

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA



ESTUDIO DE LA COMPOSICION QUIMICA DE LA
GRASA DE 10 SEMILLAS SILVESTRES

FLORA LILIA GARZA FERNANDEZ

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

1 9 7 9



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.

AB. TESIS 1979
AGE. M.T. 141
FECHA _____
PROC. _____
S. _____



1979

JURADO ASIGNADO

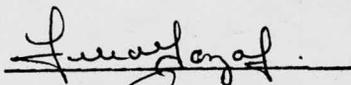
| | |
|---------------|-----------------------------------|
| PRESIDENTE | Profa. Ninfa Guerrero de Callejas |
| VOCAL | Prof. Enrique García Galeano |
| SECRETARIO | Profa. Angela Sotelo López |
| 1er. SUPLENTE | Prof. Arturo Pérez Alonso |
| 2do. SUPLENTE | Prof. Miguel Hernández Infante |

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA

División de Estudios Superiores, Facultad de Química
de la Universidad Nacional Autónoma de México.

SUSTENTANTE

Flora Lilia Garza Fernández



ASESOR

M. en C. Angela Sotelo López



Quiero hacer patente mi agradecimiento, a quienes en alguna forma colaboraron en la realización de este trabajo; especialmente a la Organización de Estados Americanos por su patrocinio, a la Profa. Angela Sotelo por su dirección, a mi esposo y mis padres por su estímulo.

C O N T E N I D O

| | Pag. |
|--|------|
| INTRODUCCION..... | 1 |
| I.- GENERALIDADES..... | 2 |
| A) Propiedades Físicas , Químicas y Nutricio- nales de los Lípidos..... | 2 |
| B) Distribución de las Grasas en la Naturale- za..... | 6 |
| C) Acidos Grasos Esenciales y su Localización en la Naturaleza..... | 9 |
| D) Métodos para Analizar Grasas y Acidos Gra- sos..... | 12 |
| II.- PARTE EXPERIMENTAL..... | 24 |
| A) Material..... | 24 |
| B) Métodos..... | 27 |
| B.1 Obtención de la Grasa..... | 27 |
| B.2 Índice de Yodo..... | 27 |
| B.3 Índice de Saponificación..... | 29 |
| B.4 Punto de Fusión..... | 31 |
| B.5 Análisis de Acidos Grasos..... | 32 |
| III.- RESULTADOS Y DISCUSION..... | 35 |
| IV.- CONCLUSIONES..... | 51 |
| V.- BIBLIOGRAFIA..... | 53 |

INTRODUCCION

Como una posible solución para el problema del alto índice de desnutrición que existe en México, está aumentar la cantidad y la calidad de los alimentos disponibles. Esto ha dado origen a un proyecto de la Organización de Estados Americanos (OEA), denominado "Investigación Química de Nuevas Fuentes de Alimentos", en el que se han estudiado aproximadamente 90 semillas y frutos silvestres distribuidos en la República Mexicana y de cuya composición poco o nada se conocía.

En los análisis bromatológicos de las muestras, se han encontrado algunas con alto contenido de grasa, por lo que resulta interesante hacer el análisis de éstas para su posible uso como alimento o para aplicación industrial.

El objetivo de este trabajo, es investigar el tipo de grasa que se encuentra en aquellas semillas que muestran alto contenido y en especial, saber si en dichas grasas hay abundancia de ácidos grasos poliinsaturados, que tienen importancia desde el punto de vista nutricional.

C A P I T U L O I

GENERALIDADES

A) PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y NUTRICIONALES DE LOS LIPIDOS.

Los lípidos son compuestos orgánicos cuya función en el organismo es principalmente energética. Proporcionan aproximadamente 8.5 Calorías por gramo. La quinta parte de la energía diaria que necesita el organismo debe ser proporcionada por estos compuestos.

Además de su función energética, los lípidos proveen al organismo de vitaminas solubles en éstos, (vitaminas A, D, E y K) y de ácidos grasos poliinsaturados, ambos indispensables para su buen funcionamiento. Forman también tejidos de reserva (adiposos), que protegen a ciertos órganos contra traumatismos y como aislantes del calor, ayudan al mantenimiento de la temperatura corporal (1).

Los lípidos están constituidos por ácidos grasos, formados por cadenas rectas de número par de carbonos, (excepto el ácido isovaleriánico ramificado y de número impar). Las características de estos ácidos, definen propiedades de los lípidos como son: ser untuosos al tacto, más ligeros que el agua e insolubles en ésta, solubles en solventes orgánicos y malos conductores del calor y la electricidad (1,2).

Los ácidos grasos pueden tener puntos de insaturación dentro de sus moléculas, debido a la ausencia de átomos de hidrógeno en dichos puntos. Cuando predominan

los ácidos grasos insaturados en la composición de los lípidos, éstos son generalmente líquidos a temperatura ambiente y se denominan "aceites". Cuando la proporción de ácidos grasos saturados es mayor, los lípidos son generalmente sólidos y se denominan "grasas", las cuales pueden ser duras (sebos) o blandas (mantecas)(3). Muchas veces los términos "lípidos" y "grasas" se usan indistintamente.

Los ácidos grasos se encuentran comúnmente esterificados con moléculas de glicerina formando "glicéridos", que constituyen más del 95% de los lípidos. El resto está formado por "lípidos complejos", "lípidos derivados" y "lipoides" o sustancias asociadas. Las ceras son ésteres de ácidos grasos con alcoholes diferentes al glicerol (1).

Glicéridos.- Pueden ser monoglicéridos, diglicéridos o triglicéridos, si están respectivamente uno, dos o tres de los grupos oxhidrilo de la glicerina esterificados con ácidos grasos. Los triglicéridos son los más abundantes y representan la típica molécula de grasa. Un lípido no tiene un solo tipo de triglicéridos sino una mezcla de éstos, que difieren en la longitud de la cadena y el grado de insaturación de los ácidos grasos esterificados. En la TABLA I, se encuentran los nombres y las fórmulas de los ácidos grasos que se encuentran comúnmente en los aceites y las grasas comestibles.

Lípidos complejos.- Tienen además de glicerina y ácidos grasos, otros compuestos como ácido fosfórico, bases nitrogenadas y carbohidratos. Los más importantes desde el punto de vista nutricional son los fosfolípidos: lecitina y cefalina.

Lípidos derivados.- Son productos de la hidrólisis de los dos grupos anteriores: ácidos grasos libres , glicerina , aldehidos grasos, etc.

Lipoides.- Tienen propiedades físicas semejantes a las de los lípidos, pero las propiedades químicas difieren pues carecen de ácidos grasos. Son pigmentos, vitaminas liposolubles, esteroides, etc.

Entre las propiedades químicas de los lípidos está el combinarse con álcalis para formar jabones (saponificación); la capacidad de fijar halógenos , (principalmente yodo) en los puntos de insaturación; la hidrogenación, es decir, la introducción de átomos de hidrógeno en los puntos de insaturación, (esta propiedad se utiliza para convertir aceites en grasas) y el enranciamiento , que son transformaciones de los glicéridos y ácidos grasos que modifican las propiedades organolépticas de los lípidos (3).

TABLA I

Acidos grasos que se encuentran en la composición de los principales aceites y grasas comestibles.

| nombre | símbolo | fórmula |
|---------------------|-------------------|---|
| saturados: | | |
| butírico | C ₄ | CH ₃ -(CH ₂) ₂ -COOH |
| caproico | C ₆ | CH ₃ -(CH ₂) ₄ -COOH |
| caprílico | C ₈ | CH ₃ -(CH ₂) ₆ -COOH |
| cáprico | C ₁₀ | CH ₃ -(CH ₂) ₈ -COOH |
| láurico | C ₁₂ | CH ₃ -(CH ₂) ₁₀ -COOH |
| mirístico | C ₁₄ | CH ₃ -(CH ₂) ₁₂ -COOH |
| palmítico | C ₁₆ | CH ₃ -(CH ₂) ₁₄ -COOH |
| esteárico | C ₁₈ | CH ₃ -(CH ₂) ₁₆ -COOH |
| araquídico | C ₂₀ | CH ₃ -(CH ₂) ₁₈ -COOH |
| behénico | C ₂₂ | CH ₃ -(CH ₂) ₂₀ -COOH |
| insaturados: | | |
| palmitoleico | C _{16:1} | CH ₃ (CH ₂) ₅ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH |
| oleico | C _{18:1} | CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH |
| linoleico | C _{18:2} | CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH |
| linoléico | C _{18:3} | CH ₃ (CH ₂ CH=CH) ₃ (CH ₂) ₇ COOH |
| araquidónico | C _{20:4} | CH ₃ (CH ₂) ₄ (CH=CHCH ₂) ₄ (CH ₂) ₂ COOH |

B) DISTRIBUCION DE LAS GRASAS EN LA NATURALEZA.

Las grasas se encuentran principalmente como materia nutritiva de reserva en los organismos animales y vegetales.

Las grasas vegetales se encuentran en órganos de almacenamiento como son las semillas, las de alto contenido se denominan "semillas oleaginosas" como el maíz y el a jonjolí. En ocasiones las grasas se encuentran en la frac ción car no sa del fruto, como en las aceitunas y el aguacate, o en el germen como en el maíz y el arroz. Estas grasas son generalmente líquidas a temperatura ambiente (aceites), ya que en su composición abundan ácidos grasos insaturados (TABLA II) y provienen de transformaciones in tram ole cu la res de los glúcidos que se producen durante el fenómeno fotosintético(4).

En los animales las grasas son sólidas (sebos y mantecas), por la gran proporción de ácidos grasos saturados que entran en su composición (TABLA III). Se encuentran principalmente en los tejidos adiposos, cuya distribución es característica en cada especie animal.

Los ácidos grasos saturados de menos de 12 carbonos, se encuentran casi exclusivamente en grasas animales(3).

