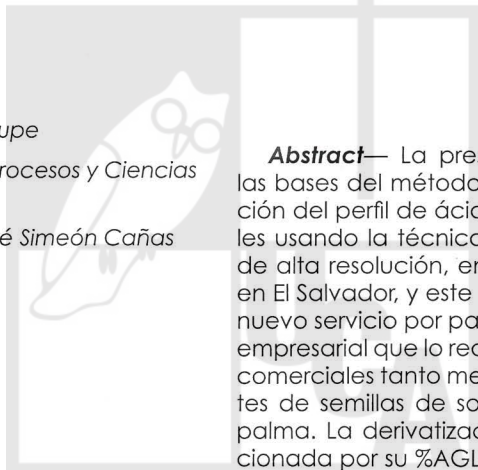


Determinación del perfil de ácidos grasos en aceites de consumo en el salvador, por cromatografía gaseosa

Morán Alarcón, Luis Carlos
Artiga Machuca, Aracely Guadalupe

Departamento de Ingeniería de Procesos y Ciencias Ambientales

Universidad Centroamericana José Simeón Cañas
aartiga@uca.edu.sv



Abstract— La presente investigación presenta las bases del método analítico para la determinación del perfil de ácidos grasos en aceites vegetales usando la técnica de cromatografía de gases de alta resolución, en aceites de mayor consumo en El Salvador, y este método sirva para ofrecer un nuevo servicio por parte de la universidad al sector empresarial que lo requiera. Se estudiaron 6 aceites comerciales tanto mezclas como puros, provenientes de semillas de soya, maíz, girasol y oleína de palma. La derivatización de ácidos grasos, seleccionada por su %AGL, que fue una catálisis básica (NaOH en Metanol) ya que %AGL es menor a 0.5%. Las condiciones cromatográficas seleccionadas fueron el programa de temperatura de 180°C por 23 min, elevando 2.5°C/min hasta 230°C y manteniéndola constante por 25 minutos, el detector FID y una columna de TG-polar 100% biscianopropil-

metilsiloxano. Finalmente, se procede a la identificación de los picos por: Comparación con datos bibliográficos, la extracción de aceites vírgenes por Soxhlet y método de índice de Kovats. El perfil de ácidos grasos obtenidos en los aceites comerciales los aceites marca B (Aceite de girasol), C (Aceite de maíz) y D (aceite de soya) poseen como ácidos grasos mayoritarios el metil Linoleato (C18:2) con 53.9%, 52.6% y 51.5% respectivamente, por otra parte el aceite marca D de oleína de palma, aceite marca A y aceite marca E cuentan con un 43%, 32% y 44% respectivamente de contenido de metil Oleato (C18:1), dando como resultado que los aceites de maíz y girasol discrepan de los vírgenes pudiendo ser mezclas y no aceites puros, en cambio soya se proporcionó similitud de concentración con su respectivo virgen.

Palabras clave—Aceites, Ácidos grasos, cromatografía de gases, derivatización, perfil de ácidos grasos.

Introducción

En El Salvador las grasas y aceites forman parte de la Canasta Básica Alimentaria (CBA), para el año 2015 el consumo de grasas y aceites fue de 3.35% y 2.09% respectivamente, en el área urbana y rural, del total de la misma [1].

La cadena de producción de aceites vegetales en El Salvador, comienza desde la importación del aceite crudo, luego la refinación; distribuidos por mayoristas (Summa Industrial y La Fabril de aceites, posicionándose en los supermercados con sus principales marcas: Santa Clara y Orisol, respectivamente), para luego ser entregados a minoristas

(supermercados, tiendas y mercados) hasta llegar al consumidor final (población) [1].

El consumo humano de aceites vegetales es muy amplio, por este motivo es una de las fuentes más importantes para obtener los ácidos grasos para el desarrollo del organismo, de aquí su importancia de conocer el contenido de estos en los aceites vegetales de consumo humano y principal objetivo de la investigación, tener una base de conocimiento de la composición de ácidos grasos en aceites consumidos en El Salvador, además de implementar un método analítico por cromatografía gaseosa para la determinación de este tipo de compuestos.

