse por método colorimétrico indirecto y requiere de equipo caro y complicado, por los que se trató de desarrollar un método directo, simple, barato y confiable para la determinación de lecitina en soyas.

Se incluyen en el presente trabajo los cuadros de importación de soya y sus derivados como índice de su importancia.

## II ANTECEDENTES

### 1.- Soya.

#### a) Antecedentes.

La soya es una planta nativa de Asia, cuyo nombre viene del Chino y fué originalmente asignado a la salsa preparada con este grano.

La antigua literatura China revela que la soya fué cultivada extensamente y era muy apreciada como alimento muchos siglos antes de aparecer los primeros documentos escritos. El grano es ya mencionado en documentos anteriores al año 2000 A.C. y era considerada la leguminosa más importante, formando parte de los cinco granos sagrados (arroz, soya, trigo, cebada y mijo) esenciales para la existencia de la civilización China. Los informes de métodos de cultivo, variedades para diversos usos y numerosas aplicaciones, indican que la soya es quizá uno de los granos más antiguamente cultivados por el hombre.

La soya fué conocida por los europeos en el siglo XVIII, ya en 1740 se cultiva en jardines botánicos en Francia y más tarde en Inglaterra. Durante muchos años la soya se consideró una curiosidad botánica y no una planta de importancia económica.

La primera mención de la soya en la literatura americana se remonta a 1804, pero fué de 1890 a 1898 cuando el cultivo de la soya comienza a fomentarse, considerándose que a partir de entonces se han creado aproximadamente 10,000 variedades.

b) Características de la planta y de la semilla.

La soya es una leguminosa de verano, a la que se han aplicado algunos nombres botánicos como: Glycine Hispida, Glycine soja, Soja max, aunque la designación más aceptada es Glycine max. La soya - cultivada probablemente deriva de la variedad silvestre Glycine - ussudiencis, muy frecuente en el este de Asia.

La soya es una especie de gran diversidad morfológica; su intervalo de maduración varía según la especie de 75 a 200 días; la altura varía de 30cm. a casi 2m., hay formas erectas y postradas. - Las hojas varían grandemente en forma, tamaño y grado de persistencia y casi todas comienzan a ponerse amarillas cuando la planta alcanza la madurez. Las flores tienen partes femeninas y masculinas - y generalmente se autofecundan.

Las vainas, que generalmente encierran de 2 a 3 semillas, presentan colores que van desde el amarillo hasta el gris oscuro. El color más común de las semillas es el amarillo, verde amarillento, - verde, café o negro; algunas semillas son bicoloras. usualmente - verdes amarillas con manchas café o negras.



La soya tiene una raíz principal, que puede penetrar hasta 1.5m. en algunos suelos; la mayor parte del sistema de raíz se encuentra entre los 30 y 60 cm. más cercanos a la superficie.

La soya como otras leguminosas del tipo de alfalfa, trebol, chícharo y frijol, utiliza el nitrógeno del aire a través de la acción de bacterias que viven en las raíces de la planta; la bacteria entra en las finas vellosidades de las raíces produciendo ensanchamientos conocidos como nódulos y recibe de la planta azúcares y energía que usa para fijar el nitrógeno libre de la atmósfera de forma que sea asimilable por la planta. Los microorganismos aislados de nódulos de soya no son efectivos en otras leguminosas y viceversa.

Las mejores variedades de soya dan un rendimiento de 1.6 a 2.8 ton./ha. en condiciones favorables. Se han presentado rendimientos máximos de más de 3 ton./ha..

### c) Cultivo.

La soya puede ser cultivada con éxito en casi cualquier tipo de suelo, aunque el mejor resultado se obtiene usualmente en terrenos fértiles arcillosos. Se cultiva en rotación con otros granos, pero se usa predominantemente en rotación con maíz; en algunos casos se cultiva como grano secundario con pequeños granos, papas y vegetales tempranos o como grano de emergencia donde otros -

granos han sido destruidos por inundaciones o condiciones no usuales, ya que puede ser plantada desde el principio de primavera hasta mitad del verano, con rendimientos razonablemente buenos.

La floración y madurez de la soya están determinados en gran proporción por la duración de los días (período disponible de luz) en que las plantas sean cultivadas; las diferentes variedades difieren mucho en la cantidad de luz necesaria.

Hasta hace poco años, la soya estaba relativamente libre de padecimientos serios, aunque éstos se han incrementado al crecer la producción y cultivo del grano. Numeroso hongos, bacterias y virus, pueden afectar las hojas, tallos, vainas, semillas y raíces de la planta, causando bajas en la producción. La infección por bacterias del género *pseudomonas glycinea*, que afectan las hojas, podría considerarse el problema más común.

El cultivo se encuentra en comparación con otros granos, libre de plagas importantes. Los insectos que más le afectan son: el barrenador de la vaina y el gusano del tronco, el chapulín, el gusano de trebol; alguna oruga y escarabajos también pueden afectar la producción.

Otro tipo de enemigos comunes son los animales y los pájaros. Aves del tipo del pájaro carpintero y la paloma silvestre, que suelen atacar a la planta en las primeras fases de su crecimiento. En algunas regiones los conejos también las atacan en los inicios de su desarrollo.

d) Composición química.

La composición química de la semilla de soya, es compleja y está gobernada por factores hereditarios y de desarrollo en el área de cultivo; la semilla contiene todos los elementos, compuestos, enzimas, sistemas y factores gnéticos esenciales para la reproducción y desarrollo inicial de la nueva planta. Algunos de los componentes han recibido gran atención y se conoce suficientemente su metabolismo, formación, etc..

La soya es una semilla oleaginosa, que consiste principalmente de lípidos, proteínas, carbohidratos y constituyentes minerales. Trabajos muy antiguos, señalan que la acumulación de aceites en semillas oleaginosas es acompañada por un decremento de carbohidratos (1)(2)(3)(4)(5), lo cual indica que muy probablemente los carbohidratos son los precursores de las grasas y aceites en esas semillas.

COMPOSICION QUIMICA PROMEDIO DE SEMILLAS DE SOYA.

| Constituyente | %    |
|---------------|------|
| Humedad       | 8.0  |
| Cenizas       | 4.6  |
| Grasas        | 18.0 |
| Fibras        | 3.5  |
| Proteína      | 40.0 |

| Constituyente         | %   |
|-----------------------|-----|
| Pentosanas            | 4.4 |
| Azúcares              | 7.0 |
| Almidones y similares | 5.6 |

COMPOSICION DE LAS DIFERENTES PARTES DE LA SEMILLA DE SOYA.

| Parte       | Constituyentes<br>de la semilla<br>% | % de<br>hume-<br>dad | % de<br>protei<br>na | % de<br>carbo<br>hidra<br>tos. | %de<br>gra-<br>sas | % de<br>ceni-<br>zas |
|-------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------|----------------------|
| Cotiledones | 90                                   | 10.57                | 41.33                | 14.60                          | 20.73              | 4.38                 |
| Embriolo    | 2                                    | 12.01                | 36.93                | 17.32                          | 10.45              | 4.08                 |
| Corteza     | 8                                    | 12.53                | 7.00                 | 21.02                          | 00.60              | 3.83                 |

CONSTITUYENTES INORGANICOS DE LA SEMILLA DE SOYA.

| Constituyente | % promedio |
|---------------|------------|
| Potasio       | 4.99       |
| Sodio         | 0.343      |
| Calcio        | 0.275      |
| Magnesio      | 0.223      |
| Fósforo       | 0.659      |
| Azufre        | 0.406      |
| Cloro         | 0.024      |

| Constituyente | % promedio   |
|---------------|--|
| Fierro        | 0.0097   |
| Cobre         | 0.0012   |
| Manganeso     | 0.0028   |
| Zinc          | 0.0022   |
| Aluminio      | 0.0007   |
| Iodo          | 53.6 mg. sobre 100 g<br>de material seco.<br>(6)(7)(8)(9)(10)(11)<br>(12)(13)(14). |

e) Manejo y almacenamiento.

En países productores, millones de toneladas de soya son cosechadas en un período de pocas semanas y deben ser almacenadas durante tiempos que varían de algunos días a varios meses, antes de poder ser transportadas a los canales normales de procesamiento. - Generalmente, se almacenan en granjas, silos rurales o en almacenes operados en conjunto con las plantas de proceso. Cantidades pequeñas de grano se almacenan en las granjas, dado que la mayor parte de éste es transportado a silos o mercados lejanos a las zonas de recolección, corto tiempo después de terminada la cosecha.

Existen una serie de factores que deberán ser tomados en cuenta al planear el almacenamiento de soya:

El exceso de humedad constituye uno de los problemas más importantes en este proceso; se ha visto que no ocurren cambios significativos en semilla almacenada durante 28 meses cuando el contenido de humedad es menor del 12%; todas las soyas almacenadas en condiciones de humedad mayores del 14% sufren bajas importantes en su calidad antes de cumplir los 6 meses de almacenamiento.

Las variaciones de temperatura dentro de los graneros deberán ser consideradas en el diseño de estos, pues generan corrientes de convección que pueden afectar seriamente la distribución de humedad de éste, llegándose a formar lotes de semilla no homogéneos. En graneros de gran capacidad es posible utilizar las corrientes internas para favorecer el secado de los granos, en otros será necesario introducir corrientes de aire seco y a temperatura adecuada para mantener homogéneo el material almacenado (15).

La necesidad de trasladar la soya deberá planearse con respecto a la humedad ambiental, a la posibilidad de contaminación por plagas o pesticidas y a la disponibilidad adecuada del grano.

## 2.- Aceite.

### a) Antecedentes.

El más importante de los derivados de la soya es el aceite,-- a tal grado que en países que cultivan la soya en forma importante la mayor parte de este grano es cultivado, almacenado y en general manejado para destinarlo a la producción de aceite. Otros deriva-- dos dependerán de los materiales remanentes de los procesos de ex-- tracción, así como de la purificación y refinación de aceites.

Existen actualmente dos tipos principales de extracción: uno-- mecánico, por expulsión o compresión de la semilla y el otro por -- extracción con disolventes.

Para el proceso de obtención de aceite por expulsión o compré-- sión, el grano deberá ser alimentado en forma de material homoge-- neo, en cuanto a densidad, variedad y sobre todo humedad. La semi-- lla se limpia de materiales extraños y se pasa a un sistema de -- fragmentación, en donde se reduce a un tamaño adecuado, se seca -- con aire caliente y seco y se pasa al sistema de prensado en el -- que se aplicará presión hasta lograr romper la estructura celular-- de la semilla, forzando así la salida del aceite. La fricción cau-- sada por la presión interna genera calor, el cual es necesario eli-- minar circulando agua a través del equipo para evitar un sobrecal-- lentamiento del aceite que alteraría sus características. El acei-- te así obtenido es llevado a tanques de reposo en donde se sedimen-- tan los sólidos en suspensión, los cuales son separados y recircu-- lados al sistema de prensado; el aceite finalmente se filtra y se--

almacena.

El diseño del equipo y el material de construcción del mismo dependen fundamentalmente de la capacidad de operación de la planta.

Durante los últimos 50 años el método de extracción con disolventes ha desplazado a los sistemas tradicionales de expulsión y - compresión en la producción de aceite de soya; las primeras patentes se remontan a 1856 (16) y ya en 1870 se tenían plantas de éste tipo en Europa (17)(18), no obstante que el sistema era aun poco - eficiente y presentaba problemas que han sido solucionados.