TABLA II
Composición de algunos aceites y grasas vegetales (%) (2).

| | C8 | C10 | C12 | C14 | C16 | C18 | C20 | C22 | C24 | C16:1 | C18:1 | C18:2 | C18:3 | insaturados |
|-----------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------------|
| girasol | | | | | 8 | 5 | | | | | 21 | 66 | | 87 |
| maíz | | | | | 13 | 4 | | | | | 29 | 54 | | 83 |
| oliva | | | | | 13 | 2 | | | | 1 | 75 | 9 | | 85 |
| soya | | | | | 12 | 2 | | | | | 24 | 54 | 8 | 86 |
| algodón | | | | 1 | 24 | 3 | | | | 1 | 18 | 53 | | 72 |
| maní | | | | | 6 | 5 | 2 | 3 | 1 | | 61 | 22 | | 83 |
| cacao | | | | | 24 | 35 | | | | | 39 | 2 | | 41 |
| ajonjolif | | | | | 10 | 5 | | | | | 40 | 43 | 2 | 85 |
| cártamo | | | | | 8 | 3 | | | | | 13 | 74 | 1 | 88 |
| coco | 6 | 6 | 44 | 18 | 11 | 6 | | | | | 7 | 2 | | 9 |

TABLA III

Composición de algunas grasas de origen animal (%).

| | C4 | C6 | C8 | C10 | C12 | C14 | C16 | C18 | C18:1 | C18:2 | C18:3 | otros | insaturados |
|---------------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------------|
| mantequilla(2) | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 10 | 26 | 15 | 29 | 2 | 2 | | 33 |
| manteca de cerdo(2) | | | | | | | 25 | 13 | 47 | 12 | | 2 | 62 |
| grasa de cordero(3) | | | | | | 4 | 25 | 31 | 36 | 4 | | | 40 |
| sebo de res(2) | | | | | | 3 | 28 | 23 | 40 | 2 | | 3 | 45 |
| gallina(9) | | | | | | | 24 | 7 | 38 | 20 | 2 | 4 | 64 |
| tocino(9) | | | | | | | 21 | 9 | 48 | 9 | tz | 6 | 63 |
| leche de vaca(9) | | | | | | | 25 | 12 | 33 | 3 | 1 | 2 | 39 |

C) ACIDOS GRASOS ESENCIALES Y SU LOCALIZACION EN LA NATURALEZA.

Hay algunos ácidos grasos poliinsaturados que no pueden ser sintetizados por ratas y mamíferos superiores, por lo tanto son llamados "esenciales". Esto fue demostrado por primera vez por Burr y Burr (5), quienes encontraron que ratas, a las que se les daba una dieta libre de grasas, desarrollaban una dermatitis típica.

Los síntomas que se desarrollan en ratas recién destetadas, con dietas libres de grasa son: escamocidad en patas, nariz y cola, pérdida de pelo, adelgazamiento, disminución del crecimiento y de la capacidad reproductora, aumento de la velocidad metabólica y muerte a edad temprana(6). A los anteriores se suman síntomas reconocidos recientemente como son: disminución en la biosíntesis de prostaglandinas, disminución de la contractibilidad del miocardio, agregación trombocítica anormal e inflamación de las mitocondrias del hígado (7).

Todos los síntomas anteriores son curados, cuando se administran los ácidos grasos linoleico (C₁₈:2), linolénico (C₁₈:3) y araquidónico (C₂₀:4) y por tanto, representan los ácidos grasos esenciales. Sin embargo, el ácido linolénico únicamente tiene el efecto de promover el crecimiento, cuando se proporciona a los animales con deficiencia en ácidos grasos esenciales; por consiguiente, su esencialidad en ratas bajo cualquier condición queda en controversia(8). Por otra parte, el ácido araquidónico es esencial fisiológicamente, pero no en el sentido estricto de que debe ser proporcionado en la dieta, ya que es libe

rado por síntesis en vivo a partir del ácido linoleico , el que además está ampliamente distribuido en las grasas comestibles. Esto hace que el ácido linoleico sea el ácido graso esencial por excelencia (10).

En niños se manifiestan síntomas similares a los de deficiencia de ácidos grasos esenciales, cuando el ácido linoleico es ingerido en menos del 0.1% de la ración calórica total. Cuando se proporciona en \pm 1%, no aparecen las manifestaciones cutáneas y las velocidades de crecimiento son tan rápidas como aquéllas de infantes que reciben alta ingestión del ácido. Actualmente se acepta que el requerimiento diario de ácidos grasos poliinsaturados, para una persona en desarrollo, equivale aproximadamente al 2% de la ración calórica general (5 a 10 gramos)(9,11).

Los estudios sobre deficiencia de ácidos grasos esenciales en humanos, se han realizado casi exclusivamente con niños. Sin embargo, el uso de alimentación intravenosa empleando infusiones libres de grasa a largo plazo , que se está extendiendo rápidamente, ha permitido observar que aparecen cambios en adultos sanos con este tipo de alimentación, muy similares a los de deficiencia de ácidos grasos esenciales en animales y niños(10).

Existe también la teoría de que los ácidos grasos poliinsaturados, son necesarios para mantener la integridad de las membranas de las células y de sus organelos. Esto es debido a que los ácidos, que resultan del metabolismo de los ácidos linoleico y linolénico, se encuentran casi exclusivamente formando parte de las estructuras de los glicerofosfátidos(10).

Por último, se ha relacionado también a este tipo de ácidos en la dieta, con el nivel de colesterol sanguíneo. Se ha observado que cuando los ácidos grasos poliinsaturados están en una proporción alta en las grasas, pueden bajar el nivel de colesterol en la sangre con ciertas condiciones dietéticas (6). Esta relación ha interesado, principalmente en el estudio de la arterosclerosis.

Las fuentes de los ácidos grasos poliinsaturados son básicamente los aceites vegetales. Hay también cantidades significativas de éstos en aceites de peces, aunque es bajo el contenido de ácido linoleico(11).

En especial, son buenas fuentes del ácido linoleico, los aceites de granos y semillas, las grasas de las nueces y las grasas de las aves (2,8).

D) METODOS PARA ANALIZAR GRASAS Y ACIDOS GRASOS.

Las grasas, siendo de origen natural, presentan variaciones cualitativas y cuantitativas en su composición, que dependen principalmente de la especie animal o vegetal de la que provienen. Si las grasas provienen de una misma especie, el medio ambiente del lugar de origen puede influir también en la composición.

La influencia del medio ambiente se ha podido observar por ejemplo, en los análisis de las grasas de plantas de una misma especie de diferente procedencia geográfica. Las grasas de plantas cultivadas en climas fríos, tienen generalmente un mayor contenido de ácidos grasos insaturados que aquéllas que provienen de plantas cultivadas en climas cálidos (3,12).

Por último, en grasas de plantas de la misma especie y procedencia geográfica, puede haber incluso una variación en la composición de acuerdo al grado de maduración de las semillas(12).

Los métodos tradicionales para estudiar la composición de las grasas, se basan en la medida de algunas propiedades generales de éstas, que se derivan de dicha composición, pero no indican cuáles son los ácidos grasos ni en que proporción se encuentran presentes. En la tecnología actual, se cuenta con métodos de análisis instrumental que, de una manera rápida, reproducible y precisa, permiten el conocimiento de los tipos y cantidades de ácidos grasos que entran en la composición de las grasas, en especial la cromatografía de gases.

El análisis cromatográfico puede sustituir a muchas

de las pruebas tradicionales, no obstante para poder comparar las grasas de estudio con las grasas comestibles comunes, aún es necesario realizar algunas de estas pruebas, ya que siguen siendo la base de las especificaciones para grasas y aceites en México(12).

PRUEBAS FISICAS.

Las pruebas físicas se relacionan principalmente con la consistencia de las grasas bajo diversas condiciones de temperatura. La determinación del punto de fusión, es la que se reporta comúnmente en los análisis de grasas.

Punto de fusión.- Es la temperatura a la cual la grasa solidificada bajo condiciones establecidas, pierde su turbidez por derretimiento(4).

El hecho de que se hayan establecido las condiciones de solidificación, tiene por objeto obtener resultados reproducibles, ya que al fundirse la grasa, los ácidos grasos unidos a la glicerina pueden intercambiarse y al solidificar dar un isómero con propiedades diferentes (4).

El punto de fusión de los ácidos grasos, está en relación con el tamaño de las cadenas y el grado de insaturación de éstas. Mientras más larga es la cadena, más elevado es el punto de fusión y baja al aumentar el grado de insaturación. Estas características las comparten los glicéridos que los contienen(1). Ahora bien, puesto que las grasas son principalmente mezclas de glicéridos diferentes, cada uno con un punto de fusión definido, al fundirse se observa un reblandecimiento paulatino a medida que aumenta la temperatura y no muestran un punto de fusión muy preciso(2).

Existe una relación entre el punto de fusión de las grasas y su digestibilidad. Son menos digeribles aquéllas que contienen ácidos grasos saturados de cadena larga y por consiguiente, punto de fusión alto. De este modo, se ha establecido un punto de fusión máximo de 43°C (4), como límite para grasas comestibles.

En la tecnología de alimentos, los puntos de fusión se relacionan con propiedades funcionales de las grasas. Por ejemplo, se prefieren grasas de punto de fusión bajo en chocolates que deben derretirse fácilmente en la boca, en tanto que, en productos horneados, funcionan mejor las grasas de punto de fusión alto que no tienden a escurrir, permaneciendo dispersas dentro del producto después del horneado. En muchos casos, las exigencias se alcanzan mediante la mezcla de grasas de diferentes puntos de fusión o alterando éstos con técnicas como la hidrogenación(2).

En la TABLA IV se encuentran puntos de fusión reportados para algunas grasas comestibles comunes.

TABLA IV

Puntos de fusión de algunas grasas comestibles.

| | punto de fusión |
|---------------------|-----------------|
| maíz(2) | -15.6 |
| mantequilla(4) | 28-37 |
| cacao(4) | 29-35 |
| coco(4) | 22-28 |
| sebo de res(2) | 48 |
| palma(fruto)(2) | 39.5 |
| palma(semilla)(2) | 29 |
| manteca de cerdo(2) | 44.5 |

PRUEBAS QUIMICAS.

Las reacciones químicas que se utilizan para los análisis de grasas y aceites, se pueden agrupar de acuerdo a sus finalidades en:

- a) reacciones para proporcionar información de la composición.
- b) reacciones específicas de reconocimiento para grasas de composición conocida.
- c) reacciones para medir el grado de deterioro o estabilidad bajo diversas condiciones.

Ya que el objetivo de este trabajo es el estudio de grasas de las que poco o nada se conoce, las reacciones importantes son las del primer grupo y comprenden principalmente la halogenación y la saponificación. La primera se reporta como índice de yodo y la segunda como índice de saponificación.