La determinación de método, incluye establecer las condiciones Cromatograficas, columna, tipo de derivatización, flujos, programas de temperatura del horno y las temperaturas de operación del inyector y detector.

Los lípidos, se derivan del griego *Lypos* que significa grasas, pueden ser de origen animal, vegetal o marino. Están compuestos de triglicéridos en un 95% (tres moléculas de ácidos grasos unidas a una molécula de glicerol) y el resto se componen de fosfolípidos, esteroles y ácidos grasos libres [2], [3].

Los lípidos se clasifican en:

- Simples, según su estructura molecular y estos pueden ser saponificables (lípidos cuya hidrólisis es promovida por una disolución acuosa básica de las uniones éster de las grasas y aceites) y no saponificables (lípidos

que no hidrolizan fácilmente en disolución acuosa ácida o básica).

- Lípidos compuestos, son lípidos simples conjugados con otras moléculas no lipídicas.
- Lípidos derivados que son todos aquellos que no se ubican en los lípidos simples ni compuestos [4], [5].

Según el número de ácidos grasos unidos al glicerol se forman mono, di o triglicéridos. Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos que se caracterizan por tener un grupo funcional carboxilo ($-C=O$) y un grupo hidroxilo ($-OH$), ambos ubicados a un extremo de la cadena que los forma, junto con un grupo metilo (CH_3) ubicado en el otro extremo, poseen largas cadenas hidrocarbonadas y tienen un número par de átomos de carbono [4], [5].

Los ácidos grasos se dividen en saturados, cuyos átomos de carbono están enlazados por un enlace covalente sencillo en su estructura, e insaturados, que poseen enlaces dobles en su estructura y son propensos a la saturación y a la oxidación, cuando tienen más de dos dobles enlaces se les denomina poliinsaturados [5].

Los ácidos grasos están presentes en los aceites vegetales, los cuales forman parte de la dieta humana para el aprovechamiento nutricional de las grasas además aportan vitaminas y aceites esenciales que nuestro organismo no puede sintetizar, se obtienen mediante procesos de prensado o extracción por solventes (hexano) para luego ser refinados, los más comunes son: soya, maíz, girasol y oleína de palma [6].

Para determinar el perfil de los ácidos grasos en los aceites vegetales se utiliza la técnica de cromatografía de gases, que consiste en separar compuestos utilizando dos fases inmiscibles denominadas: fase móvil (gas H_2) y fase estacionaria (columna). La primera transporta la muestra a través de la columna que contiene un líquido (Cianopropil-polidimetilsiloxano) que retienen los compuestos afines a ellas [7].

El movimiento de las sustancias durante la cromatografía de gases es el resultado de dos fuerzas contrarias; la fuerza de arrastre de la fase móvil y la fuerza resistente o acción de retardo del adsorbente ubicado en la fase estacionaria. La fuerza de arrastre (fase móvil) mueve las sustancias del origen de la columna en dirección del flujo de la fase móvil mientras que la acción de reparto impide el movimiento de las sustancias arrastrándolas del flujo y adhiriéndolas al adsorbente (fase estacionaria). Las moléculas se encuentran alternando entre mantenerse pegadas al adsorbente o ser arrastradas por el flujo, esto da como consecuencia que pese a que el flujo es constante, solo una fracción de las moléculas se está moviendo. Las sustancias que se mueven más lentamente son porque están siendo unidas más fuertemente a la fase estacionaria, mientras que aquellas que se mueven más rápidamente son porque presentan poca afinidad con ella [8].

En GC la muestra se inyecta en forma líquida para ser volatilizada debido a que la fase móvil es un gas inerte denominado gas portador (He , N_2 , H_2 , Ar dependiendo del tipo de detector) [9].

Los elementos más importantes que conforman un cromatógrafo de gases son:

El sistema de inyección, el que puede ser manual (el émbolo de la jeringa se empuja a mano) o automático (inyector automático). El inyector comúnmente empleado en cromatografía de gases es Split/Splitless, que reduce la cantidad de muestra que llega a la cabeza de la columna; el divisor utilizado en el cromatógrafo funciona de la siguiente manera: Configuración del divisor (split), el inyector se sitúa en un horno a una temperatura mayor de la que se encuentra la columna, la muestra es inyectada, vaporizada y arrastrada hacia la entrada de la columna por el gas portador; por una válvula de aguja permite un ajuste preciso de la fracción de muestra que entra a la columna, mientras que el resto de ella es expulsada [10].