En general, el método de extracción consiste en lograr un íntimo contacto entre la semilla reducida a hojuelas y un disolvente adecuado, el cual extrae los materiales en él solubles. Posteriormente la solución se evapora separando el disolvente del aceite de soya. Se han ensayado varios tipos de disolventes y mezclas de - ellos y dependiendo de sus características se hace el diseño de cada equipo.

Una mayor relación disolvente-hojuela aumenta la eficacia de la extracción, aun cuando eleva el costo debido a la evaporación.

#### b) Composición química.

Se puede definir al aceite de soya como la mezcla de materia-



les lipoides, que son extraídos de la soya molida ( antes o después de eliminar la cáscara) con disolventes orgánicos como éter de petróleo, éter etílico, cloroformo y algunos otros compuestos semejantes. En su forma cruda el aceite de soya consiste en un 90-95% de triglicéridos de ácidos grasos, junto con una cantidad considerable de componentes menores, saponificables e insaponificables. Entre los saponificables encontramos principalmente fosfátidos y ácidos grasos libres (19)(20); entre los insaponificables tenemos esteroides, tocoferoles, pigmentos, etc.. El contenido de componentes menores es apreciablemente mayor en el aceite crudo que en el refinado, pues el proceso de refinación consiste básicamente en la eliminación o reducción de concentración de algunos de estos componentes menores ( ácidos grasos libres, pigmentos, fosfátidos, etc.), aunque se trata de conservar algunos de ellos ( tocoferoles y algunos otros antioxidantes naturales).

La composición del aceite de soya depende de la variedad de la semilla, condiciones de crecimiento, maduración, almacenaje, métodos de extracción, etc..

Los primeros análisis de ácidos grasos consistían simplemente en la determinación de cantidades relativas de ácidos saturados e insaturados; con el desarrollo de técnicas instrumentales modernas como análisis espectroscópico y cromatografía de gases, se ha llegado a resultados de gran confiabilidad, que podrán ser modifica--

dos con la aparición de técnicas más exactas o con la mayor exactitud de las antes mencionadas.

Ya en 1911 (21) se determinó la relación más común de ácidos-grasos libres en el aceite de soya, ésta es de un 15-20% de ácidos grasos saturados y de un 80-85% de ácidos grasos insaturados; la fracción de ácidos saturados consiste básicamente de palmítico con pequeñas cantidades de esteárico, así como huellas de laúrico y otros ácidos grasos saturados; los ácidos insaturados parecen estar constituidos principalmente por linoléico, oléico, una menor cantidad de linolénico y cantidades aun más pequeñas de  $C_{12}$ ,  $C_{14}$  y  $C_{20}$ .

La fracción más importante de materiales lipoides que forman el aceite de soya, como ya se indicó, está formada por triglicéridos de ácidos grasos encontrándose homoglicéridos y heteroglicéridos, ya sea que el éster esté formado con tres moléculas de un sólo ácido graso o por combinaciones de 2 o 3 ácidos grasos diferentes unidos a una molécula de glicerol respectivamente. Los heteroglicéridos pueden presentar gran cantidad de isómeros de posición y geométricos, así como combinaciones de éstos.

Otra fracción importante del aceite de soya la constituyen los fosfátidos, los cuales son sustancias que por hidrólisis dan ácidos grasos o derivados de éstos y que contienen en la molécula nitrógeno o nitrógeno y fósforo. Estos lípidos están formados en

los vegetales por lecitinas y cefalinas (20), las cuales contienen nitrógeno y fósforo en relación 1:1.

Las esfingomielinas y los cerebrosidos, constituyentes de los fosfátidos animales, no han sido encontrados en plantas (22)(25) - (26), mientras que los fosfolípidos lecitina y cefalina (23) tam- - designados como ésteres fosfatídicos, se encuentran con diferen- - cias de concentración distribuidos en todo el reino vegetal. El - aceite de soya, sobre todo de reciente procesamiento, es relativa- mente rico en éstos ésteres, variando su concentración de 1.8 a - 3.2%.

Aunque la fracción insaponificable del aceite de soya repre- - senta una pequeña porción del total, contiene gran diversidad de - productos que pueden ser clasificados como hidrocarburos ( del ti- po del escualeno), alcoholes ( de un promedio de 30 átomos de car- bono), fenoles, cetonas ( de aproximadamente 11 átomos de carbono) contiene también compuestos que más que insaponificables son de di- - fícil saponificación, como ceras ( de aproximadamente 30 átomos de carbono), fitoesterinas, ésteres de vitaminas, pigmentos carotenoi- - des y sus derivados, clorofilas, esteroides, fitoestérolinas, toco- feroides.

Todo este material insaponificable está presente en el aceite crudo y se elimina en los procesos de refinación.

c) Usos.

Los primeros en extraer aceite de soya fueron los pueblos orientales quienes lo usaron casi exclusivamente como aceite con fines alimenticios. Durante la primera guerra mundial, los Estados Unidos de Norte América tuvieron escasez de aceites y grasas, por lo que importaron grandes cantidades de aceite de soya de Manchuria y puesto que la calidad de dicho aceite era muy baja, fue necesario desarrollar métodos de purificación y beneficio para destinarlo a la industria alimenticia. Durante la segunda guerra mundial, la entonces reciente producción de aceite de soya en los Estados Unidos de Norte América fue destinada a la industria que consumía aceites con propiedades secantes, aunque inicialmente dicho aceite no podía competir con los aceites secantes rápidos, por no ser lo suficientemente insaturado; estando también en desventaja frente a aceites no secantes tradicionales por contener una mayor cantidad de ácidos grasos insaturados que éstos. Al aumentar el cultivo y mejorar las técnicas de extracción y refinación, mejoró la calidad del aceite y bajo el precio, con lo cual esta posición intermedia se convirtió en una ventaja, pues lo hacía un producto con mayor diversidad de usos.

En la industria alimenticia, sus aplicaciones más importantes son: su empleo como materia prima en la fabricación de margarina,-

grasas sólidas, aceites de mesa, mayonesas comerciales y como un -- aceite industrial para freír; se usa también como grasa en pastelería y en la elaboración de galletas.

Las aplicaciones no comestibles son: en la industria jabonera, en la de pinturas, barnices y lacas, así como en la fabricación de tintas de impresión.

Es necesario mencionar también los subproductos obtenidos en la refinación del aceite de soya, entre los cuales tenemos los fosfátidos, de los que se trata con mayor detalle en otra sección de este trabajo, ácidos grasos que se eliminan del aceite como sales, extrayéndolas con soluciones alcalinas y que suelen emplearse como jabones suaves para la industria textil; los esteroides, tocoferoles, vitaminas y productos semejantes son empleados en la industria farmacéutica.

### 3.- Lecitina.

#### a) Antecedentes.

En los primeros procesos de producción de aceite de soya, por prensado o por extracción con disolventes (usado en Alemania y Manchuria), se obtuvo un producto indeseable, de fácil fermentación -

que impartía al aceite olor y color desagradables. El primer problema planteado fué como eliminar fácilmente este producto, lo que se logró por centrifugación, método que permitía también la eliminación de humedad y sólidos residuales.

Más adelante se buscó aprovechar este subproducto de alguna forma, para lo cual se secó al vacío el producto hidratado obtenido en la centrifugación; su estudio reveló una composición similar a la de substancias fosforadas encontradas frecuentemente en grasas animales y vegetales, así como en yema de huevo, nervios y cerebro, que se denominaban lecitinas ( del griego "lekithos" yema de huevo ) por lo que se llamó a este producto lecitina de soya.

La lecitina y en general los fosfátidos se encuentran acompañando generalmente a los aceites animales y vegetales. En la semilla los fosfátidos están generalmente asociados al aceite, aunque es de hacer notar que el contenido de fosfátidos varía más en relación al contenido de proteína que al de aceite. Así, la soya con un alto contenido de proteína tiene un alto contenido de fosfátidos.

En la búsqueda de usos para la lecitina se pensó en su aplicación como productos farmacológico, que podía actuar como tónico nervioso, aunque las cantidades empleadas para éstos usos resultaban muy pequeñas.

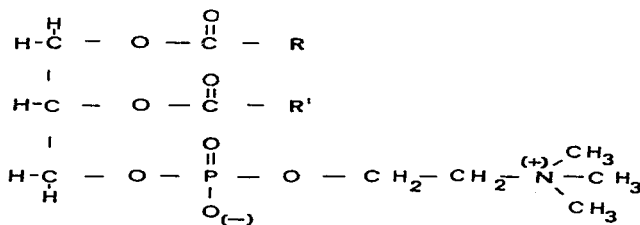
En los últimos 30 años se han encontrado infinidad de aplica-

ciones industriales para este producto, aunque es necesario recordar que en algunos países como los Estados Unidos de Norte América existe una sobreproducción de lecitina.

b) Estructura y composición.

Hacia fines del siglo XVIII se inician los trabajos sobre compuestos grasos complejos (27); en 1812 se aíslan fosfolípidos de tejido cerebral (28), en 1862 (29) se identifican y caracterizan compuestos grasos que contienen nitrógeno y fósforo; por hidrólisis de estos compuestos se aislaron moléculas de ácidos grasos, glicerol, colina y restos de ácido fosfórico (30)(31). Más adelante, en 1937 (32) se reporta la estructura, propiedades y separación de tres de los más importantes fosfolípidos: cefalina, esfingomielina y lecitina.

La estructura propuesta para la lecitina es la siguiente:



en donde R son radicales de ácidos grasos.

En la fórmula anterior el átomo de carbono  $\beta$  es asimétrico y por lo tanto el compuesto tendrá actividad óptica, lo cual fué comprobado en 1901 (33), posteriormente se encontró que en realidad la lecitina se presenta como una mezcla de  $\alpha$  y  $\beta$  lecitina.

El análisis de los ácidos grasos obtenidos por hidrólisis de lecitina de varios orígenes, indica siempre la presencia de los ácidos saturados palmítico y esteárico y de los ácidos insaturados oléico, linoléico, araquidónico y linolénico. La cantidad de ácidos saturados es aproximadamente igual a la de insaturados (34).

Químicamente hablando, sólo los ésteres de colina de ácidos fosfatídicos son verdaderas lecitinas; es obvio que podemos encontrar varias lecitinas dependiendo de la posición  $\alpha$  o  $\beta$  del ácido fosfatídico, de los ácidos grasos que intervengan y de la posición de estos grupos  $\text{OH}$  restantes de la glicerina.

En la realidad, el término lecitina no se aplica exclusivamente a este grupo de sustancias, sino al residuo fosfatídico obtenido en la manufactura comercial de aceite de soya, el que inicialmente recibió el nombre de lecitina de soya para diferenciarla de lecitinas de otros orígenes, pero la importancia industrial de dicho producto hizo que se le llamara simplemente lecitina, indicando el origen de las lecitinas diferentes a ella.



La lecitina pura es una sustancia de color amarillo pálido, que carece de olor y sabor característicos y tiene una consistencia plástica semifluida; es soluble en hidrocarburos y ácidos grasos, es parcialmente soluble en alcoholes, en frío es insoluble en aceites animales y vegetales, aunque a temperatura ambiente forma una mezcla estable con ellos; también es insoluble en agua, aunque forma dispersiones muy estables y difíciles de romper.