Índice de Yodo.- Es una forma de expresar el grado de insaturación de las grasas. Este se refiere a los gramos de yodo que pueden fijar bajo ciertas condiciones, 100 gramos de muestra. Puesto que el yodo se fija en los puntos de insaturación, mientras más insaturaciones tenga la grasa mayor es el índice(2).

Para la halogenación, se usan agentes como el monobromuro de yodo (método de Hanus) y el monocloruro de yodo (método de Wijs), que reaccionan con más facilidad que el yodo solo. La reacción debe efectuarse en la obscuridad, para evitar sustituciones de hidrógenos por halógenos que son catalizadas por la luz y que alterarían los resultados(4).

Tanto en el método de Hanus como el método de Wijs, se valora el yodo que no reaccionó con una solución de tiosulfato. En el primero, el número de mililitros de la solución que se gastan en un blanco, menos el número de mililitros gastados con la muestra, dan el tiosulfato equivalente al yodo absorbido por la grasa. Traduciendo lo anterior a porcentaje en peso, se obtiene el índice de yodo(13).

La determinación del índice de yodo de las grasas, sirve para clasificarlas por su secantividad (propiedad de oxidarse y polimerizarse con mayor o menor facilidad cuando están expuestas al aire), ya que esta propiedad se relaciona también con el grado de insaturación(4):

Grasas no secantes.- Índices de yodo bajos (generalmente menores de 80). Tienen pocas insaturaciones, por lo que son en su mayoría sólidas a temperatura ambiente. Se consideran no comestibles, excepto los aceites de olivo, almendras y ricino y algunas mantecas vegetales. En capas delgadas expuestas al aire, conservan su color natural.

Grasas semisecantes.- Sus índices de yodo están entre 80 y 125 aproximadamente. En este grupo se encuentran casi todas las grasas comestibles. En capas delgadas expuestas al aire, su color cambia a naranja o pardo.

Grasas secantes.- Sus índices de yodo son altos (mayores de 125). Tienen muchas insaturaciones, por lo que son generalmente líquidas a temperatura ambiente. En capas delgadas expuestas al aire, se oxidan y polimerizan, formándose una película seca, dura y resistente en su superfi-

cie y cambiando su color a pardo o negro. Se emplean con fines industriales: como base en la preparación de pinturas y barnices, en la manufactura de linóleos, etc. Como ejemplos se pueden citar el aceite de linaza y el de caña mo.

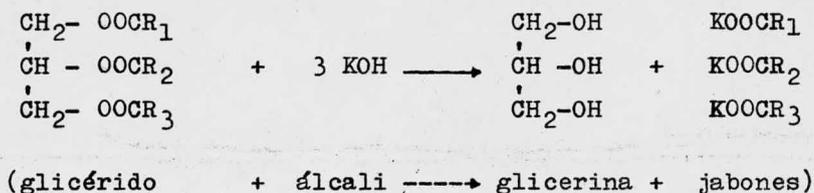
En la TABLA V se encuentran los índices de yodo de algunas grasas y aceites comestibles.

TABLA V
Índices de yodo de grasas y
aceites comestibles.

| | Índice de Yodo |
|--------------------|----------------|
| girasol(4) | 119 - 136 |
| maíz(4) | 111 - 131 |
| oliva(4) | 78 - 90 |
| soya(4) | 119 - 137 |
| algodón(4) | 101 - 117 |
| maní(4) | 83 - 103 |
| cacao(4) | 33 - 46 |
| ajonjolí(3) | 103 - 116 |
| cártamo(2) | 146 |
| coco(4) | 8 - 15 |
| mantequilla(4) | 48 - 70 |
| mantequilla(4) | 26 - 46 |
| hígado de peces(4) | 145 - 182 |
| sebo de res(3) | 32 - 47 |
| gallina(3) | 80 |

Índice de Saponificación.- Se relaciona con el peso molecular promedio de los ácidos grasos presentes en las grasas(2).

La reacción de saponificación consiste en hidrolizar los glicéridos con álcalis, para liberar los ácidos grasos en forma de sales metálicas(jabones):



Para saponificar totalmente pesos iguales de grasas, se requieren cantidades del álcali que varían de acuerdo al número de ácidos grasos contenidos. Mientras mayor sea el número, mayor será la cantidad de álcali necesaria para la saponificación y viceversa. Por otra parte, tratándose de pesos iguales de grasas, si el número de los ácidos grasos es alto, el peso molecular promedio de éstos debe ser bajo. En conclusión, la cantidad de álcali que requiere un lípido para su total saponificación, varía en relación inversa al peso molecular promedio de sus ácidos grasos(2).

La cantidad de álcali se puede determinar neutralizando el exceso de éste después de la reacción, con una solución equivalente de ácido clorhídrico y restando los mililitros de ácido gastados a los requeridos por un blanco. Utilizando hidróxido de potasio y calculando en miligramos necesarios para saponificar un gramo de grasa, se

obtiene el índice de saponificación(13).

En la tecnología de alimentos, los índices de saponificación de las grasas proporcionan información de propiedades de éstas, como dureza, sabor y olor; en las que influye el peso molecular promedio de sus ácidos grasos (2).

En la TABLA VI, se encuentran algunos índices de saponificación de grasas y aceites comestibles.

TABLA VI

Indices de saponificación de algunos aceites y grasas comestibles(4).

| | Índice de Saponificación |
|------------------|--------------------------|
| girasol | 186 - 194 |
| maíz | 187 - 193 |
| oliva | 187 - 196 |
| soya | 182 - 195 |
| algodón | 189 - 198 |
| maní | 185 - 197 |
| cacao | 190 - 200 |
| coco | 246 - 262 |
| | |
| manteca de cerdo | 192 - 200 |
| mantequilla | 219 - 233 |
| hígado de peces | 171 - 197 |

Para poder relacionar los índices de saponificación y de yodo con la digestibilidad de una grasa, es conveniente analizarlos en forma conjunta, ya que para que una grasa se absorba con mayor o menor facilidad, influye tanto el tamaño el tamaño de las cadenas de los ácidos gra-

sos como el grado de insaturación en éstas. Por ejemplo : el aceite de oliva por tener un índice de yodo bajo (pocas insaturaciones), está dentro del grupo de las grasas no secantes que en general son de calidad poco comestible, pero tiene un índice de saponificación alto (las cadenas de sus ácidos son cortas o medias), con lo que se facilita su absorción. Por otra parte, el aceite de soya es de buena digestibilidad, por tener los dos índices relativamente altos.

CROMATOGRAFIA DE GASES.

El arma más valiosa con la que se cuenta actualmente para el estudio de los lípidos, es el cromatógrafo de gases. El método cromatográfico permite conocer cuáles son los ácidos grasos y en que proporción se encuentran en las muestras.

Las ventajas de este tipo de análisis, a diferencia de otros métodos usados para analizar individualmente a los ácidos grasos, se pueden resumir en los siguientes puntos:

- . Rapidez.- El tiempo máximo para un análisis completo es de 30 minutos aproximadamente.
- . Sensibilidad.- Aún con los aparatos más simples se pueden detectar componentes en concentraciones del orden de 0.01%
- . Resolución.- Se pueden identificar ácidos grasos, que por tener propiedades muy semejantes, resulta imposible o casi imposible por otras técnicas.
- . Simplicidad.- Es muy sencilla la comprensión y la opera

ción de los cromatógrafos.

- . Preparación de las muestras.- La preparación consiste únicamente de una saponificación y una esterificación.
- . Cantidad de muestra.- Basta una cantidad muy pequeña para obtener un análisis completo.

Las ventajas citadas han hecho que la cromatografía de gases se esté convirtiendo en un método sistemático en el análisis de las grasas. Se le incluye ya dentro de los métodos oficiales de análisis de la Asociación de Química Agrícola Oficial (AOAC)(13) y de la Sociedad Americana de Química de las grasas (AOCS)(15). Indudablemente, pronto se incluirá también como base en normas oficiales para aceites y grasas en algunos países.

El método consiste en la separación de los componentes utilizando dos fases: una fase móvil y una fase estacionaria. La primera es un gas que arrastra la muestra sobre la segunda, que causa un retardamiento selectivo en la migración de los componentes. Los componentes separados pasan por un detector que emite una señal ante la presencia de cada uno. Esta señal es captada por un registrador, en donde es graficada en forma de "pico" con un área proporcional a la concentración del componente(14).

La precisión en los análisis cualitativo y cuantitativo, que se efectúan sobre el conjunto de trazos que se obtiene o "cromatograma", depende de la buena separación de los componentes y de los métodos con los que se lleven a cabo estas determinaciones. Para una buena separación, es necesario elegir el equipo y los materiales apropiados al tipo de muestra y establecer las condiciones óptimas de

trabajo(16).

Para el análisis cromatográfico de grasas hay diversos métodos, los cuales difieren en la forma de preparar las muestras o en el equipo y los materiales que se utilizan para la separación de los ácidos grasos.

En la forma de preparar las muestras, los métodos coinciden en la obtención de los ésteres metílicos de los ácidos grasos (con lo que se aumenta su volatibilidad), pero algunos difieren en el uso del agente esterificante. En estudios hechos al respecto (12,17,18), se ha encontrado que el uso de trifluoruro de boro - metanol, presenta más ventajas que otros reactivos utilizados para este fin, como son su estabilidad y la rapidez con la que reacciona.

En cuanto a los materiales y el equipo que se utilizan para la separación de los ésteres metílicos, se emplean generalmente columnas de acero inoxidable, con un empaque de dietilen glicol succinato y nitrógeno como gas acarreador (13,14,19,20).

Las condiciones de trabajo se establecen prácticamente de manera que se obtenga una buena resolución en los trazos en un tiempo razonable. Estas condiciones se refieren a las temperaturas en el inyector y en la columna y a los flujos de los gases que se utilicen.

La identificación de los ácidos se lleva a cabo calculando los tiempos de retención, es decir, los tiempos que transcurren del momento de la inyección de la muestra al cromatógrafo, hasta que los trazos alcanzan su altura máxima, y se comparan con los obtenidos con estándares en las mismas condiciones(14).

Finalmente, la proporción en la que se encuentran - los ácidos grasos, se obtiene calculando el área de cada trazo. La suma de las áreas de éstos en un cromatograma se considera el 100% y se calculan los porcentajes que corresponden a cada componente(12).