Detectores: Encargado de emitir la señal sobre las sustancias analizadas. Existen diversos detectores, el utilizado por el cromatógrafo es del tipo de ionización de llama (FID), Es el más usado en cromatografía de gas-líquido, utiliza una llama de H₂-aire, que al quemar un compuesto libera iones y electrones que conducen la electricidad. Se aplica un diferencial de potencial entre el quemador y un electrodo colector ubicado en la llama y la corriente producida se dirige a un amplificador operacional [9].

Columnas: Existen dos tipos de columnas para cromatografía de gases: empaquetadas o de relleno y tubulares abiertas o capilares (siendo estas últimas las empleadas), ambas tienen forma helicoidal para colocarlas dentro del horno. La inyección

de la muestra se realiza mediante una membrana de goma o silicona llamada septum. La muestra llega a una cámara donde se vaporiza, la cual está situada en la cabeza de la columna, a una temperatura de 50°C > que el componente menos volátil de la muestra. Se emplea en diferentes tamaños de muestra, para columnas empacadas desde decimas de μL -20 μL , con columnas capilares: 10 μL hasta 1 μL , para estos volúmenes es necesario el divisor de muestra, que la desecha y hace pasar por la columna una fracción de ella. Las columnas capilares, de sílica fundida, son frágiles, por lo que se recubren de poliamida, se deben proteger de fracturas durante el almacenamiento y guardar con los extremos sellados para prevenir la oxidación [9].

El presente artículo detalla en el apartado II las metodologías utilizadas para el desarrollo de la investigación, selección de muestras y determinación del método cromatográfico dentro del cual se describe la derivatización de las muestras y las condiciones cromatográficas óptimas para la separación. En el apartado III se presentan los resultados obtenidos de la implementación del método cromatográfico, se presentan los perfiles de los aceites comerciales seleccionados.

Materiales y métodos

A. Selección y recolección de muestras.

Las muestras seleccionadas para la investigación son aceites comerciales de origen vegetal, que se clasifican en dos tipos: mezclas de aceites y otros que se declaran como puros, es decir que solo poseen en su composición un tipo de aceite vegetal.

Los aceites fueron seleccionados debido a que son los principales productos de empresas salvadoreñas que poseen plantas industriales de aceites en el territorio y por ser los de mayor consumo popular. Las muestras seleccionadas y su composición son:

- Marca A (mezcla): soya, oleína de palma, maíz y girasol.
- Marca B: Aceite de girasol.
- Marca C: Aceite de maíz.
- Marca D: Oleína de palma.
- Marca E (mezcla): soya y oleína de palma.
- Marca F: Aceite de Soya.

B. Método cromatográfico.

Se divide en dos etapas: la primera derivatización de ácidos grasos a ésteres metílicos y la segunda la separación cromatográfica.

1) *Derivatización de ácidos grasos*: La derivatización de los aceites es un pretratamiento que posibilita, facilita y ayuda a mejorar la separación e identificación de los ácidos grasos por cromatografía gaseosa. Éste procedimiento cambia la volatilidad de todos los componentes que se encuentran conformando los lípidos, convirtiendo a los ácidos grasos (AG) en ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME's) [10].

La forma de derivatización es mediante la reacción de transesterificación (forma general) y transmetilación (forma particular), debido a la reacción entre el enlace éster con un alcohol. Esta reacción consiste en convertir ácidos grasos neutros, complejos y libres en FAME's. Esta puede ser reversible y lenta, por esta razón requieren que se utilicen cata-

lizadores y un tratamiento térmico para aumentar su velocidad de reacción.