En forma pura es fácilmente oxidable, obscureciéndose rápidamente en presencia de aire; sin embargo, acompañada de aceites que es la forma comercial, es estable por años y en muchos casos se utiliza como antioxidante.

La lecitina se descompone fácilmente arriba de 100°C, aunque diluida en aceites minerales o glicéridos puede ser calentada arriba de esta temperatura por períodos largos sin cambios apreciables.

Es un buen agente humectante pues su estructura presenta una zona fuertemente lipofílica, formada por cadenas de ácidos grasos, mientras que la otra parte de la molécula presenta dos centros hidrofílicos.

### c) Manufactura.

Historicamente la manufactura de la lecitina comercial obteni-

da a partir de los sedimentos de la extracción del aceite de soya- se inicia en Alemania alrededor de 1930. Estos sedimentos consti- tuídos por fosfátidos, fitinas, esteroides, glicéridos, carbohidra- tos, gomas, humedad y restos de harina eran deshidratados a bajas- temperaturas, al vacío y extraídos con metanol, etanol o benceno,- etc.. De dicho extracto se separaban los no fosfátidos con acetona y el residuo se redisolvió en un glicérido adecuado para tener la- lecitina comercial. Mediante este procedimiento se obtenía leцитi- na de buena calidad, pero era demasiado costoso, pues requería del uso de disolventes, evaporaciones y muchos pasos para el aislamien- to y purificación del producto final.

Otro método que se usó consistía en la extracción de la soya- con una mezcla de benceno, éter de petróleo y etanol absoluto, con posterior evaporación e introducción de vapor en el extracto para- precipitar los fosfátidos. La emulsión amarillenta resultante se - centrifuga y se seca por destilación al vacío hasta eliminar clo- res y sabores indeseables; la lecitina así producida es de color - café claro, posee buen olor y sabor y es de consistencia plástica: contiene aproximadamente dos terceras partes de material insoluble en acetona y una tercera parte de aceite y otras sustancias; está lo suficientemente seca y libre de harina.

Al iniciarse la producción de lecitina en los Estados Unidos- de Norte América, se usó una modificación a una patente alemana - existente (35), utilizando hexano como disolvente, el cual extrae-

sólo la mitad del total de fosfátidos y la lecitina así obtenida-- contiene menos carbohidratos, agentes amargos y color. Esta lecitina puede purificarse usando acetona y redisolviendo en un aceite o grasa adecuada, lo que permite tener lecitina de mejor color, olor y sabor que la obtenida originalmente.

Si se desea una lecitina menos colorida, se trata con agentes blanqueadores, ya sea cuando esta en forma de emulsión o durante el secado; entre los agentes blanqueadores que pueden ser usados - esta el agua oxigenada (36), varios peróxidos orgánicos, persulfato de amonio y clorito de sodio (37).

En el mercado mundial existen varios tipos comunes de lecitina comercial, entre los que tenemos: sin blanquear con consistencia plástica; de blanqueado sencillo con consistencia plástica; de blanqueado doble con consistencia plástica; sin blanquear con consistencia fluida; de blanqueado sencillo con consistencia fluida y de blanqueado doble con consistencia fluida. Se considera que la lecitina de consistencia fluida es la más fácil de manejar y de disolver, por lo que es la forma más solicitada.

Las especificaciones generales que debe tener una lecitina para ser comercial son las siguientes:

- a.- Polvo gránuloso, de color amarillo claro a café claro, libre de impurezas visibles.
- b.- Soluble en éter etílico y alcohol, insoluble en acetona.

- c.- Reacción positiva para ésteres fosfóricos de la colina.
- d.- Pérdida menor al 1% al calentar una muestra durante 6 horas a 60°C.
- e.- Contenido no mayor del 2% de material soluble en acetona.
- f.- Contenido de material insoluble en éter de petróleo no mayor al 0.4%.

Las constantes aproximadas para lecitinas comerciales son las siguientes:

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| Valor de iodo                | 95     |
| Valor de saponificación      | 196    |
| Densidad a 25°C              | 1.0305 |
| pH                           | 6.6    |
| Punto isoeléctrico, pH       | 3.5    |
| Cenizas, %                   | 3.0    |
| Nitrógeno amoniacal, %       | 0.4    |
| Galactosa, %                 | 3.0    |
| Otros carbohidratos, %       | 5      |
| Colina, %                    | 3      |
| Etanol amina, %              | 0.8    |
| Cerina o aminas similares, % | 1.5    |
| Inositol, %                  | 3      |
| Tocoferoles, %               | 0.1    |

|                    |     |      |      |      |      |
|--------------------|-----|------|------|------|------|
| Esteroles, %       | 2   |      |      |      |      |
| Acido tartárico, % | 1.5 |      |      |      |      |
| K, Na, Mg, Ca, %   | 1   | (38) | (39) | (40) | (41) |

d) Usos.

Los usos de la lecitina se basan en el aprovechamiento de sus propiedades coloidales, interfaciales, emulsificantes, suavizantes, detergentes, antioxidantes y fisiológicas (42)(43)(44)(45)(46).

Cuando se usa en la industria alimenticia, debe recordarse - que la lecitina de soya es comestible, nutritiva y es un producto-natural, a diferencia de compuestos sintéticos de actividad semejante, pero de efectos fisiológicos no conocidos. Se usa en la manufactura de margarinas para favorecer la absorción de humedad, - previniendo el " sudado " (47), así como el chisporroteo al freír. En la manufactura de chocolates, la lecitina tiene una notable acción humectante, permitiendo la humidificación rápida del azúcar, - cacao y otras partículas en la masa fundida y bajando su viscosi--dad. En confitería (48), la lecitina se emplea en caramelos, nati--llas y substancias semejantes que contengan aceite; agregada al - aceite causa una rápida emulsificación de este y de los jarabes du - rante el cocimiento, resultando productos más suaves, cremosos y -

no pegajosos. En la manufactura de helados, la lecitina actúa en forma semejante a la yema de huevo, mejorando la emulsificación e inhibiendo la cristalización de la lactosa, dando como resultado un producto más suave.

En la elaboración de pastas, la lecitina se emplea para suavizar la masa, lo que facilita su maquinado, al mismo tiempo que protege los pigmentos carotenoides de la harina por su acción antioxidante, con lo que resulta un producto final de mejor color. En productos horneados como el pan (49), galletas y pasteles, la lecitina favorece un mezclado más rápido de la masa, mejorando la fermentación, resultando piezas más suaves y menos susceptibles a agrietarse.

En industrias diferentes a la alimenticia, la lecitina tiene un amplio uso como agente coloidal, detergente (50) y antioxidante. En productos farmacéuticos, la lecitina se usa como una fuente de colina e inositol, miembros del complejo vitamínico B.

En cosméticos (51), la lecitina se emplea por sus propiedades emulsificantes, emolientes, penetrantes y absorbentes; en jabones aumenta la estabilidad de la espuma y reprime la alcalinidad.

En la industria de pinturas (52), actúa como agente humectante y dispersante, mejorando el brocheado y poder cubriente. En hules naturales y sintéticos se usa como agente dispersante de la carga y como antioxidante. En aceites lubricantes, la lecitina sir

ve como aditivo para retener la humedad evitando la corrosión y aumentando la vida media del lubricante; en gasolinas se usa como agente clarificante y anticorrosivo.

En la industria de curtiduría, la lecitina se emplea como emulsificante de grasas y agente lubricante de las pieles antes del barnizado, dando como resultado pieles más suaves y de mejor consistencia; se usa como agente emulsificante, penetrante y antioxidante de agentes textiles en la manufactura de telas.

#### 4.- Otros productos de la soya.

Además de los productos antes mencionados: semilla, aceite y lecitina, podemos encontrar toda una serie de derivados de la soya o diferentes formas de presentación de esta. Se describen brevemente algunos de estos productos, sus características, algunos sistemas de producción y aplicaciones.

Desde un punto de vista cronológico, uno de los primeros productos importantes obtenido a partir de la soya fué la harina, producida simplemente moliendo el grano. Originalmente esta harina era de fácil descomposición y presentaba un sabor desagradable; se encontró después de varios años que podía usarse como agente blanqueador en la manufactura de pan, por la presencia de algunas enzi

masa; la cantidad producida y consumida de dicha harina fué pequeña y se redujó con los años. Otro tipo de harina de soya fué la obtenida moliendo el grano después de haber sido tostado y dejando un alto contenido de cascarrilla; este producto fué muy empleado en la manufactura de panes especiales y en la fabricación de salsas en la cocina vegetariana.

Al mejorar la tecnología en la fabricación de harinas, se conoció la importancia del control de temperatura, humedad, impurezas, etc., con lo que se lograron productos de buena calidad, sabor característico pero no desagregable y de lenta descomposición. En la actualidad, se fabrica gran variedad de harinas de soya, entre las que encontramos: la harina de soya de grapa entera, la harina de soya semidesgrasada, la harina desgrasada. Estas harinas encuentran empleo principalmente en la industria del pan y de productos horneados en general. En ocasiones, la harina semidesgrasada se presenta en el mercado como hojuelas, la harina de soya desgrasada se presenta como un polvo granuloso.

Además de las antes mencionadas existen en el mercado una gran cantidad de harinas obtenidas a partir de granos a los que se les han extraído completamente los aceites.

Las harinas de soya no pueden ser consideradas entre las harinas normales, ya que su alto contenido proteico las hace complementos alimenticios muy importantes; por lo que se emplean en la in-



dustria del pan e industrias afines, galletas, hojuelas de cereal, etc.. En algunos casos las harinas de soya substituyen a productos como la yema de huevo; se emplean también en la elaboración de embutidos, como carga y agente estabilizador que contribuye a mantener el nivel de proteína requerido. En la fabricación de leches en polvo, sirven como aditivo y en la actualidad se elaboran leches vegetales en las cuales la proteína es proporcionada por harina de soya. Existen leches infantiles a base de harina de soya, que se emplean en lactantes muy sensibles a leches animales.

La hojuela de soya, se utiliza en la industria cervecera para mejorar el cuerpo y sabor de la cerveza, incrementar la estabilidad y estimular el crecimiento de la levadura.

Otro derivado comestible de la soya, es la albumina, obtenida por hidrólisis peptídica de la proteína; este producto es ampliamente usado en la industria del dulce y del helado en lugar de albumina de huevo que es mucho más cara; en algunas ocasiones esta industria requiere del empleo de proteína soluble, la que se prepara tratando harina sin aceites con soluciones alcalinas diluidas.

Otro producto importante, por razones históricas, es la salsa de soya, obtenida tradicionalmente por fermentación de licores salinos de harina de soya. En la actualidad se han desarrollado procesos industriales para su fabricación (53).

E] consumo de soya verde o en grano, es reducido en Occidente

y la cantidad consumida en esta forma es para la elaboración de -  
platillos orientales.

Otros derivados son los residuos de la extracción de aceite, -  
los cuales son ampliamente usados como alimento o complemento ali-  
menticio para ganado vacuno, lanar, porcino, etc., así como para -  
aves (54).

#### 5.- Cuadros de importaciones.

Para poder evaluar la necesidad de producir soya y algunos de  
sus derivados en el país, fué necesario conocer el consumo inter-  
no de cada uno de los productos, así como la cantidad importada de  
ellos.