C A P I T U L O I I

PARTE EXPERIMENTAL

El desarrollo del trabajo experimental de este estudio, fue el siguiente:

- 1.- Selección del material vegetal de estudio de acuerdo a su contenido de grasa.
- 2.- Obtención de la grasa del material vegetal seleccionado.
- 3.- Determinación del Índice de Yodo.
- 4.- Determinación del Índice de Saponificación.
- 5.- Determinación del Punto de Fusión de muestras sólidas.
- 6.- Análisis cualitativo y cuantitativo de los ácidos grasos.

A) MATERIAL

Para este estudio se eligieron semillas de 10 variedades de plantas silvestres, recolectadas en diversas regiones de la República Mexicana e identificadas por botánicos especializados como se muestra en la TABLA VII , en donde se describen también algunas características de las semillas.

En la TABLA VIII, se encuentran los resultados de los análisis bromatológicos, que sirvieron como base para la elección de las semillas como muestras de estudio para este trabajo. Todas ellas presentan un contenido de grasa mayor de 13%.

TABLA VII
Semillas Seleccionadas.

| Nombre vulgar | Nombre científico | Familia | Origen | Características de las semillas |
|----------------------|----------------------------------|---------------------------|------------|---|
| — | <i>Callophyllum brasiliensis</i> | Guttíferas | Sinaloa | color café, ovaladas (1.25 x 3 cm.) |
| Ojo de águila* | <i>Caesalpinia crista</i> | Leguminosae | Oaxaca | color verde, redondas (2.5 cm. diam.) |
| Hule | <i>Castilla elastica</i> | Monaceae | Chiapas | color amarillo, redondas (2.5 cm. diam.) |
| Napahuite | <i>Triobilia hirta</i> | Melaceae | Chiapas | color naranja, aplanadas por un lado (7mm. diam) |
| Cedrillo | <i>Guarea excelsa</i> | Melaceae | Chiapas | color blanquecino con cubierta café, tamaño de piñones. |
| — | <i>Paullina costata</i> | | Chiapas | color negro, redondas (0.5 cm. diam.) |
| Zapotillo | <i>Guarea chichón</i> | Melaceae | Chiapas | color pardo, ovaladas (1 x 0.5 cm.) |
| Petaste | <i>Theobroma bicolor</i> | <u>Esterculia</u> ceae | Chiapas | semilla de fruto semejante al del cacao. |
| Castarrica | <i>Theobroma angustifolium</i> | <u>Esterculia</u> ceae | Chiapas | color café, redondas (2 cm. diam.) |
| Maguacata o Ebano | <i>Pithecellobium flexicaule</i> | Leguminosae | Tamaulipas | color pardo, redondas (1.5 cm. diam.) |

* otros nombres con los que se conoce son: cojón de gato, jabilla, guacolote y haba de San Antonio (21).

TABLA VIII

Composición de las semillas (g/100g)(*)

| semilla | Humedad | Cenizas | Proteína | Grasa | Fibra cruda | Carbohidratos |
|----------------|---------|---------|----------|-------|-------------|---------------|
| Callophylum b. | 4.78 | 1.38 | 3.93 | 17.02 | 5.01 | 67.88 |
| Ojo de águila | 3.93 | 5.10 | 23.53 | 23.46 | 4.68 | 39.30 |
| Hule | 9.87 | 2.87 | 12.81 | 30.47 | 13.03 | 30.95 |
| Napahuite | 4.47 | 2.53 | 14.00 | 49.21 | 24.38 | 5.41 |
| Cedrillo | 8.68 | 3.41 | 9.46 | 14.54 | 19.77 | 44.14 |
| Paullina c. | 6.79 | 2.81 | 15.48 | 40.47 | 37.64 | |
| Zapotillo | 9.06 | 3.43 | 8.16 | 15.86 | 33.30 | 30.19 |
| Patate | 5.33 | 3.95 | 19.25 | 34.23 | 23.16 | 13.88 |
| Castarrica | 3.19 | 4.46 | 10.48 | 46.02 | 21.70 | 14.15 |
| Maguacata | 8.29 | 3.16 | 28.93 | 13.71 | 13.45 | 30.46 |

(*) Datos obtenidos en el Laboratorio de Bromatología del Departamento de Química Farmacéutica y Productos Naturales. División de Estudios Superiores de la Facultad de Química, U.N.A.M.

B) METODOS

B.1 OBTENCION DE LA GRASA

La grasa se extrajo de la harina de las semillas, obtenida en un molino Cyclone Tecator de laboratorio.

FUNDAMENTO

Las grasas son solubles en éter etílico anhidro, El éter se calienta y se volatiliza, al contacto con una superficie fría se condensa y pasa a través de la muestra a rrastrando las sustancias solubles en éste(22).

MATERIAL

Cartuchos de celulosa

Vasos con borde esmerilado

Aparato de extracción Goldfish "Lab-Conco"

REACTIVOS

Eter etílico anhidro

TECNICA

Se llena el cartucho de celulosa con muestra seca y se coloca dentro de un tubo que se adapta al extractor. - En el vaso de borde esmerilado, se ponen 30 ml. de éter aproximadamente y se acopla al extractor con un anillo de rosca. Se deja funcionar el aparato durante 8 horas. Se evapora el disolvente del vaso. Si es necesario, se utiliza una corriente de nitrógeno para eliminar cualquier residuo de éter.

B.2 INDICE DE YODO

El índice de yodo se define como los gramos de yodo que pueden fijar en condiciones establecidas, 100 gramos

de grasa(2).

FUNDAMENTO

Al hacer reaccionar yodo con una grasa o aceite, éste se fija en los puntos de insaturación de los ácidos -- grasos presentes. La cantidad de yodo absorbida por las muestras varía entonces en relación directa al grado de insaturación de éstas(4).

MATERIAL

Matraz de Yodo de 300 ml.

Pipetas

Bureta

REACTIVOS

Cloroformo

Solución de Hanus (Sigma)

Solución de KI al 15%

Solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N

Solución de almidón

TECNICA

Se pesan exactamente alrededor de 0.25 gramos de grsa en el matraz de yodo y se disuelven en 10 ml. de cloroformo. Con pipeta volumétrica se agregan 25 ml. de la solución de Hanus, se tapa y se deja en la oscuridad 30 minutos agitando ocasionalmente. Al cabo de este tiempo, se añaden 10 ml. de la solución de KI, se agita vigorosamente y se agregan 100 ml. de agua recientemente hervida y fría, lavando el tapón para remover el yodo libre que se pueda encontrar en éste.

Se titula el yodo libre con la solución de tiosulfa-

to y casi al llegar al final, cuando la solución toma un color amarillo pálido, se agregan 2 ml. aproximadamente de la solución de almidón y se continúa titulando hasta que el color azul desaparece por completo. Se tapa el matraz y se agita enérgicamente para que cualquier residuo de yodo pueda ser tomado por el KI.

Se corre un blanco poniendo todas las sustancias menos la muestra.

El cálculo del porcentaje de yodo absorbido (índice de yodo), se efectúa con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de yodo absorbido} = \frac{(B - M) \times N \times 12.69}{P}$$

Donde:

B = mililitros de tiosulfato gastados en el blanco

M = mililitros de tiosulfato gastados en la muestra

N = normalidad del tiosulfato

P = peso exacto de la muestra.

B.3 INDICE DE SAPONIFICACION

El índice de saponificación se define como los miligramos de KOH requeridos para saponificar un gramo de grasa(13).

FUNDAMENTO

Los ácidos grasos reaccionan con un álcali formando jabones. Un gramo de grasa deberá tener más ácidos grasos si son de cadena corta o menos si son de cadena larga, -- por lo tanto, la cantidad de álcali necesaria para saponi

ficar la grasa, deberá ser mayor en el primer caso que en el segundo o bien, varía inversamente al peso molecular - promedio de sus ácidos grasos(2).

MATERIAL

Matraz de boca esmerilada de 100 ml.

Refrigerante

Bureta

Pipetas

Parrilla eléctrica

REACTIVOS

Solución de KOH alcohólica 0.5 N

Solución de HCl 0.5 N

Fenolftaleína

TECNICA

Se pesan en el matraz exactamente alrededor de 0.50 gramos de grasa, se añaden 10 ml. de la solución de KOH y se conecta al refrigerante dejando hervir a reflujo durante 30 minutos. Se enfría y se titula con el ácido utilizando fenolftaleína como indicador.

Al mismo tiempo se hace un blanco siguiendo el mismo procedimiento.

El índice de saponificación se calcula con la fórmula siguiente:

$$\text{mg KOH} / \text{g} = \frac{(B - M) \times N \times 56.1}{P}$$

Donde:

B = mililitros de ácido gastados en el blanco

M = mililitros de ácido gastados en el problema

N = Normalidad del ácido

P = Peso exacto de la muestra.

B.4 PUNTO DE FUSION

La determinación del punto de fusión para muestras sólidas se realizó por el método del capilar(13).

MATERIAL

Tubos capilares de 1 mm. de diámetro interno

Parrilla eléctrica

Vaso de precipitado de 600 ml.

Tubo de ensayo

Tapón de hule

Termómetro

TECNICA

Se introduce en el tubo capilar una pequeña porción de grasa filtrada y fundida. Se deja en refrigeración toda la noche (4 - 10°C, durante 16 horas aproximadamente). El capilar se adosa al termómetro en tal forma que el extremo inferior quede a nivel del bulbo de mercurio. Se introducen en el tubo de ensayo y éste a su vez en un baño de agua, quedando el capilar envuelto en una capa de aire. Se calienta lentamente de manera que cuando la temperatura está 8 a 10 grados abajo de la esperada, suba aproximadamente 0.5°C por minuto. Se toma como punto de fusión la temperatura a la cual la muestra se vuelve transparente.

La determinación se hace por triplicado, debiendo que dar los resultados en un rango no mayor de 0.5°C.

B.5 ANÁLISIS DE ACIDOS GRASOS

El análisis de los ácidos grasos se llevó a cabo por cromatografía de gases siguiendo los siguientes pasos:

- a) Esterificación de los ácidos grasos.
- b) Separación por cromatografía de los ésteres metílicos de los ácidos grasos.
- c) Identificación de los ácidos en los cromatogramas.
- d) Análisis cuantitativo de los ácidos grasos en los cromatogramas.