La elección del método de catálisis para la derivatización de las muestras se determinó por el porcentaje de AGL calculado mediante (1), si este es inferior a 0.5% se puede utilizar una catálisis básica en caso contrario se utilizara una catálisis diferente [11]. La catálisis mixta no se considera ya que las muestras analizadas no presentan un alto contenido según bibliografía de ácidos grasos poliinsaturados, ya que estos son mayoritarios en aceites y grasas de origen animal [12].

$$\%AGL = \frac{V \times c \times M \times 100}{1000 \times W} \quad (1)$$

Dónde: %AGL, se expresa en gramos de AGL en 100 g de aceite, por ejemplo 1% de AGL contiene 1 g de ácido oleico por 100 g de aceite; V es el volumen, en mililitros, de solución estandarizada de hidróxido de sodio o de potasio; c es la concentración, en moles por litro, de solución estandarizada utilizada; M es la masa molar, en gramos por mol, del ácido seleccionado según la tipo de grasa o aceite y W es la masa, en gramos de muestra.

El procedimiento utilizado para la derivatización consistió en pesar en un tubo con rosca 0.2500 ± 0.0100 g de la muestra de aceite por duplicado, luego se agrega 2 mL de metóxido de sodio al 0.5 N (5 gramos/250 mL), se agita durante 20 segundos y se introduce en un baño de agua a 60°C por 10 minutos. Posteriormente se enfría hasta temperatura ambiente y se añade 1 mL de ácido acético glacial y 5 mL de agua destilada, se agrega 4

mL de isooctano para proseguir a la separación de la fase orgánica donde se encuentran los FAME's, esta separación se realiza 3 veces para asegurar una buena recuperación. Luego, en un volumétrico de 25 mL se afora la fase orgánica con isooctano y se extrae una alícuota de 1 mL para aforarla a 5 mL, finalmente se encapsula para ser inyectado en el cromatógrafo de gases.

2) *Separación cromatográfica:* La selección de las condiciones cromatográficas se especifican de acuerdo al tipo de columna. Para la determinación de FAME's se recomienda una columna altamente polar, TG-Polar Thermo Scientific, con fase estacionaria de 100% biscianopropilmetilsiloxano de 103 m * 0.25 mm * 0.20 µm.

Posteriormente se realizó la selección del programa de temperatura para el horno, éste debe proporcionar una separación adecuada de los compuestos analizados. Para esto se probaron 4 programas de temperatura, dos isotermos y dos con rampas de temperatura.

El programa de temperatura que se seleccionó fue 180°C por 23 minutos y luego se eleva la temperatura a una razón de 2.5°C por minuto hasta una temperatura de 230°C y se mantiene por 25 minutos, se escogió éste programa ya que es el que mejor elución proporciona, además que es el que menor tiempo eluyeron todos los FAME's estudiados, a diferencia de los otros programas en los que se encontraban algunos picos solapados y no daban buena resolución.

Para la determinación del porcentaje de área correspondiente a cada pico se utilizó el método

de normalización que asume que todos los componentes de la muestra están representados en el cromatograma, así que la suma de las áreas de los picos representa el 100% de los constituyentes (elución total). Se calcula dividiendo el área de cada pico entre el área total y multiplicando por 100 como se muestra en (2) para el éster metílico del C12:0.

$$\% \text{ área de FAME's C12:0} = \frac{\text{área C12:0}}{\sum \text{áreas FAME's}} \times 100 \quad (2)$$

En la figura 1 se muestra el sistema que se utilizó respecto al tratamiento de las muestras, las réplicas realizadas por muestra y las inyecciones al cromatógrafo. Donde se puede observar que de un aceite se prepararon dos soluciones de FAME's y cada una se inyectó dos veces, por lo tanto se obtuvo 4 cromatogramas por aceite analizado.

De los datos obtenidos se calculó la desviación estándar, coeficiente de variación y los límites de confianza con el fin de corroborar los datos.

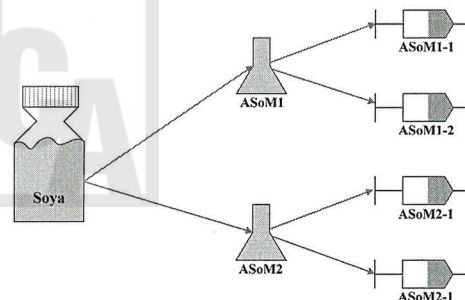


Fig. 1. Sistema de preparación e inyecciones de aceites analizados en el cromatógrafo de gases.