Conocer los datos de importación fué simple y se consultaron-  
los correspondientes a los últimos 5 años registrados (1965 -  
1969) (55). No fué posible disponer de los datos de producción in-  
terna, aunque se buscó exhaustivamente esta información, lográndo-  
se obtener sólo aproximaciones poco confiables; por lo que se deci-  
dió no incluirla en el trabajo y suponer que la producción interna  
no existía o era tan baja que no podía compararse con las cantida-  
des de productos importados.

La cantidad de semilla de soya importada, aumentó de 1965 a -  
1969 en un 81.6%, el precio porKg. se mantuvo entre \$2.03 /Kg. y -

\$2.21 /Kg. El valor total de las importaciones de semilla de soya llegó a 32.3 millones de pesos, siendo el principal exportador Estados Unidos de Norte América.

La cantidad de harina de soya importada, presenta notables irregularidades, ya que de 1965 a 1967 aumentó en un 99.5%, mientras que de 1967 a 1969 bajó un 99.2%. La irregularidad en los precios es también notable.

Las importaciones de aceite de soya, presentan también irregularidades pues bajaron de 1965 a 1967, subieron gradualmente en 1968 y bajaron nuevamente hasta 1969. El principal exportador de 1965 a 1968 es Estados Unidos de Norte América, en 1969 la República Federal Alemana exporta la mayor parte de aceite de soya que México consumió. El precio se mantuvo más o menos estable entre 1965 y 1968, mientras que en 1969 aumentó considerablemente el precio del aceite de procedencia norteamericana.

Las importaciones de lecitina de soya, aumentaron regularmente de 1965 a 1969, en un 38.5%. Los precios se mantuvieron estables. El valor de las importaciones en 1969 ascendió a 3.5 millones de pesos. Importandose la mayor cantidad a los Estados Unidos de Norte América.

IMPORTACIONES DE HARINA DE SOYA (Toneladas)

| País de origen    | 1965  | 1966 | 1967   | 1968 | 1969 |
|-------------------|-------|------|--------|------|------|
| E. U. A.          | 49    | 7    | 10,558 | 746  | 822  |
| Hong Kong         | 0.002 | 0.1  | 0.008  | 0.03 | 0.03 |
| India             | 2     | -    | -      | -    | -    |
| Japón             | 1     | -    | -      | -    | -    |
| Rep. de China     | 0.3   | 0.1  | -      | -    | -    |
| Rep. Fed. Alemana | -     | -    | -      | -    | 0.5  |
| TOTAL             | 52    | 7    | 10,559 | 747  | 823  |

VALOR DE IMPORTACIONES DE HARINA DE SOYA (miles de pesos)

| País de origen    | 1965  | 1966 | 1967   | 1968 | 1969 |
|-------------------|-------|------|--------|------|------|
| E. U. A.          | 129   | 60   | 14,207 | 356  | 878  |
| Hong Kong         | 0.006 | 0.5  | 0.04   | 0.2  | 0.2  |
| India             | 19    | -    | -      | -    | -    |
| Japón             | 6     | -    | -      | -    | -    |
| Rep. de China     | 1     | 0.3  | -      | -    | -    |
| Rep. Fed. Alemana | -     | -    | -      | -    | 3    |
| TOTAL             | 155   | 61   | 14,207 | 356  | 881  |

IMPORTACIONES DE SEMILLA DE SOYA (Toneladas)

| País de origen | 1965  | 1966  | 1967  | 1968   | 1969   |
|----------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| E.U.A.         | 2,872 | 5,030 | 5,338 | 12,144 | 15,576 |
| Japón          | 0.5   | -     | 0.08  | -      | -      |
| Rep. de China  | -     | -     | -     | 0.002  | -      |
| TOTAL          | 2,873 | 5,030 | 5,339 | 12,144 | 15,576 |

VALOR DE IMPORTACIONES DE SEMILLA DE SOYA (miles de pesos)

| País de origen | 1965  | 1966   | 1967   | 1968   | 1969   |
|----------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| E.U.A.         | 5,904 | 10,225 | 11,795 | 24,821 | 32,310 |
| Japón          | 2     | -      | 0.4    | -      | -      |
| Rep. de China  | -     | -      | -      | 0.002  | -      |
| TOTAL          | 5,906 | 10,225 | 11,795 | 24,821 | 32,310 |

IMPORTACIONES DE ACEITE DE SOYA (Toneladas)

| País de origen    | 1965 | 1966  | 1967 | 1968  | 1969 |
|-------------------|------|-------|------|-------|------|
| E.U.A.            | 987  | 111   | 33   | 5,118 | 3    |
| Hong Kong         | -    | 0.09  | -    | -     | -    |
| Japón             | -    | 0.003 | -    | 0.006 | -    |
| Reino Unido       | -    | -     | -    | -     | 0.2  |
| Rep. de China     | 0.3  | 0.2   | -    | -     | -    |
| Rep. Fed. Alemana | -    | -     | -    | -     | 6    |
| TOTAL             | 987  | 111   | 33   | 5,118 | 9    |

VALOR DE IMPORTACIONES DE ACEITE DE SOYA (miles de pesos)

| País de origen    | 1965  | 1966 | 1967 | 1968   | 1969 |
|-------------------|-------|------|------|--------|------|
| E.U.A.            | 3,678 | 80   | 132  | 15,110 | 65   |
| Hong Kong         | -     | 0.4  | -    | -      | -    |
| Japón             | -     | 0.03 | -    | 0.026  | -    |
| Reino Unido       | -     | -    | -    | -      | 0.9  |
| Rep. de China     | 1     | 0.7  | -    | -      | -    |
| Rep. Fed. Alemana | -     | -    | -    | -      | 65   |
| TOTAL             | 3,680 | 381  | 132  | 15,110 | 131  |

IMPORTACIONES DE LECITINA DE SOYA (Toneladas)

| País de origen    | 1965 | 1966 | 1967 | 1968  | 1969  |
|-------------------|------|------|------|-------|-------|
| Canada            | 74   | 93   | 40   | 5     | 67    |
| Dinamarca         | 16   | 33   | 11   | 44    | 11    |
| E.U.A.            | 561  | 719  | 827  | 842   | 980   |
| Francia           | 0.03 | 0.06 | 0.1  | 0.03  | 0.2   |
| Italia            | -    | -    | -    | 0.001 | -     |
| Rep. Fed. Alemana | -    | 2    | 0.2  | -     | 0.2   |
| TOTAL             | 651  | 848  | 878  | 891   | 1,059 |

VALOR DE IMPORTACIONES DE LECITINA DE SOYA (miles de pesos)

| País de origen    | 1965  | 1966  | 1967  | 1968  | 1969  |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Canada            | 399   | 512   | 270   | 24    | 388   |
| Dinamarca         | 50    | 415   | 34    | 126   | 36    |
| E.U.A.            | 2,089 | 2,648 | 2,777 | 2,964 | 3,075 |
| Francia           | 2     | 5     | 14    | 3     | -     |
| Italia            | -     | -     | -     | 0.2   | -     |
| Rep. Fed. Alemana | -     | 8     | 16    | -     | 1     |
| TOTAL             | 2,540 | 3,388 | 3,052 | 3,117 | 3,514 |

### III MATERIALES Y METODOS.

#### 1.- Introducción.

Con miras a alcanzar los objetivos planteados en la introducción de este trabajo, se buscaron los métodos más simples y rápidos reportados en la literatura.

En la mayor parte de los casos, el método elegido sólo fué adaptado a las características del laboratorio; en el caso particular de la determinación de fósforo se probaron varios métodos y algunas variantes de éstos, hasta llegar a resultados satisfactorios.

Para la determinación directa de lecitina, se probaron tres métodos básicos, con variantes de cada uno de ellos, sin llegar a resultados satisfactorios.

A continuación se presentan los métodos empleados.

#### 2.- Metodos empleados.

##### a) Indice de refracción.

Esta propiedad física ha sido una de las más usadas y estudia



niéndola en crisoles de porcelana de 5 cm. de diámetro en la estufa a 110°C durante 12 horas.

Se efectuaron 2 determinaciones a tiempos menores ( 6 y 8 horas), pero se encontraron diferencias superiores al 3%, por lo que se aumentó el tiempo a 12 horas.

d) Cenizas.

El residuo de cenizas al calcinar muestras de semilla es debido a la presencia de compuestos inorgánicos no volátiles como silicatos, fosfatos, cloruros, sales de K, Na, Ca, Mg, Cu, Mn, Zn, Al, etc., relacionados generalmente al tipo de suelos y fertilizantes, así como a las condiciones de crecimiento y no a las variedades de semilla usada (56).

Las determinaciones se efectuaron calcinando las muestras a la mufla, primero a 500°C durante 1 hora y posteriormente a 900°C durante 5 horas, en crisoles de porcelana de 5 cm. de diámetro.

e) Contenido de aceites.

Método empleado:

- Se usó el método de extracción con Soxhlet.

Para determinar el contenido de sustancias solubles en éter-etílico presentes en la soya, se usó el método de extracción en Soxhlet (57), para lo cual se molió finamente la semilla, se secó a la estufa a 110°C durante 12 horas y se extrajo durante 6 horas con éter etílico, se evaporó el disolvente de la muestra y se pulverizó esta en mortero para extraer nuevamente durante 3 horas.

Reactivos y equipo:

- Eter etílico, grado reactivo.
- Extractor de Soxhlet, 50 ml.

Procedimiento:

Se pesaron aproximadamente 2 g. de muestra y se colocaron en el extractor, empleando éter etílico. Después de 6 horas de extracción se secó la muestra, se pulverizó en mortero y se extrajo nuevamente durante 3 horas. Se evaporó el disolvente hasta peso constante en rota-vapor.

Con objeto de simplificar el método se trató de hacer una sola extracción, encontrándose que nunca representó más del 0.6% del total del aceite y en algunas muestras no se pudo detectar material extraído en esa segunda extracción.

Cálculos:

El contenido de aceite está dado por la siguiente fórmula:

$$\% \text{ aceite} = \frac{\text{peso aceite} \times 100}{\text{peso muestra}}$$

f) Nitrógeno.

Método empleado:

- Se usó una modificación al método de Kjeldahl (59).

Para evaluar el contenido de nitrógeno y conocer así indirectamente el contenido de proteína en las muestras de semilla de soya, se usó el método clásico de Kjeldahl en escala semimicro. Este método se basa en la descomposición por digestión con ácido sulfúrico concentrado en presencia de catalizadores (mezcla de selenio, sulfato de cobre y sulfato de potasio) que aceleran la reacción en la cual se produce sulfato de amonio. Una vez efectuada esta operación, se agrega a la mezcla de reacción diluida un exceso de hidróxido de sodio y el amoníaco liberado se destila arrastrándolo con vapor y absorbiéndolo en un exceso de solución saturada de ácido bórico, el cuál se titula con una solución 0.04N de ácido clorhídrico, usando como indicador una mezcla de rojo de metilo y ver-

de de bromocresol; el vire de rosa a gris indic el final de la ti tulación.