ESTERIFICACION

La esterificación de los ácidos grasos libres tiene por objeto aumentar su volatibilidad, con lo que las condiciones de operación no son tan severas y se aumenta la precisión de los análisis cualitativo y cuantitativo(12).

La obtención de los ésteres metílicos de los ácidos grasos, se hizo de acuerdo al método propuesto por Metcalfe y Schmitz (23), por la rapidez en la preparación y la simplicidad del material que se requiere.

MATERIAL

Parrilla eléctrica
Baño de agua
Matraz Erlenmeyer de 50 ml.
Embudo de separación de 100 ml.
Embudo de filtración rápida
Papel filtro Wathman No.1
Viales de 5 ml.

REACTIVOS

Solución metanólica de NaOH 0.5 N

Solución metanólica de BF_3 (10-14%) (Sigma USA)

Solución saturada de NaCl

Tetracloruro de carbono

Na_2SO_4 anhidro

TECNICA

Se pesan 150 mg. de muestra en el matraz Erlenmeyer y se agregan 4 ml. de la solución de NaOH. Se pone en baño de agua hasta que se disuelven las gotitas de grasa, - al enfriarse se añaden 5 ml. de la solución de $\text{BF}_3\text{-MeOH}$ y se hierve a reflujo durante 2 minutos. Cuando la solución está fría se añaden 20 ml. aproximadamente de la solución saturada de NaCl y se extraen los ésteres de los ácidos - grasos con tetracloruro de carbono, (4 ml. aproximadamente) en embudo de separación. La porción de los ésteres y el disolvente se colecta en un tubo de ensayo y se le agrega un poco de Na_2SO_4 anhidro, se agita y se deja en reposo hasta que la solución es perfectamente cristalina, se filtra y se recibe en un vial que se tapa y se guarda hasta ser utilizado.

En el método de Metcalfe y Schmitz la extracción de los ésteres se hace después de la adición de la solución de NaCl, sacando con una jeringa la capa de los ácidos -- que queda en la superficie, sin embargo la operación no es muy sencilla pues la capa resulta demasiado fina y se prefirió la extracción con un disolvente. Usando tetracloruro se obtienen además los ésteres metílicos ya listos para inyectarse al cromatógrafo.

El hecho de elegir tetracloruro de carbono, se debe también a que en los cromatogramas aparece rápidamente co

mo una sola fracción, lo que disminuye una posible interferencia con las fracciones de los ácidos de bajo peso molecular.

SEPARACION CROMATOGRAFICA

La separación cromatográfica de los ésteres metílicos, se llevó a cabo en un cromatógrafo Carle Mod. AGC-311, con el siguiente equipo y material:

Columna: De acero inoxidable, de 6 pies de longitud y 1/8 de pulgada de diámetro.

Jeringa: Hamilton 701-N de 10 microlitros.

Detector: Ionización de flama.

Registrador: Methrom Labograph E-478.

Gases: Nitrógeno como gas acarreador. Hidrógeno y aire para el detector de ionización de flama.

Las condiciones de operación fueron las siguientes:

Flujo de nitrógeno: Se utilizaron flujos de 40 y 60ml/min.

En los cromatogramas se indica el empleado para cada muestra.

Flujo de hidrógeno: 20ml/min

Flujo de aire: 300ml/min

Temperatura de la columna: 180 o 190°C , como se indica en cada cromatograma.

Temperatura del inyector: En el cromatógrafo utilizado se fija automáticamente en aproximadamente 20°C arriba de la temperatura de la columna.

Temperatura del detector: Se fija automáticamente en 13°C aproximadamente, arriba de la temperatura de la columna.

Velocidad de la carta: 2 mm/min

TECNICA

Se inyecta un microlitro de la solución de los ésteres metílicos al cromatógrafo, señalando en el papel graficador el momento de la inyección. La atenuación de la señal se va regulando de manera que los trazos queden dentro del papel. La primera inyección debe efectuarse a la mayor sensibilidad posible para detectar el mayor número de componentes. Para cada muestra se hicieron, en este estudio, 3 inyecciones de 2 extracciones diferentes.

IDENTIFICACION DE LOS ACIDOS GRASOS

La identificación de los ácidos grasos se hizo comparando sus tiempos de retención (tiempo que transcurre del momento de la inyección hasta que el pico alcanza su altura máxima), con los obtenidos con estándares en las mismas condiciones (12).

ANALISIS CUANTITATIVO DE LOS ACIDOS GRASOS

La determinación cuantitativa se llevó a cabo por el método de "triangulación", que consiste en obtener las áreas bajo los picos, semejando los trazos con triángulos. El área se obtiene multiplicando la altura por la base medida a la mitad de la altura (12).

La suma de las áreas de los picos en un cromatograma se considera el 100% y se calcula el porcentaje que corresponde a cada pico, que es proporcional a la concentración en la que se encuentra el componente.

El porcentaje promedio de cada ácido graso se obtuvo de los resultados determinados en 6 cromatogramas.

C A P I T U L O III

RESULTADOS Y DISCUSION

En la TABIA IX, se encuentran los resultados obtenidos en las determinaciones de los índices de yodo, de saponificación y de los puntos de fusión de los lípidos estudiados.

Analizando estos resultados se puede ver que en los índices de saponificación no hay gran variación, sólo pue de decirse que las grasas de las semillas de Paullina c. y Castarrica son las de menor índice, lo que puede interpre tarse como un mayor contenido de ácidos grasos de cadena larga.

En cuanto a los índices de yodo obtenidos, se encuen tra que la semilla de Ojo de águila muestra un valor alto, es decir, debe tener una gran proporción de ácidos grasos insaturados. También son relativamente altos los índices de las semillas de Maguacata, Zapotillo y Cedrillo. En la grasa de las semillas restantes los valores se pueden con siderar bajos, especialmente los de las semillas Paullina c., Castarrica y Pataste. En éstas últimas el grado de in saturación debe ser muy bajo.

Los índices de yodo pueden dar también una idea del posible uso de las grasas como alimento: índices menores de 80, corresponden generalmente a grasas no secantes que se consideran de calidad poco comestible; en el caso ante rior se encuentran las grasas de las semillas de Paullina, Castarrica y Pataste y muy cercanas al límite las de Napa huite, Hule Y Callophylum b. . Las semillas restantes tie

nen valores mayores de 80 y hasta 125 , que son los índices que se relacionan con las grasas semisecantes de calidad comestible.

Finalmente, los puntos de fusión determinados en muestras sólidas o con fracciones sólidas a temperatura ambiente, son semejantes a los de las mantecas vegetales y deben indicar también un alto contenido de ácidos grasos saturados. Unicamente en el caso de la semilla de Paullina, el punto es muy alto, por lo que se debe relacionar también con la presencia de ácidos grasos de cadena larga.

En la TABLA X, se encuentra la composición aproximada de las grasas, obtenida por cromatografía de gases.

Analizando en primer lugar el contenido total de ácidos grasos insaturados, se puede agrupar a los lípidos de estudio de la siguiente manera:

- Contenido bajo : Pataste, Castarrica, Callophylum y Hule.
- Contenido medio : Napahuite y Cedrillo.
- Contenido alto : Paullina, Zapotillo y Maguacata.
- Contenido muy alto: Ojo de águila.

Lo anterior está de acuerdo a los índices de yodo determinados, excepto en el caso de la grasa de la semilla de Paullina c., en la que el índice resulta bajo a pesar de que el análisis cromatográfico indica un contenido relativamente alto de ácidos grasos insaturados. Esto puede ser debido a una influencia en la halogenación de la posición de los dobles enlaces en el ácido linolénico (que se encuentra en gran proporción), ya que la adición de yodo

en un enlace puede dificultar la adición en los otros.

Analizando por otra parte el tamaño de las cadenas de los ácidos grasos, se observa que los más abundantes son los de 16 y 18 carbonos. En las grasas de las semillas de Castarrica y Paullina c., se encuentran además cantidades importantes de ácidos de cadena mayor, lo que explica también que tengan índices de saponificación bajos.

Comparando ahora los resultados de los lípidos de estudio con los datos de las grasas y aceites vegetales, que se utilizan comúnmente como alimento (TABLAS II, V y VI), se puede observar que la semilla de Ojo de Águila tiene una composición semejante a la de girasol, aunque la primera es un poco más rica en ácido linoleico, lo que debe ser la causa de que su índice de yodo sea ligeramente más alto.

Otras grasas que se pueden comparar, son las de la semilla de Pataste y la manteca de cacao. Estas presentan una composición muy similar en el contenido de los ácidos grasos insaturados oleico y linoleico, y sólo varían en la proporción en la que contienen los ácidos saturados palmítico y esteárico. En la semilla de Pataste el ácido esteárico se encuentra en una proporción mayor, lo que ocasiona seguramente que el índice de saponificación sea menor.

Las grasas de las semillas restantes tienen en general un contenido de ácidos grasos insaturados, menor al de los aceites vegetales comestibles y mayor al de las mantecas.

Por último, es interesante observar también el contenido del ácido esencial linoleico en los lípidos de estudio. Este ácido abunda en las semillas de Ojo de Águila,

Hule y Maguacata. Especialmente en la primera, está contenido en una proporción muy alta. En las grasas de Zapotillo y Cedrillo no es muy abundante, pero éstas tienen además una cantidad considerable de ácido linolénico, importante también nutricionalmente.