Resultados y discusión

A. Porcentaje de ácidos grasos libres.

El porcentaje de AGL para los aceites analizados se realizó por duplicado y se expresa como promedio \pm de la desviación estándar, en la tabla I se presentan los valores obtenidos.

Tabla 1
Resultados de porcentaje de ácidos grasos libres

Muestra	%AGL
Marca A Aceites soya, oleína de palma, maíz y girasol.	0.299 \pm 0.028
Marca B: Aceite de girasol.	0.152 \pm 0.030
Marca C: Aceite de maíz.	0.219 \pm 0.001
Marca D: Oleína de palma.	0.206 \pm 0.019
Marca E (mezcla): soya y oleína de palma.	0.154 \pm 0.031
Marca F: Aceite de Soya.	0.176 \pm 0.000

Los porcentajes en los aceites comerciales a analizar no superan el 0.5% de AGL que la norma ISO 12966-2-2011 establece como límite máximo para utilizar una catálisis alcalina por tanto se seleccionó utilizar este tipo de catálisis para los aceites a analizar.

B. Identificación de ésteres metílicos de ácidos grasos.

Se realizó en dos fases la primera mediante la extracción de aceites vírgenes y la segunda mediante el análisis del índice de Kovats.

La extracción de aceites vírgenes consistió en la investigación de composiciones teóricas del con-

tenido de AG de los aceites estudiados (oleína de palma, maíz, girasol, soya), también se utilizaron otros aceites como mostaza y linaza para corroborar AG que son característicos en las muestras de aceites.

La extracción de los aceites vírgenes se realizó mediante el método Soxhlet, utilizando como solvente éter de petróleo, una vez extraídos se metilaron para ser inyectados al cromatógrafo y obtener los % de áreas mediante normalización. En la tabla II se muestran los valores experimental y bibliográficamente obtenidos.

Tabla 2
Comparación de datos bibliográficos y datos obtenidos del análisis

	Ácido graso	Experimental	Bibliográfico
Soya	C14:0	0.08%	\leq 0.2%
	C16:0	11.73%	8 a 14%
	C18:0	3.41%	2 a 5%
	C18:1	20.75%	17 a 30%
	C18:2	56.02%	48 a 62%
	C18:3	4.90%	4 a 11%
Maíz Amarillo	C14:0	0.03%	\leq 0.3%
	C16:0	15.18%	8 a 17%
	C18:0	2.67%	1 a 3%
	C18:1	46.85%	20 a 42%
	C18:2	32.09%	34 a 65%
	C18:3	0.98%	\leq 2%

	Ácido graso	Experimental	Bibliográfico
Maíz Blanco	C14:0	0.04%	≤0.3%
	C16:0	12.54%	8 a 17%
	C18:0	1.96%	1 a 3%
	C18:1	25.78%	20 a 42%
	C18:2	56.80%	34 a 65%
Girasol	C18:3	0.92%	≤2%
	C14:0	0.05%	≤0.2%
	C16:0	4.79%	5 a 8%
	C18:0	2.94%	3 a 7%
	C18:1	52.92	14 a 40%
Mostaza	C18:2	36.71%	48 a 70%
	C18:3	0.05%	≤0.5%
	C14:0	0.05%	≤1%
	C16:0	3.89%	0.5 a 5%
	C18:0	1.88%	≤2%
Linaza	C18:1	54.46%	8 a 53%
	C18:2	20.75%	10 a 24%
	C18:3	11.05%	11 a 18%
	C14:0	0.04%	0.04%
	C16:0	5.00%	5.00%
	C18:0	3.37%	3.37%
	C18:1	17.65%	17 a 22%
	C18:2	12.77%	14 a 18%
	C18:3	59.84%	48 a 58%

Con los cromatogramas de aceites vírgenes extraídos: aceite de maíz amarillo, maíz blanco, girasol, soya, linaza y oleína de palma se lograron identificar los picos mayoritarios, C14:0, C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 y C18:3. En el cromatograma de aceite de mostaza se logró identificar y corroborar el pico del ácido graso C22:1, ya que solo

se encontraba en este tipo de aceite de entre los estudiados.