Para el empleo de este método es necesario el uso de un apara to de destilación diseñado por Hoskins (58), que consiste en una - fuente de vapor y un sistema de 2 recipientes conectados mediante un tubo de desprendimiento con salida para gases que cuente con - trampa de Kjeldhal. El uso de este equipo, permite trabajar varias muestras seguidas sin tener que desmontar el aparato y en períodos de tiempo relativamente cortos (aproximadamente entre 60 y 80 minu tos por muestra).

Reactivos:

- Acido sulfúrico concentrado, grado reactivo.
- Mezcla catalítica: se muelen juntos 1g. de selenio, 1 g. de sul- fato cúprico pentahidratado y 20 g. de sulfato de potasio.
- Solución de hidróxido de sodio al 40%.
- Solución saturada de ácido bórico: se disuelven 4 g. de ácido bó rico grado reactivo en 100 ml. de agua fría y recién destilada, se hierve la solución por 20 min., se deja enfriar obteniéndose una - solución clara sin sólidos en suspensión, por lo que no es neces- ario filtrar.
- Indicador: se prepara mezclando 2 ml. de una solución alcohólica de rojo de metilo al 0.1% con 5 ml. de una solución alcohólica al-

0.1% de verde de bromo cresol. Es necesario preparar cuidadosamente el indicador ya que si varía la concentración pueden obtenerse resultados erróneos.

#### Procedimiento.

Se pesaron de 60 a 80 mg. de muestra y se colocaron en matraces Kjeldahl de digestión de 50 ml. previamente secados en estufa a 120°C, se agregó 1 g. de la mezcla catalítica y 5 ml. de ácido sulfúrico concentrado, se colocó una tapa de vidrio floja en la boca del matraz y se calentó nuevamente usando un micromechero durante 5 min.. Después de este tiempo se calentó a ebullición vigorosa durante 45 min. más, una vez obtenido un líquido incoloro se dejó enfriar y se diluyó con aproximadamente 10 ml. de agua destilada. Las manipulaciones se realizaron en la campana de extracción.

La solución obtenida se llevó al equipo de destilación en donde se agregaron 20 ml. de hidróxido de sodio al 40% y se le pasó una corriente de vapor durante 45 a 60 min., recogiénose los vapores en una solución saturada de ácido bórico la cuál se tituló con ácido clorhídrico hasta aparición de color gris al usar como indica dor la mezcla de rojo de metilo y verde de bromo cresol.

Cálculos:

Los cálculos se hicieron en base a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ nitrógeno} = \frac{100 (V_1 - V_2) \times 0.5603}{\text{peso muestra}}$$

$V_1$  = volumen de ácido clorhídrico 0.04N usado en la determinación de la muestra.

$V_2$  = volumen de ácido clorhídrico 0.04N usado en la determinación del blanco.

1 ml. de ácido clorhídrico 0.04N equivale a 0.5603 mg. de nitrógeno.

g) Índice de iodo.

Método empleado:

- Se usó el método de Hanus.

El índice de iodo o valor de iodo es una medida de la insaturación total de las grasas o aceites que contienen dobles ligaduras aisladas.

La determinación se basa en la absorción del halógeno, en condiciones adecuadas para dar resultados estequiométricos; es impor-

tante indicar que en sistemas conjugados la absorción también se efectúa, aunque generalmente la halogenación es parcial.

Como agentes halogenates se emplean iodo, cloruro de iodo o bromuro de iodo, aunque los resultados se expresan en términos de iodo sin importar el reactivo empleado. El procedimiento requiere de la adición de un exceso de halógeno o agente halogenante a la muestra, reducción del exceso con ioduro de potasio y titulación del iodo liberado con solución valorada de tiosulfato de sodio.

De la gran cantidad de métodos de determinación conocidos, los empleados con más frecuencia son los de Wijs, Hanus, Hubl y Rosenmund-Kuhnhenh. El método de Wijs requiere de la adición de cloro libre lo que complica las manipulaciones; el método de Hubl es excesivamente lento requiriendo de 12 a 24 horas para completar las determinaciones; el método de Rosenmund-Kuhnhenh da resultados poco confiables (60). Por la facilidad en el manejo de reactivos y la rapidez que presenta se prefirió el método de Hanus.

#### Reactivos:

- Solución de Hanus: se disuelven 13.2 g. de iodo grado reactivo en 1 lt. de ácido acético glacial (99.5%) libre de reductores, calentando suavemente el ácido; se deja enfriar la solución y se añade cantidad suficiente de bromo equivalente a casi el doble -

del contenido de iodo; la solución se conserva en frasco ambar.

Procedimiento:

En base a los índices de iodo reportados para aceite de soya— se pesaron exactamente 0.2442 g. de cada muestra siendo colocadas— en matraces de índice de iodo de 500 ml. secos, que contenían 10— ml. de cloroformo; se agregaron 25 ml. de la solución de Hanus y — se dejó reposar durante 30 min. agitando ocasionalmente ( debe con— trolarse el tiempo de reposo exactamente ); se agregaron después — 10 ml. de una solución al 15% de ioduro de potasio grado reactivo, se agitó vigorosamente y se agregaron 100 ml. de agua recién hervi— da y fría, lavando cuidadosamente el tapón y paredes del matraz. — Se tituló con una solución 0.1N de tiosulfato de sodio hasta casi— completa desaparición del color amarillo, se agregó solución de al— midón y se continuó la titulación hasta desaparición total del co— lor azul. En cada determinación se corrió un blanco que contenía — todos los reactivos excepto la muestra.

Cálculos:

Los cálculos se hicieron en base a la siguiente fórmula:



$$\text{Valor de iodo} = \frac{(B - S) \times N \times 12.69}{\text{peso muestra}}$$

B = titulación del blanco.

S = titulación de la muestra.

N = normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

#### h) Índice de saponificación.

Método empleado:

- Se usó el método de saponificación con exceso de álcali y titulación del álcali remanente.

El índice de saponificación se emplea para determinar el peso molecular de grasas y aceites, su valor nos da una medida del tamaño de los ácidos grasos que constituyen la molécula de la grasa o aceite. Se expresa como la cantidad de álcali requerida para saponificar una cantidad definida de grasa y comunmente se reporta como el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para saponificar 1g. de grasa; puede expresarse también como la cantidad en gramos de grasa saponificados por un mol (58.108 g.) de hidróxido de potasio.

Se considera al índice de saponificación como un método útil en el análisis y caracterización de grasas y aceites; se emplea frecuentemente para la identificación de muestras desconocidas, la estimación de la composición de mezclas de grasas y la asignación de su valor comercial.

El método para la determinación del índice de saponificación fué desarrollado originalmente por Köttstorfer en 1879 (61) y continúa sin modificaciones substanciales hasta ahora.

El procedimiento general indica calentar un exceso de solución de hidróxido de potasio en alcohol con un peso conocido de la muestra, titular el hidróxido remanente con una solución ácida valorada y calcular por diferencia la cantidad de álcali que reaccionó con la muestra.

Es conveniente tener en mente que los resultados serán erróneos si la saponificación es parcial; deberá también tomarse en cuenta el efecto del alcohol que se usa como disolvente, puesto que reaccionará con el álcali dando lugar a resultados falsos. La presencia de cantidades apreciables de materiales insaponificables como aceites minerales o ceras, retardan la reacción favoreciendo una saponificación parcial, por último se recomienda evitar la pérdida de ésteres volátiles usando condensadores adecuados.

Reactivos:

- Solución de hidróxido de potasio al 40% se disuelven 40 g. de hidróxido de potasio grado reactivo en 1 lt. de alcohol etílico grado reactivo, manteniendo la temperatura baja mediante un baño de hielo; la solución debe mantenerse clara.
- Solución de ácido clorhídrico 0.5N.
- Indicador de fenolftaleína.

Procedimiento:

Se eliminó la humedad de las muestras y se pesaron de 4 a 5 g. para cada determinación, se colocaron en matraces de bola de 125 ml. con junta esmerilada y se agregaron 50 ml. de la solución alcohólica de hidróxido de potasio con pipeta volumétrica. Se colocó un refrigerante de agua y la mezcla se sometió a ebullición durante 1 hora; se dejó enfriar, se agregó fenolftaleína y se tituló con ácido clorhídrico 0.5N. En cada determinación se corrió un blanco que contenía todos los reactivos excepto la muestra.

Es conveniente usar 1 hora para lograr la saponificación, ya que se probó durante 30 min. obteniéndose resultados con variaciones superiores al 4.2%.

Cálculos:

Los cálculos se hicieron en base a la siguiente fórmula:

sencia de oxidantes, disolución del residuo, formación de un complejo colorido y evaluación de los resultados mediante una curva de calibración. El tener que trabajar con muestras de aceite crudo, dificulta seriamente la calcinación en crisol, por lo que se buscó un método de digestión que permitiese oxidar la muestra, obteniendo una solución que podía ser tratada para formar el complejo colorido, el cuál posteriormente se evalúa en un colorímetro.

Se usó un método de digestión rápido, empleando una solución de ácido sulfúrico y ácido perclórico con molibdato de sodio, la cuál oxida todo el material orgánico en 3 o 4 min., la mezcla de digestión se aforó y con alícuotas de esta solución se formó un complejo colorido con molibdato de amonio y vanadato de amonio. La intensidad del color desarrollado se lee en un colorímetro y se comparan las lecturas con una curva tipo. La realización de esta curva presentó serios problemas ya que, los métodos analíticos recomiendan vigilar cuidadosamente el pH al que se hacen las determinaciones, sugiriendo siempre que los valores deben ser iguales tanto en las soluciones tipo como en las muestras; los pH registrados generalmente variaban entre 0.5 y 1, por lo que, cualquier variación para igualar el pH requería de la adición de volúmenes importantes de ácido (ácido perclórico), lo cuál variaba considerablemente la concentración de las soluciones tipo. En busca de resultados coherentes, es decir valores de transmitancia que cayesen den-

tro de una curva tipo, se buscó una sal que diese concentraciones conocidas de fósforo, para lo cuál se usaron fosfato monosódico, fosfato disódico, fosfato de calcio, etc. y por último ácido fosfórico. Los valores obtenidos, después de tratar las soluciones tipo en forma semejante a las soluciones de las muestras mostraban discrepancias apreciables con respecto a los valores esperados en base a las concentraciones conocidas. Se observó que la discrepancia de dichos valores siempre estaba asociada a la adición de ácido perclórico para igualar el pH. Finalmente se logró obtener y reproducir una curva tipo adecuada, cuando las variaciones de pH no eran superiores a 0.3 unidades y no se agregaba ácido, lográndose así resultados que no mostraban variaciones superiores al 1.4%.

#### Reactivos:

- Mezcla de digestión: se disuelven 30 g. de molibdato de sodio en 150 ml. de agua destilada, se agregan lentamente 150 ml. de ácido sulfúrico concentrado, se deja enfriar y se agregan 200 ml. de ácido perclórico de 70 - 72%.
- Solución de molibdato de amonio: se disuelven 2.5 g. de molibdato de amonio tetrahidratado por cada litro de solución 1.25N de ácido sulfúrico.
- Solución de vanadato de amonio: se prepara una solución saturada de vanadato de amonio en agua destilada, calentando ligeramente, -

se deja enfriar y se filtra.