TABLA IX

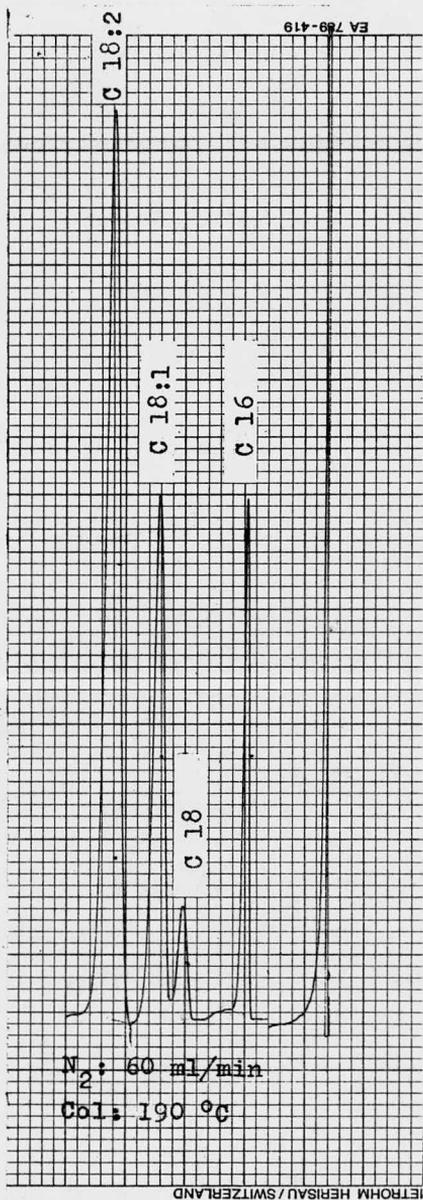
Resultados de las determinaciones de los índices de yodo y saponificación y de puntos de fusión.

| | Indice de yodo | Indice de saponid. | Punto de fusión |
|----------------|----------------|--------------------|-----------------|
| Ojo de águila | 125.17 | | |
| Pataste | 40.72 | 180.94 | 36 |
| Castarrica | 46.32 | 178.69 | 34 |
| Napahuite | 78.93 | 189.91 | 26 |
| Zapotillo | 95.82 | 190.11 | |
| Maguacata | 99.69 | 186.36 | |
| Hule | 78.54 | 188.93 | 28 |
| Callophylum b. | 77.52 | 190.43 | 27 |
| Cedrillo | 88.59 | 187.29 | 25.5 |
| Paullina c. | 66.47 | 177.34 | 55.5 |

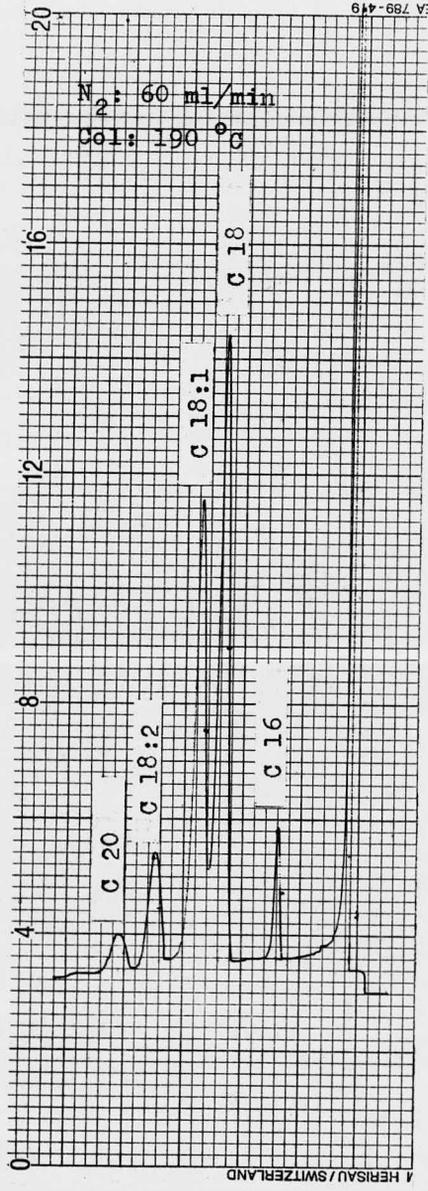
TABLA X
Composición química de las grasas estudiadas(%).

| | C14 | C16 | C18 | C20 | C22 | C18:1 | C18:2 | C18:3 | N.I. * | Insaturados |
|----------------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------|-------------|
| Ojo de águila | | 8.06 | 3.08 | | | 17.38 | 71.48 | | | 88.86 |
| Patate | | 6.11 | 50.44 | 1.26 | | 39.38 | 2.81 | | | 42.19 |
| Castarrica | | 5.00 | 25.00 | 11.29 | 3.91 | 49.67 | 5.13 | | | 54.80 |
| Napahuite | 0.25 | 25.72 | 9.54 | | | 43.13 | 18.79 | 1.94 | 0.63 | 64.49 |
| Zapotillo | | 18.04 | 10.43 | | | 36.73 | 28.93 | 5.86 | | 71.53 |
| Maguacata | | 15.34 | 9.29 | 1.38 | 1.03 | 32.60 | 39.97 | | 0.39 | 72.96 |
| Hule | | 39.77 | 1.42 | | | 16.78 | 41.69 | 0.34 | | 58.81 |
| Callophylum b. | | 36.24 | 8.32 | | | 48.58 | 6.07 | 0.79 | | 55.44 |
| Cedrilla | | 26.13 | 6.79 | 1.43 | | 42.11 | 12.85 | 6.97 | 3.72 | 65.47 |
| Paullina c. | 0.70 | 2.55 | 2.45 | 18.37 | 0.96 | 24.59 | 2.23 | 45.64 | 2.51 | 73.64 |