Mediante el método de Kovats se comprobaron los picos correspondientes a cada AG encontrado con los aceites vírgenes, a una isoterma de 185°C por 100 min, obteniendo linealidad del logaritmo base diez del tiempo de retención corregido versus el número de átomos de carbono de los compuestos, dando buenos coeficientes de determinación confirmando los picos identificados y con las proyecciones se logró predecir el tiempo de elución de los ácidos grasos: C14:1, C20:0, C20:1, C22:0, C22:1, C24 y C24:1.

C. Composición de ácidos grasos en aceites vírgenes

Los metil ésteres de ácidos grasos encontrados en las muestras analizadas se han clasificado en ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados e isómeros de algunos de ellos en la tabla III se presenta esta clasificación.

Tabla 3
FAME's presentados en los perfiles de ácidos grasos

FAME's Saturados	FAME's Monoinsaturados	FAME's Poliinsaturados
Metil Laureato (C12:0)	Metil Miristoleato (C14:1)	Metil Linoleato (C18:2)
Metil Miristato (C14:0)	Metil Palmistoleato (C16:1)	Metil Linolenato (C18:3)
Metil Palmitato (C16:0)	Metil Oleato (C18:1)	FAME's Poliinsaturados con Isómeros
Metil Estearato (C18:0)	Metil Eicosenoato (C20:1)	C18:2 isómero

FAME's Saturados	FAME's Monoinsaturados	FAME's Poliinsaturados
Metil Araquidato (C20:0)	Metil Erucato (C22:1)	FAME's Monoinsaturados con Isómeros
Metil Behenato (C22:0)	Metil Nervonato C24:1	Metil Elaidato (C18:1 trans)
Metil Lignocerato (C24:0)	-	C18:1 cis

En base a la clasificación anterior se procedió a clasificar los FAME's mayoritarios de los aceites vírgenes estudiados para maíz amarillo, girasol y

mostaza, en donde su mayoritario es el metil oleato (C18:1) con 46.848%, 52.923% y 47.287% respectivamente; para los aceites de soya y maíz blanco es el metil linoleato (C18:2) con un 56.016%, 56.799% respectivamente, finalmente para el aceite de linaza su mayoritario es el metil linoleato (C18:3) con un 59.814%.

En la IV se muestra los porcentajes de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados de los aceites vírgenes. El maíz amarillo, girasol y mostaza presentaron un alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados: en maíz blanco, soya y linaza se distingue por un contenido alto de poliinsaturados.

Tabla 4
Porcentaje de ácidos grasos en aceites vírgenes

	Saturados	Monoinsaturados	Poliinsaturados
Aceite de Maíz Amarillo	18.66%	48.23%	33.10%
Aceite de Girasol	9.00%	54.21%	36.79%
Aceite de Mostaza	6.69%	65.70%	27.62%
Aceite de Maíz Blanco	15.40%	26.83%	57.77%
Aceite de Soya	16.21%	22.82%	60.97%
Aceite de Linaza	8.72%	18.65%	72.63%

D. Perfil de ácidos grasos de aceites comerciales.

En la tabla IV se muestran el porcentaje de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados de los aceites comerciales. Se identificó que los aceites de marca F, marca C y marca B muestran cierta similitud de composición, ya que sus mayoritarios son los poliinsaturados con 61.058%, 58.471% y 57.157% respectivamente. En el aceite marca D

presentan similar composición de ácidos saturados 43.465% y monoinsaturados 44.431%. Para marca E las composiciones son equitativas en los tres tipos, en cambio para la marca A posee una cantidad similar para saturados y monoinsaturados.

Tabla 5
Porcentaje de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados en aceites comerciales

	Saturados	Monoinsaturados	Polinsaturados
Marca A	31.20%	33.59%	35.21%
Marca B	14.66%	28.18%	57.16%
Marca C	16.08%	25.45%	58.47%
Marca D	43.47%	44.43%	12.10%
Marca E	41.23%	44.97%	13.80%
Marca F	16.08%	22.86%	61.06%

Se ha encontrado gran diferencia en su composición. Para el aceite de girasol virgen extraído se encuentra una composición de ácidos saturados, mono y poliinsaturados de 9.001%, 54.207% y 36.793% respectivamente en cambio para el comercial 14.662%, 28.181%, y 57.157 %, se observa que discrepan en los tres esto se puede deber al tipo de variedad de la semilla utilizada para la extracción del aceite virgen.