**Procedimiento:**

Se pesaron exactamente 500 mg. de la muestra y se colocaron en un matraz Kjeldahl, se agregaron 5 ml. de la mezcla de digestión y se calentó el matraz con un micromechero. La oxidación se inicia en 1 o 2 min., se suspende el calentamiento, se agregaron 2 ml. de ácido perclórico y se hirvió nuevamente durante 3 o 4 minutos. La mezcla de digestión se aforó a 100 ml., se filtra si es necesario, se tomó una alícuota de 10 ml. y se le agregaron 10 ml. de la solución de vanadato de amonio. Se aforó a 100 ml. y se dejó reposar exactamente 15 min. Se determinó la transmitancia a una longitud de onda de 470 millicrones.

La curva tipo se preparó utilizando ácido fosfórico y se hicieron diluciones con concentraciones de 0.5 a 15 mg. de fósforo.

**Cálculos:**

Se calcula el contenido de fósforo, comparando los valores de transmitancia con los obtenidos en la curva tipo.

**3.- Métodos de análisis para lecitina.**

a) Antecedentes.

Tradicionalmente se ha evaluado el contenido de lecitina en mezclas, basándose en la cantidad de fósforo que presentan las muestras.

Este tipo de determinación es adecuada para control en procesos industriales y requiere de laboratorios para análisis rutinarios. La American Oil Chemist's Society ha desarrollado un método oficial para esta determinación (69), que se recomienda para compra-venta, tercera, etc., aunque para análisis de rutina parece ser demasiado complicado y largo. La Asociación Nacional de Procesadores de Soya de los Estados Unidos de Norte América, también ha desarrollado métodos para determinación de lecitina en base a contenido de fósforo (70), aunque el método presenta problemas semejantes al anterior.

Otros autores recomiendan métodos volumétricos, espectofotométricos o colorimétricos más rápidos y confiables (71), que consisten en calcinación de la muestra en presencia de óxido de magnesio y disolución con ácido clorhídrico de las cenizas, adición de acetato de amonio en ácido acético y titulación de la solución con nitrato de uranilo, usando ferrocianuro de potasio como indicador.

Otro método consiste en el calcinado de la muestra en presencia de óxido de calcio, disolución de las cenizas en ácido clorhí-

drico, formación de un complejo colorido azul de molibdato de amonio; la comparación colorimétrica o espectrofotométrica de las muestras contra una serie tipo preparada con cantidades conocidas de fosfato monosódico, nos da la concentración de fósforo en la muestra.

Como puede observarse, para este tipo de determinaciones puede emplearse cualquier método de determinación de fósforo, que proporcione buenos resultados, con las limitaciones que las características de la muestra y la disponibilidad de equipo presenten.

Para estudios más profundos de lecitina o fosfatidos, existen varias técnicas de separación y evaluación cromatográficas (72) - (73)(74)(75) y podrían desarrollarse técnicas por cromatografía en fase vapor o por cromatografía líquido-líquido.

#### b) Métodos ensayados para la determinación directa de lecitina.

##### Extracción con agua.

Se trató de separar cuantitativamente la lecitina ( fosfatidos) contenida en el aceite de soya crudo, el cuál había sido extraído del grano con una mezcla de etanol-hexano-benceno en partes iguales. Del extracto orgánico anterior debía separarse la lecitina extrayendo con agua destilada varias veces; la lecitina suspen-



dida en al agua se extrae finalmente con éter etílico.

Al intentar la extracción agua-aceite, los fosfátidos se hidratan formandose emulsiones muy persistentes difíciles de romper, - aun después de agregar ácidos y álcalis; si se dejan reposar se - mantiene gran cantidad de aceite ocluido durante varios días. Se - logró evitar parcialmente este problema diluyendo el aceite en benceno, en relación 1:3 y extrayendo con agua posteriormente; al tratar la suspensión de fosfátidos en agua con éter etílico se formaron capas insolubles. tanto en el agua como en el éter. Una vez - evaporado el éter etílico, dejaba un residuo pastoso, muy húmedo - y con olor a aceite que se supuso eran los fosfátidos, pues dieron prueba positiva de fósforo.

Se probaron algunas variaciones como volúmenes de muestra, - tiempo de extracción, etc., realizándose aproximadamente 10 determinaciones para cada caso sin obtener en ninguno de ellos resultados reproducibles.

#### Precipitación a bajas temperaturas.

Haciendo uso de la propiedad que tienen los fosfátidos de precipitar de mezclas que los contengan cuando se baja la temperatura se buscó disminuir ésta en el aceite hasta  $-5^{\circ}\text{C}$  en los primeros ca

sos y más adelante hasta  $-12^{\circ}\text{C}$ , para lograr la separación cuantitativa. Una vez precipitados los fosfátidos, se separaban filtrando con placa de vidrio poroso o centrifugando a baja velocidad. El resultado desde un punto de vista cualitativo fué bueno, laborioso - en su primera fase, ya que es difícil mantener la temperatura estable mientras se intenta la separación.

La temperatura fué mantenida baja empleando mezcla hielo-ácido clorhídrico y en otros casos hielo seco; se intentó bajar aun más la temperatura, pero el aceite aumentaba considerablemente su viscosidad, dificultando la separación.

Se supone que no se logró una separación completa en ningún caso, pues todos los resultados obtenidos fueron muy bajos y nunca pudieron ser reproducidos.

Se intentó diluir el aceite con benceno, hexano, dietil cetona, metil cetona y acetona para poder bajar más la temperatura, - manteniendo el aceite más fluído, pero los resultados fueron más - bajos aun con las cetonas, en las que no son solubles los fosfátidos.

Se pensó en la posibilidad de separar los fosfátidos por ultracentrifugación en frío, pero no se contó con el equipo necesario.

Determinación por extracción con disolventes selectivos.

Aprovechando la solubilidad de los aceites en acetona y la no solubilidad de los fosfátidos en esta, se buscó extraer una muestra de soya molida y seca con dicho disolvente en Soxhlet, hasta eliminar los aceites y posteriormente extraer con hexano para separar la lecitina.

El método es comodo y rápido, no requiere de equipo complicado y se demostró por cromatografía en placa, que existían fosfátidos en la fracción extraída con hexano. Se ensayaron 20 muestras por triplicado, variando en cada caso los tiempos de extracción sin lograr resultados reproducibles, aunque caían dentro del intervalo de contenido de lecitina en soya. Este método, tiene la ventaja de permitir trabajar directamente con la semilla, evitando así la extracción del aceite y la posible degradación de la lecitina.

IV RESULTADOS.

1.- Índice de refracción.

Se obtuvieron los siguiente valores:

| No.       | Muestra           | Índice de refracción a 25°C. |
|-----------|-------------------|------------------------------|
| 1.-       | Acadian           | 1.4740                       |
| 2.-       | Davis             | 1.4732                       |
| 3.-       | Hampton           | 1.4710                       |
| 4.-       | Hernon 107        | 1.4759                       |
| 5.-       | Nanda             | 1.4719                       |
| 6.-       | PI-183-900        | 1.4734                       |
| 7.-       | PI-200-474        | 1.4710                       |
| 8.-       | PI-203-405        | 1.4706                       |
| 9.-       | PI-205-512        | 1.4718                       |
| 10.-      | Semmes            | 1.4739                       |
| 11.-      | Scott Mississippi | 1.4710                       |
| 12.-      | Tropicana         | 1.4710                       |
| Reportado |                   | 1.47084 - 1.47243 (76)       |

2.- Densidad.

Se obtuvieron los siguientes valores:

| No.  | Muestra           | Densidad a 20°C.   |
|------|-------------------|--------------------|
| 1.-  | Acadian           | 0.9320             |
| 2.-  | Davis             | 0.9230             |
| 3.-  | Hampton           | 0.9226             |
| 4.-  | Hernon 107        | 0.9188             |
| 5.-  | Nanda             | 0.9340             |
| 6.-  | PI-183-900        | 0.9168             |
| 7.-  | PI-200-474        | 0.9287             |
| 8.-  | PI-203-405        | 0.9188             |
| 9.-  | PI-205-912        | 0.9242             |
| 10.- | Semmes            | 0.9199             |
| 11.- | Scott Mississippi | 0.9226             |
| 12.- | Tropicana         | 0.9168             |
|      | Reportado         | 0.922 - 0.934 (77) |

3.- Humedad.

Se realizaron determinaciones por triplicado sin encontrar diferencias mayores al 1.3%, se reportan los valores promedio obtenidos.

| No.       | Muestra           | % Humedad        |
|-----------|-------------------|------------------|
| 1.-       | Acadian           | 11.17            |
| 2.-       | Davis             | 10.62            |
| 3.-       | Hampton           | 11.00            |
| 4.-       | Hernon 107        | 11.22            |
| 5.-       | Nanda             | 11.32            |
| 6.-       | PI-183-900        | 10.91            |
| 7.-       | PI-200-474        | 11.23            |
| 8.-       | PI-203-405        | 11.02            |
| 9.-       | PI-205-912        | 9.54             |
| 10.-      | Semmes            | 10.65            |
| 11.-      | Scott Mississippi | 10.40            |
| 12.-      | Tropicana         | 11.45            |
| Reportado |                   | 5.02 - 9.42 (78) |

4.- Cenizas.

Se efectuaron tres determinaciones sin encontrar discrepancias mayores del 1%, se reportan los valores promedio obtenidos para cada caso en las tres determinaciones.

| No.       | Muestra           | % Cenizas       |
|-----------|-------------------|-----------------|
| 1.-       | Acadian           | 4.7             |
| 2.-       | Davis             | 4.8             |
| 3.-       | Hampton           | 5.22            |
| 4.-       | Hernon.107        | 4.94            |
| 5.-       | Nanda             | 9.69            |
| 6.-       | PI-183-900        | 5.12            |
| 7.-       | PI-200-474        | 5.27            |
| 8.-       | PI-203-405        | 4.57            |
| 9.-       | PI-205-912        | 4.63            |
| 10.-      | Semmes            | 5.53            |
| 11.-      | Scott Mississippi | 5.56            |
| 12.-      | Tropicana         | 5.38            |
| Reportado |                   | 3.3 - 6.35 (78) |

Todas las variedades, con excepción de la número 5, Nanda, caen dentro del intervalo del valor reportado en la literatura.

5.- Contenido de aceites.

Se realizaron determinaciones por duplicado hasta obtener variaciones menores al 1.1%, se reportan los valores promedio obtenidos.

a) Soya base seca.

| No.  | Muestra           | % Aceite         |
|------|-------------------|------------------|
| 1.-  | Acadian           | 22.17            |
| 2.-  | Davis             | 24.56            |
| 3.-  | Hampton           | 27.30            |
| 4.-  | Hernon 107        | 23.48            |
| 5.-  | Nanda             | 23.86            |
| 6.-  | PI-183-900        | 23.83            |
| 7.-  | PI-200-474        | 23.00            |
| 8.-  | PI-203-405        | 22.28            |
| 9.-  | PI-205-912        | 21.67            |
| 10.- | Semmes            | 25.39            |
| 11.- | Scott Mississippi | 21.22            |
| 12.- | Tropicana         | 20.40            |
|      | Reportado         | 13.5 - 24.2 (78) |



b) Soya base humeda.

| No.  | Muestra           | % Aceite |
|------|-------------------|----------|
| 1.-  | Acadian           | 20.3     |
| 2.-  | Davis             | 21.4     |
| 3.-  | Hampton           | 21.79    |
| 4.-  | Hernon 107        | 20.2     |
| 5.-  | Nanda             | 19.6     |
| 6.-  | PI-183-900        | 17.40    |
| 7.-  | PI-200-474        | 22.58    |
| 8.-  | PI-203-405        | 18.55    |
| 9.-  | PI-205-912        | 14.83    |
| 10.- | Semmes            | 20.64    |
| 11.- | Scott Mississippi | 17.74    |
| 12.- | Tropicana         | 16.05    |

6.- Nitrógeno.