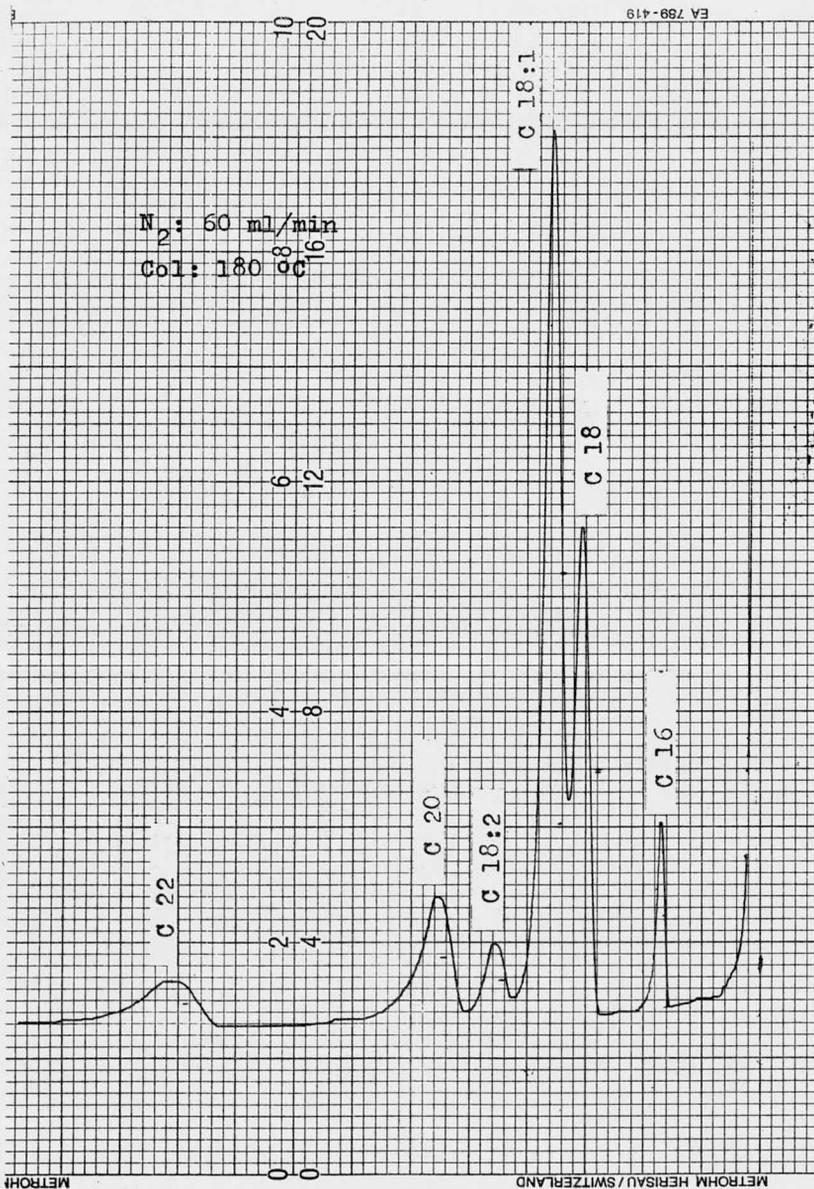
(*) No Identificados



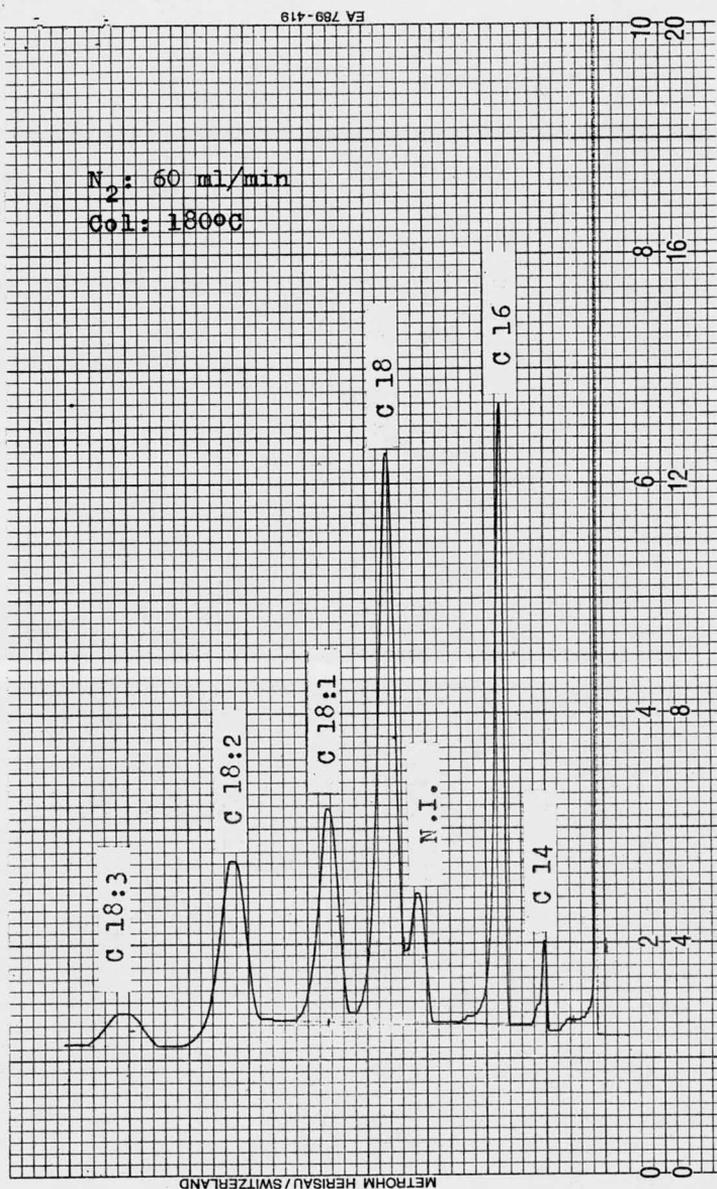
OJO DE AGUILA



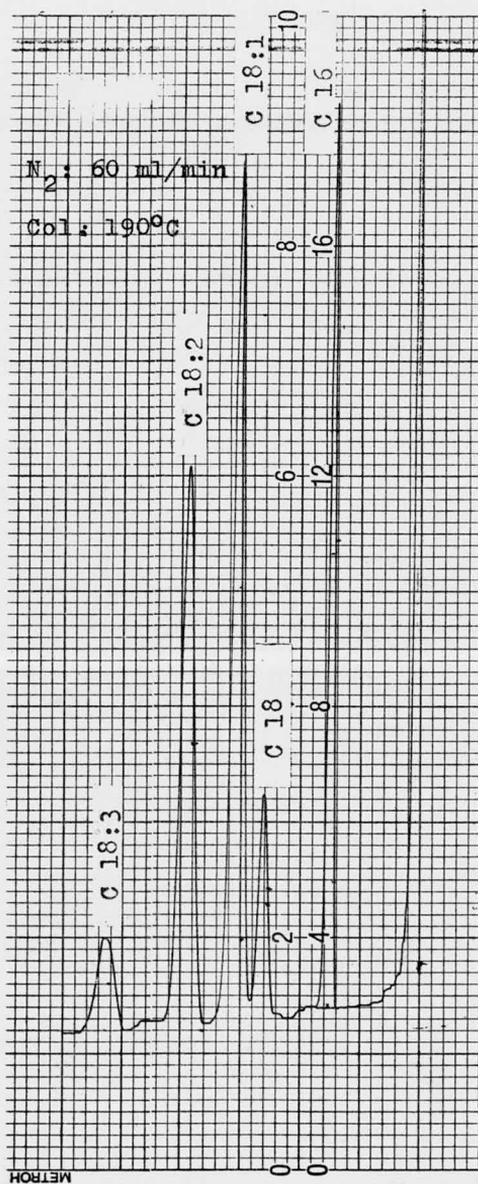
PA TASTE



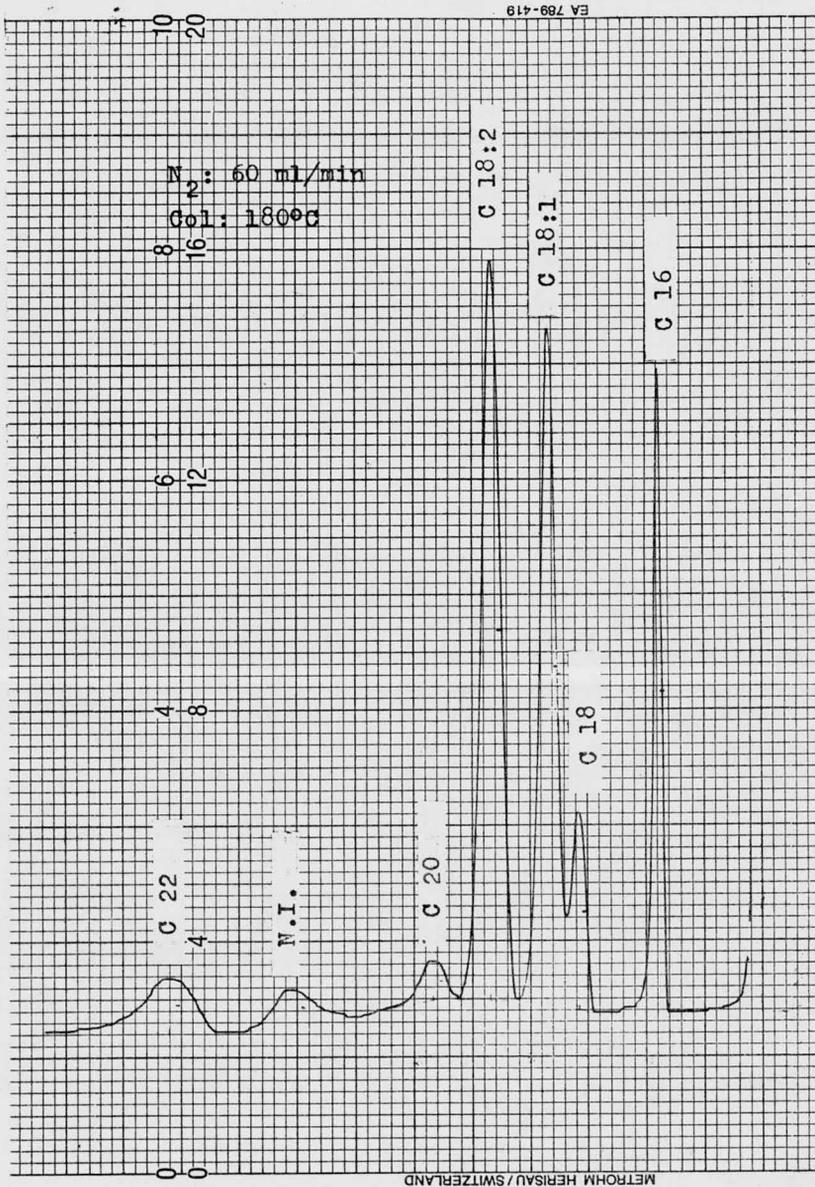
CASTARRICA



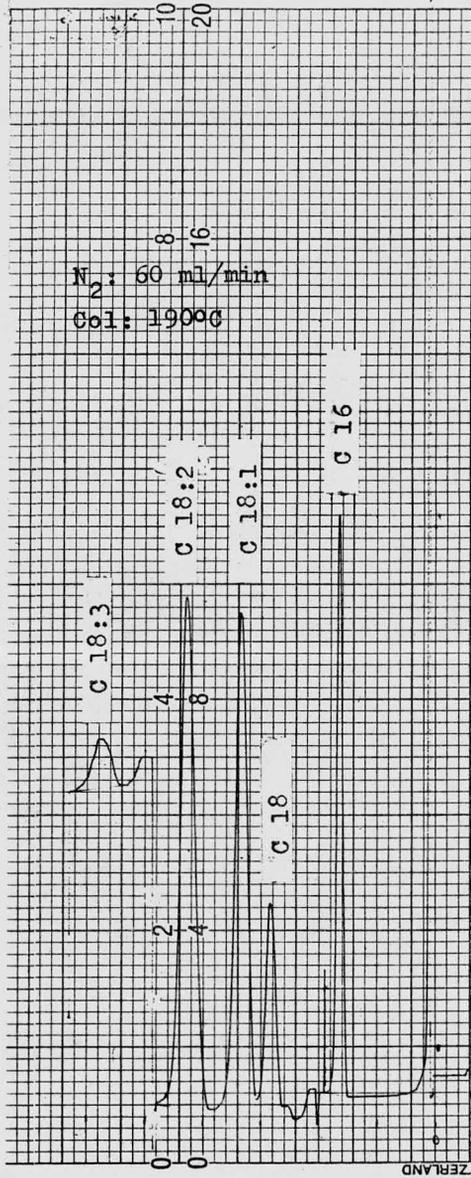
NAPAHUITE



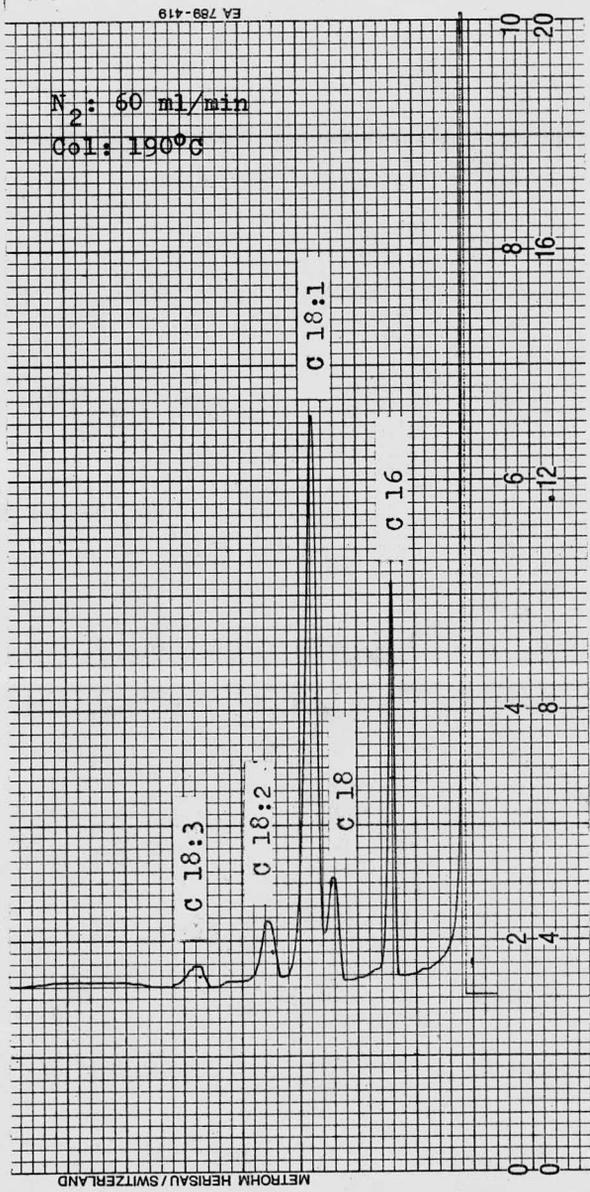
ZAPOTILLO



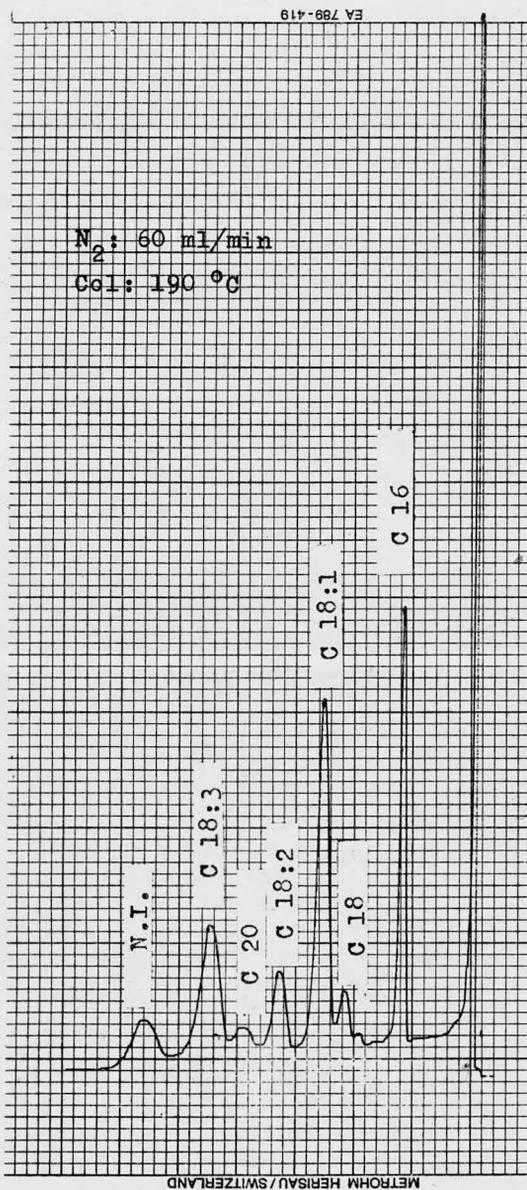
MA GUA CA TA



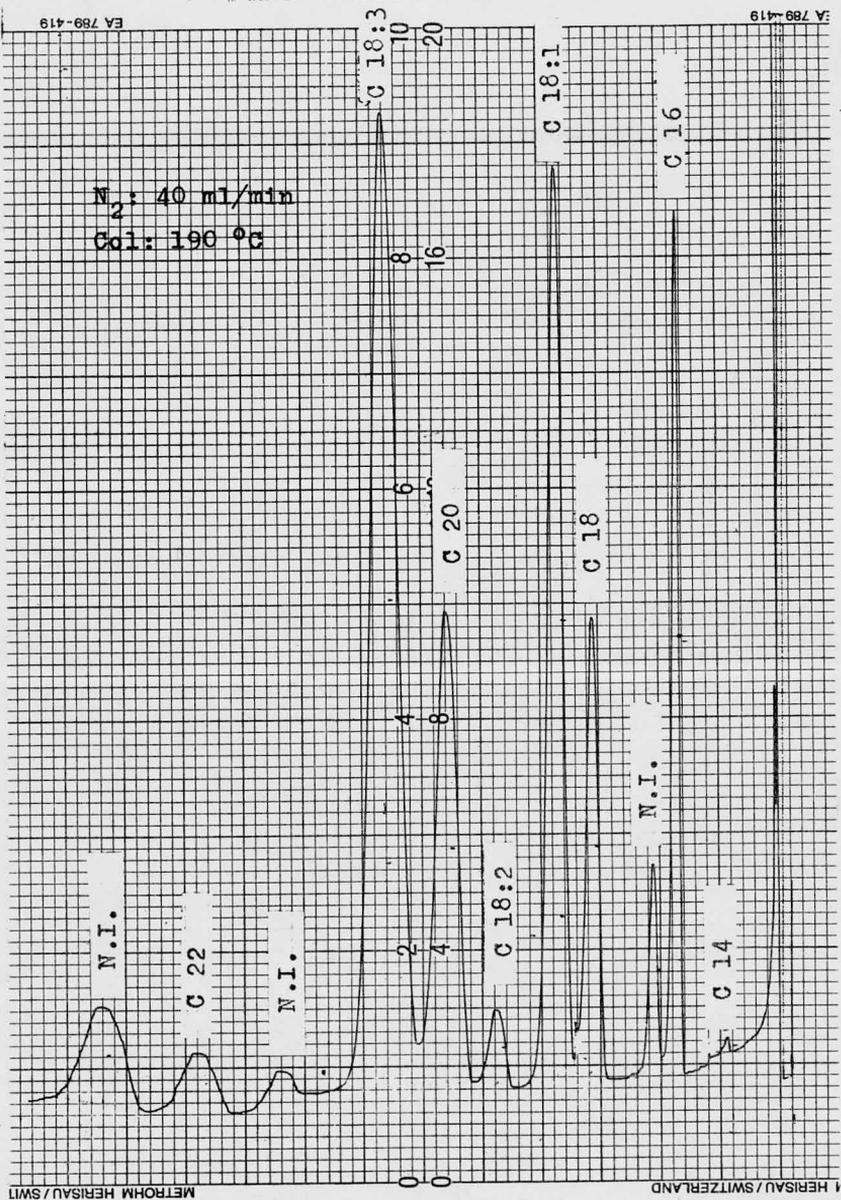
HULE



Callophyllum brasilensis



CEDRILLO



Paullina costata

C A P I T U L O I V

CONCLUSIONES

- 1.- De los lípidos estudiados, los aceites de Ojo de Aguila, Maguacata y Zapotillo, muestran un alto contenido de ácidos grasos insaturados, en el que abunda el ácido esencial linoleico y por lo tanto, ofrecen buenas cualidades para su uso como alimento.
- 2.- Las grasas de las semillas de Hule, Cedrillo y Napa-huite, son buenas fuentes del ácido esencial, pero su contenido total de ácidos grasos insaturados es un poco bajo. Se pueden considerar aptas para consumo, pero de calidad nutricional no muy buena.
- 3.- En la grasa de la semilla de Paullina costata, abundan los ácidos grasos de cadena larga. Es especialmente rico el contenido del ácido linolénico y es pobre en el ácido linoleico. Nutricionalmente únicamente es importante el contenido de ácido linolénico, pero la presencia de ácidos grasos de cadena larga pueden dificultar la digestibilidad de la grasa.
- 4.- Las grasas de las semillas de Pataste, Castarrica y Callophylum brasilensis, presentan un contenido alto de ácidos grasos saturados, un contenido bajo de ácido linoleico y en especial, en las dos primeras el peso molecular promedio de los ácidos grasos es alto. Pueden considerarse de poca importancia nutricional, pero de posible uso en la industria de alimentos.

- 5.- En los puntos anteriores, se ha llegado a conclusiones sobre la calidad nutricional de los lípidos, pero es conveniente complementarlos con estudios que determinen el contenido de vitaminas liposolubles y de otras sustancias asociadas a éstos, que también influyen en la calidad.
- 6.- Es necesario observar también, que con los adelantos en la tecnología y el conocimiento de la composición de las grasas y aceites, se pueden modificar las propiedades físicas y químicas de éstos y modificar a la vez su calidad nutricional.

C A P I T U L O V

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Laguna. "Bioquímica". La Prensa Medica Mexicana. México 1977.
- 2.- Norman N. Potter, Ph. D. "La Ciencia de los Alimentos". Edutex S.A. México 1973.
- 3.- Fieser y Fieser. "Química Orgánica". Ed. Grijalbo. México 1968.