Se realizaron dos determinaciones para cada muestra obteniéndose variaciones menores al 1.1%, se reportan los valores promedio obtenidos.

a) Harina.

| No.  | Muestra           | % Nitrógeno | % de Proteína<br>( N x 6.25 ) |
|------|-------------------|-------------|-------------------------------|
| 1.-  | Acadian           | 6.52        | 40.25                         |
| 2.-  | Davis             | 5.14        | 32.12                         |
| 3.-  | Hampton           | 5.20        | 33.15                         |
| 4.-  | Hernon 107        | 5.15        | 32.21                         |
| 5.-  | Nanda             | 5.01        | 31.34                         |
| 6.-  | PI-183-900        | 6.23        | 38.96                         |
| 7.-  | PI-200-474        | 6.00        | 37.53                         |
| 8.-  | PI-203-405        | 5.91        | 36.93                         |
| 9.-  | PI-205-912        | 5.57        | 34.84                         |
| 10.- | Semmes            | 6.55        | 40.93                         |
| 11.- | Scott Mississippi | 6.96        | 43.50                         |
| 12.- | Tropicana         | 5.40        | 33.78                         |

b) Harina base seca.

| No.  | Muestra           | % Nitrógeno | % de Proteína<br>( N x 6.25 ) |
|------|-------------------|-------------|-------------------------------|
| 1.-  | Acadian           | 5.90        | 36.87                         |
| 2.-  | Davis             | 4.83        | 30.21                         |
| 3.-  | Hampton           | 5.57        | 34.84                         |
| 4.-  | Hernon 107        | 5.37        | 33.59                         |
| 5.-  | Nanda             | 4.45        | 27.84                         |
| 6.-  | PI-183-900        | 4.87        | 30.43                         |
| 7.-  | PI-200-474        | 5.01        | 31.31                         |
| 8.-  | PI-203-405        | 5.73        | 36.12                         |
| 9.-  | PI-205-912        | 3.59        | 22.43                         |
| 10.- | Semmes            | 5.21        | 32.59                         |
| 11.- | Scott Mississippi | 7.22        | 45.15                         |
| 12.- | Tropicana         | 4.98        | 31.15                         |
|      | Reportado         | 4.76 - 8.04 | 29.6 - 50.30                  |

(78)

c) Harina sin aceites.

| No.  | Muestra           | % Nitrogeno | % de Proteina<br>( N x 6.25 ) |
|------|-------------------|-------------|-------------------------------|
| 1.-  | Acadian           | 6.89        | 43.06                         |
| 2.-  | Davis             | 8.14        | 50.90                         |
| 3.-  | Hampton           | 7.14        | 44.62                         |
| 4.-  | Hernon 107        | 5.56        | 34.78                         |
| 5.-  | Nanda             | 7.86        | 49.15                         |
| 6.-  | PI-183-900        | 7.69        | 48.06                         |
| 7.-  | PI-200-474        | 5.85        | 36.59                         |
| 8.-  | PI-203-405        | 8.09        | 50.56                         |
| 9.-  | PI-205-912        | 8.60        | 53.75                         |
| 10.- | Semmes            | 7.63        | 47.68                         |
| 11.- | Scott Mississippi | 8.72        | 54.53                         |
| 12.- | Tropicana         | 7.69        | 48.06                         |

7.- Índice de iodo.

Se realizaron dos determinaciones por cada muestra obteniendo se variaciones menores al 1%, se reportan los valores promedio obtenidos.

a) Aceite base húmeda.

| No.  | Muestra           | Índice de iodo |
|------|-------------------|----------------|
| 1.-  | Acadian           | 125.13         |
| 2.-  | Davis             | 121.00         |
| 3.-  | Hampton           | 114.7          |
| 4.-  | Hernon 107        | 124.6          |
| 5.-  | Nanda             | 117.8          |
| 6.-  | PI-183-900        | 119.3          |
| 7.-  | PI-200-474        | 117.7          |
| 8.-  | PI-203-405        | 112.8          |
| 9.-  | PI-205-912        | 114.6          |
| 10.- | Semmes            | 113.5          |
| 11.- | Scott Mississippi | 114.7          |
| 12.- | Tropicana         | 113.2          |

b) Aceite base seca.

| No.  | Muestra           | Indice de Iodo     |
|------|-------------------|--------------------|
| 1.-  | Acadian           | 119.8              |
| 2.-  | Davis             | 11.4               |
| 3.-  | Hampton           | 106.4              |
| 4.-  | Hernon 107        | 115.1              |
| 5.-  | Nanda             | 114.2              |
| 6.-  | PI-183-900        | 115.4              |
| 7.-  | PI-200-474        | 113.4              |
| 8.-  | PI-203-405        | 110.6              |
| 9.-  | PI-205-912        | 111.4              |
| 10.- | Semmes            | 115.0              |
| 11.- | Scott Mississippi | 113.1              |
| 12.- | Tropicana         | 111.5              |
|      | Reportado         | 102.9 - 151.4 (79) |

8.- Índice de saponificación.

Se realizaron tres determinaciones, obteniéndose variaciones menores al 0.8%, se reportan los valores promedio obtenidos.

a) Aceite base húmeda.

| No.  | Muestra           | Índice de saponificación |
|------|-------------------|--------------------------|
| 1.-  | Acadian           | 186.0                    |
| 2.-  | Davis             | 186.6                    |
| 3.-  | Hampton           | 190.5                    |
| 4.-  | Hernon 107        | 189.8                    |
| 5.-  | Nanda             | 185.8                    |
| 6.-  | PI-183-900        | 175.2                    |
| 7.-  | PI-200-474        | 187.4                    |
| 8.-  | PI-203-405        | 185.2                    |
| 9.-  | PI-205-912        | 201.5                    |
| 10.- | Semmes            | 202.3                    |
| 11.- | Scott Mississippi | 202.5                    |
| 12.- | Tropicana         | 193.0                    |

b) Aceite base seca.

| No.       | Muestra           | Indice de saponificación |
|-----------|-------------------|--------------------------|
| 1.-       | Acadian           | 191.8                    |
| 2.-       | Davis             | 186.5                    |
| 3.-       | Hampton           | 190.6                    |
| 4.-       | Hernon 107        | 189.7                    |
| 5.-       | Nanda             | 191.8                    |
| 6.-       | PI-183-900        | 190.8                    |
| 7.-       | PI-200-474        | 192.3                    |
| 8.-       | PI-203-405        | 189.0                    |
| 9.-       | PI-205-912        | 187.4                    |
| 10.-      | Semmes            | 184.9                    |
| 11.-      | Scott Mississippi | 187.9                    |
| 12.-      | Tropicana         | 190.7                    |
| Reportado |                   | 188 - 193 (80)           |



9.- Fósforo.

Se realizaron determinaciones por duplicado sin encontrarse diferencias superiores al 1.4%, se reportan los valores promedio obtenidos.

a) Semilla base húmeda.

| No.  | Muestra           | % Fósforo |
|------|-------------------|-----------|
| 1.-  | Acadian           | 0.42      |
| 2.-  | Davis             | 0.52      |
| 3.-  | Hampton           | 0.60      |
| 4.-  | Hernon 107        | 0.62      |
| 5.-  | Nanda             | 0.52      |
| 6.-  | PI-183-900        | 0.52      |
| 7.-  | PI-200-474        | 0.60      |
| 8.-  | PI-203-405        | 0.52      |
| 9.-  | PI-205-912        | 0.52      |
| 10.- | Semmes            | 0.62      |
| 11.- | Scott Mississippi | 0.70      |
| 12.- | Tropicana         | 0.70      |

b) Semilla base seca.

| No.  | Muestra           | % Fósforo     |
|------|-------------------|---------------|
| 1.-  | Acadian           | 0.42          |
| 2.-  | Davis             | 0.65          |
| 3.-  | Hampton           | 0.75          |
| 4.-  | Hernon 107        | 1.00          |
| 5.-  | Nanda             | 0.65          |
| 6.-  | PI-183-900        | 0.90          |
| 7.-  | PI-200-474        | 0.70          |
| 8.-  | PI-203-405        | 0.60          |
| 9.-  | PI-205-912        | 0.65          |
| 10.- | Semmes            | 0.75          |
| 11.- | Scott Mississippi | 0.75          |
| 12.- | Tropicana         | 0.90          |
|      | Reportado         | 0.419 - 0.822 |

(81)

c) Harina.

| No.  | Muestra           | % Fósforo |
|------|-------------------|-----------|
| 1.-  | Acadian           | 0.42      |
| 2.-  | Davis             | 0.65      |
| 3.-  | Hampton           | 0.75      |
| 4.-  | Hernon 107        | 0.75      |
| 5.-  | Nanda             | 0.65      |
| 6.-  | PI-183-900        | 0.70      |
| 7.-  | PI-200-474        | 0.70      |
| 8.-  | PI-203-405        | 0.70      |
| 9.-  | PI-205-912        | 0.60      |
| 10.- | Semmes            | 0.65      |
| 11.- | Scott Mississippi | 0.75      |
| 12.- | Tropicana         | 0.72      |

d) Aceite base seca.

| No.  | Muestra           | % Fósforo |
|------|-------------------|-----------|
| 1.-  | Acadian           | 0.18      |
| 2.-  | Davis             | 0.198     |
| 3.-  | Hampton           | 0.16      |
| 4.-  | Hernon 107        | 0.189     |
| 5.-  | Nanda             | 0.20      |
| 6.-  | PI-183-900        | 0.20      |
| 7.-  | PI-200-474        | 0.157     |
| 8.-  | PI-203-405        | 0.198     |
| 9.-  | PI-205-912        | 0.186     |
| 10.- | Semmes            | 0.197     |
| 11.- | Scott Mississippi | 0.24      |
| 12.- | Tropicana         | 0.20      |

## V CONCLUSIONES.

1.- Se evaluó la calidad de 12 muestras de soyas mexicanas, - usando métodos que permiten reproducir los resultados con discre--  
pancias menores del 1.4% en todos los casos.

2.- Los métodos analíticos empleados cumplen con las condiciones  
citadas en la introducción de este trabajo.

3.- Para efectuar las determinaciones de índice de refracción y de contenido de fósforo, son necesarios equipos que se apartan - de las características previstas. En ambos casos el equipo puede - simplificarse usando un refractómetro de inmersión para el índice de refracción y una serie de tubos comparativos para la evaluación colorimétrica del contenido de fósforo. La reproducibilidad ~~depen-~~ dependerá entonces de la experiencia y habilidad del operador.

4.- El contenido de humedad es mayor que el reportado, pero - es necesario hacer notar que se trataba de granos recién cosecha-- dos y que fué esta determinación la primera en efectuarse.

5.- Muestras de diferentes lotes de semilla dieron valores se

mejantes para cada variedad analizada, lo que prueba la homogeneidad de la semilla, aunque los lotes eran pequeños (3Kg. aproximadamente).