- 4.- Dr. Herman Schmidt-Hebbel. "Química y Tecnología de los Alimentos". Ed. Saleceana. Chile 1966.
- 5.- G.O. Burr and M.M. Burr. "New Deficiency Disease Produced by Rigid Exclusion of Fat from the Diet". J. Biol. Chem. Vol. 82 (345-367). 1929.
- 6.- Antoine J. Vergroesen M.D. Ph. D. "Physiological Effects Dietary Linoleic Acid". Nutrition Reviews Vol.35 No.11 January 1977.
- 7.- D.H. Hwang, M.M. Mathias. "Dietary Essential Fatty Acids, Prostaglandin Formation and Platelet Agregation". Nutrition Reviews Vol.34 No.8 August 1976.
- 8.- J. Tinoco, M.A. Williams. "Evidence for Nossentiality of Linolenic Acid in the Diet of the Rat". J. Nutrition Vol. 101: 937-945, 1971.
- 9.- A.A. Vikrovsky. "The Biochemical Bases for Developing - Products of Higher Biological Value". The PAG Compendium Vol. F. New York 1975.
- 10.-J.D. Wene, W.E. Connor. "EFA Deficiency in Continuous - Drip Alimentation". Nutrition Reviews Vol.33 No.11 November 1975.
- 11.-Dr. F. Monckeberg. "Nutrient Requeriments of Infants and Young Children". The PAG Compendium. Vol. E. New York 1975.
- 12.-Labastida, Santarrica, Gómez. "Método de Análisis de Aceites Vegetales Comestibles". Tesis Facultad de Química . U.N.A.M. 1975.

- 13.- Asosiation of Official Agricultural Chemist. Official Methods of Analysis of the AOAC. Washington D.C. 1970.
- 14.- H.M. Mac Nair and E.J. Bonelli. "basic Gas Chromatography". Varian Aerograph. Berkeley, Calif. 1969.
- 15.- Pelick N. el al. Journal of the American Oil Chemist's Society. Vol.38, 506. 1961.
- 16.- Nuño. "Cromatografía de Gases". Internacional Científica S.A. México 1978.
- 17.- L.D. Metcalfe and A.A. Schmitz. "The Rapid Preparation of Fatty Acids Esters for Gas Chromatography Analysis". Analytical Chemistry Vol.38 No.3 March 1961.
- 18.- Supelco, Inc. Bulletin 721 C. Belefonte, P.A. 16823. "Esterification". Pennsylvania 1975.
- 19.- A. Kuksis. "Routine Chromatography of Simple Lipids and their Contituents". Journal of Chromatography 143 (3-30) 1977.
- 20.- Mehlenbacher. "Analysis of Fats and Oils". Tha Garrad Press Publisher. Champaign, Illinois 1976.
- 21.- Maximino Martínez. "Las Plantas Medicinales en México". Ediciones Botas 1944.
- 22.- Uvalle A. "Evaluación Nutritiva de 7 Frijoles Comestibles del Estado de Chiapas". Tesis Facultad de Química, U.N.A.M. 1978.
- 23.- Metcalfe L.D., Schmitz A.A. and Polka J.R. . " Rapid - Preparation of Fatty Acids Esters from Lipids for Gas Chromatography Analysis". Analytical Chemistry Vol 38 No. 3 March 1966.



Tesis por computadora
único sistema en el país

URGENTES

Arquitectura No. 49 Local B
Tel. 548-36-02 Ciudad Universitaria