6.- Las variedades estudiadas, dan resultados que caen en la mayor parte, dentro de los valores reportados en la literatura.

7.- Los derivados más importantes: proteína y aceite, dan valores altos en general, sólo en dos casos de contenido de proteína no llegan al valor mínimo reportado.

8.- Tomando como base los resultados obtenidos, se determinó que las soyas cultivadas en el campo experimental de Cotaxtla, Veracruz, son de buena calidad y sería deseable que las soyas cultivadas comercialmente tuviesen características semejantes.

9.- No se logró otro de los objetivos de este trabajo; el desarrollar un método directo, simple y confiable para la determinación de lecitina en soya.

10.- Consideramos que el trabajo puede continuarse en el método por extracción con disolventes selectivos, ya que los resultados fueron aceptables en el estudio preliminar.

11.- Desde un punto de vista estrictamente comercial, el precio de la soya está determinado por los contenidos de humedad, aceite y proteína; por lo que el método directo de lecitina no es necesario en determinaciones rutinarias para efectos de mercado.

12.- La información general que complementa el trabajo analítico, permite tener una visión más amplia sobre el cultivo, manejo, proceso y aprovechamiento de la soya y sus derivados.

13.- Los datos de importación, así como el elevado poder alimenticio de la soya y sus derivados, nos hacen ver claramente la necesidad imperiosa de:

- a) Aumentar los volúmenes de producción del grano.
- b) Desarrollar especies de semillas adecuadas a cada región de cultivo.
- c) Fomentar la industrialización de los subproductos.
- d) Crear un mercado serio y seguro para la soya.

VI BIBLIOGRAFIA.

- (1) A. Müntz; Ann. Sci. Nat. Botan. et Biol. Vegetale, (7) 3, - 45-74 (1896)
- (2) M. LeClerc du Sablon; Rev. Gén. Botan., 7, 145-165, 205 - - 215, 258 -269 (1895)
- (3) M. LeClerc du Sablon; Compt. rend., 123, 1084-1086 (1896)-
- (4) Gerber; IBID., 125, 658-661 (1897)
- (5) Ivanov; Beihefte Botan. Centr., 28, 159-191 (1912)
- (6) L. H. Bailey, R. G. Capen and J. A. LeClerc; Cereal Chem., 12 441- 472 (1935)
- (7) J. L. Cartter and T. H. Hopper; U.S. Dept. Agr. Tech. Bull., No. 787, 66; 207 (1942)
- (8) K. Shirahama and G. Shimizu; J. Agr. Chem. Soc. Japan, 8, - 527-531 (1932)
- (9) T. Porter; Michigan Agr. Expt. Sta. Quart. Bull., No. 29, - 115-125 (1946)
- (10) B. Guérithault; Bull. soc. hyg. aliment., 15, 386-387 - (1927)
- (11) I. Hirano and R. Mikumo; J. Pharm. Soc. Japan, No. 525, - 992-994 (1946)
- (12) J. S. McHargue; J. Agr. Research, 23, 395-399 (1923)
- (13) G. Bertrand and B. Benzon; Compt. rend., 187, 1098-1101 - (1928)



- (14) P. Meunier; Bull. soc. chim. biol., 17, 548-560 (1935)
- (15) S. M. Henterson; Agr. Eng., 127-128 (1944)
- (16) K. S. Markley; Oil Hill Gaz., 51, No. 3, 16-21 (1946)
- (17) Hefter-Schönfeld; Chemie und Technologia der Fette und Fettprodukte. Vol. 1, 677-753, Springer, Berlin (1936)
- (18) O. K. Hildebrandt; Fette u. Seifen, 46, 350-352 (1939)
- (19) P. Smitz and J. Kuiper; Proc. SAC. (Soc. Anal. Chem.) - Conf., Nottingham, Engl. 43-57, discussion 57-8 (1965)
- (20) H. Wagner and P. Wolff; Fette. Seifen. Anstrichmittel, - 66, 425-9 (1964)
- (21) Matthesch and A. Dahle; Arch. Pharm., 249, 424-435, 436- - 444 (1911)
- (22) E. J. Jr. Muldrey, O. N. Miller and J. G. Hamilton; J. Lipid Research, 1, 48-52 (1959)
- (23) H. G. Bungenberg de Jong; Koninkl. Ned. Akad. Wetwenschap., - Proc. Ser. B 65, 144-53 (1962)
- (24) H. Wagner; Fette. Seifen. Anstrichmittel., 62, 1115-23 - (1960)
- (25) G. Reuser; Cerebral Sphingolopidoses, Symp. Tay-Sach's - Disease Allied Disorders, New York, N.Y. 1961, 215-35 - (Pub. 1962)
- (26) D. B. Menzel and H.S. Olcott; Biochim. Biophys. Acta., 84 (2), 133-9 (1964)

- (27) E. Fourcrey; Ann. Chim., 16, 282 (1793)
- (28) Vaukelin; IBID., 81, 37 (1812)
- (29) A. Strecker; Ann. Chem. Pharm., 123, 353 (1862)
- (30) A. Strecker; IBID., 148, 77 (1868)
- (31) C. Diaconov; Zentr. Med. Wissensch., No. 1, 2 (1868)
- (32) H. MacLean and I. S. MacLean; Lecithin and allied Substances, 2nd. Ed., Longmans, Green and Company, London (1937)
- (33) C. Ulpiani; Gazz. Chim. Ital., 31, 247 (1901)
- (34) E. B. Working and A. C. Andreus; Chem. Revs., 29, 245 - (1941)
- (35) S. O. Sorensen and G. F. Beal; U.S. PAT. 2 024,398 (Dec. - 17, 1935)
- (36) A. Schwieger; U.S. PAT. 1 892,588 (Dec. 27, 1932)
- (37) R. E. Greenfield; U.S. PAT. 2 339,164 (Jan. 11, 1944)
- (38) G. Jacini and G. de Zetti; Inds. Parfum et. Cosmet., 12, - 389-92 (1957)
- (39) L. Saunders and S. D. Hoyes; J. Phys. Chem., 68 (5), 1270- (1964)
- (40) K. M. Brobst and A. E. Staley; Manufacturing Company Deca-- tur I, 11 Analytical Chemistry 20, 939 (1948)
- (41) V. P. Skipski, R. F. Peterson and M. Barclay; J. Lipid Re-- search, 3, 467-70 (1962)
- (42) R. Sasaki and S. Koyama; Yushi Kagakov Kyokaishi, 3, 12-16 (1954)

- (43) F. R. Earle et all; J. Am. Oil Chemists Soc., 37, 254 -  
(1960)
- (44) D. J. Hennessy and R. J. Moshy; U.S. PAT. 2 952,694 -  
( Sept. 13, 1960)
- (45) P. V. Rzhekhin; Presbrazhenskaya Masloboine-Zhirovaya -  
Prom. 25, No. 7, 20-4 (1959)
- (46) B. H. Thurman; U.S. PAT. 2 970,910 (Feb. 7, 1961)
- (47) A. K. R. Mc.Dowell; J. Dairy Research, 25, 202-213 (1958)
- (48) A. A. Lesguis, U.A. Podkovantseva and V. F. Gladkaya; -  
Shornik Statei i Rabot Ukrain. Nauch-Issledovatel. Inst. -  
Maslozhir. Prom. 1965-1967, No. 2, 47-51 (Pub. 1958)
- (49) L. Adler and Y. Pomeranz; J. Sci. Food. Agr., 10, 449 -  
(1959)
- (50) T. Bite et all; Kogyo Kagaku Zasshi, 59, 1443 (1956)
- (51) H. Crooks; Am. Perfumer. Aromat., 75, No. 12, 39-41 -  
(1960)
- (52) A. Jr. Lindquist; Ceram. Ind., 69, No. 3, 137, 144-6, 148-  
150 (1967)
- (53) R. S. Burnett; Soybean protein food products. Soybean and  
Soybean Products. K. S. Markley; Vol. 11, Cap. XXIII, -  
p. 949, Interscience Pub., New York (1951)
- (54) J. W. Hayward; Oil Meal for Livestock and Poultry. IBID.-  
p. 891

- (55) Anuario del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos  
Secretaria de Industria y Comercio. 1965-1969
- (56) W. W. Garner et all; J. Agr. Research, 3, 227-249 (1914)
- (57) V. Mehlenbacher; The analysis of fats and oils. p. 26, Ed.  
Garrard Press, Champing, Illinois (1960)
- (58) J. L. Hoskins; Elementary Practical Organic Chemistry. -  
A. I. Vogel; 3a. Ed., p.653, Longmans, London (1961)
- (59) A. I. Vogel; IBID., p. 652
- (60) V. Mehlenbacher; The analysis of fats and oils. p. 312, -  
Ed. Garrard Press, Champing, Illinois (1960)
- (61) V. Mehlenbacher; IBID., p. 294
- (62) O. J. Kelly et all; Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 18, (5), -  
319 (1946)
- (63) B. Wolf; IBID., 16 (2), 121 (1944)
- (64) O. B. Michelson; Analytical Chemistry, 29 (1), 60 (1957)
- (65) P. M. Saliman; IBID., 36 (1), 112 (1964)
- (66) V. Mehlenbacher; The analysis of fats and oils. p. 151, -  
Ed. Garrard Press, Champing, Illinois (1960)
- (67) D. W. Bolin and O. E. Stamberg; Analytical Edition, 16, -  
345 (1944)
- (68) P. A. König and C. R. Johnson; Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., -  
14 (2), 155 (1942)
- (69) Am. Oil. Chem. Soc.; J. Am. Oil Chemist's Soc., 24, 76 -  
(1947)

- (70) National Soybean Processors Association; Handbook of analytical methods for soybean and soybean products. National Soybean Processors associations. p.33-40, Chicago (1946)
- (71) J. Stanley; Production and utilization of lecithin. Soybean and Soybean Products. K. S. Markley; Vol. 11, p. 640-Interscience Pub., New York (1951)
- (72) G. L. Baker; J. Chromatog., 18 (1), 190-1 (1965)
- (73) H. G. Bungenberg de Jong; Koninkl. Ned. Akad. Wetwenschap., Proc. Ser. B 64, 445-57, 458-69 (1961)
- (74) H. G. Bungenberg de Jong and J. Th. Hoogeveen; IBID., 63, - 15-19 (1960)
- (75) G. de Zetti; Oli i minerali, grassi e saponi, colori e vernici; 36, 114-7 (1959)
- (76) K. S. Markley and W. H. Gloss; Soybean Chemistry and Technology. p. 54, Chemical Pub. Co., New York (1944)
- (77) M. E. Jefferson; Physical Properties of Soybean Oil. Soybean and Soybean Products. K. S. Markley; Vol. 1, Chap. - VII, p. 249, Interscience Pub., New York (1951)
- (78) W. J. Morse; Chemical Composition of Soybean Seed. IBID., p. 139
- (79) B. F. Daubert; Chemical Composition of Soybean Oil. IBID. p. 161
- (80) F. G. Dolllear et all; Oil and Soap, 17, 120-121 (1940)

- (81) W. J. Morse; Chemical Composition of Soybean Seed. Soy- -  
bean and Soybean Products. K. S. Markley; Vol. I, Chap.  
IV, p.148, Interscience Pub. New York (1951)