La variedad de aceite de maíz utilizado para extracción para el aceite comercializado es el maíz blanco. La composición de ácidos grasos se observa que se tiene más similitud con el aceite virgen extraído del maíz blanco que del amarillo, en el aceite virgen de maíz blanco contiene una composición de saturados de 15.398%, monoinsaturados 26.828% y poliinsaturados de 36.793% para el aceite comercial de maíz su composición es 16.084

% para saturados, 25.445 % para monoinsaturados y 58.471 % para poliinsaturados.

Los cromatogramas obtenidos para los aceites comerciales se presentan en la figuras 2 y 3 donde se observan los picos mayoritarios de los aceites que son mezcla, es decir aceite de marca E y el marca A.

El orden de elución en los cromatogramas de los aceites comerciales es: Solvente, ácido acético, Metil Laureato (C12:0), Metil Miristato (C14:0), Metil Miristoleato (C14:1), Metil Palmitato (16:0), Metil Palmitoleato (C16:1), Metil Estearato (C18:0), Metil Elaidato (C18:1 trans), Metil Oleato (C18:1), C18:1 cis, Metil Linoleato (isómero) C18:2, Metil Linoleato (isómero) C18:2, Metil Linoleato (C18:2), Metil Araquidato (C20:0), Metil Linolenato (C18:3), Metil Eicosenoato (20:1), Metil Behenato (C22:0), Metil Erucato (C22:1), Metil Lignocerato (C24:0) y Metil Nervonato (C24:1).

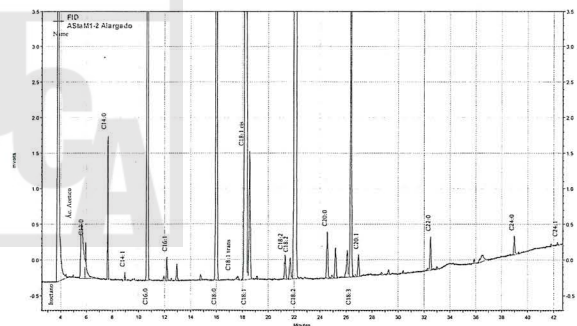


Fig. 2. Cromatograma de Aceite marca E.

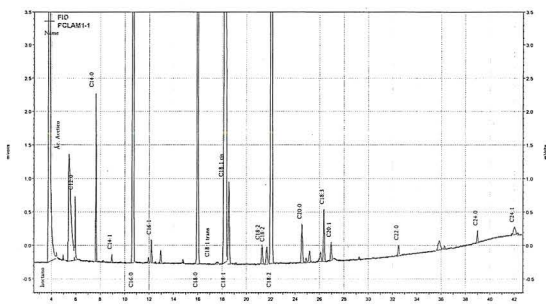


Fig. 3. Cromatograma de Aceite Marca A.

El perfil de ácidos grasos obtenido mediante el análisis de cromatografía de gases en alta resolución para los aceites comerciales se presenta en la tabla V.

Tabla 6
Perfil de ácidos grasos en aceites comerciales.

	Marca A (% Área)	Marca B Aceite de Girasol (% Área)	Marca C Aceite de Maíz (% Área)	Marca D Oleína de Palma (% Área)	Marca E (% Área)	Marca F Aceite de Soya (% Área)
Metil Laureato (C12:0)	0.266 ± 0.045	n.d	n.d	0.370 ± 0.111	0.149 ± 0.154	n.d
Metil Miristato (C14:0)	0.764 ± 0.005	0.090 ± 0.014	0.083 ± 0.003	0.832 ± 0.006	0.533 ± 0.003	0.077 ± 0.020
Metil Miristoleato (C14:1)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Metil Palmitato (C16:0)	35.418 ± 0.165	9.754 ± 0.028	11.874 ± 0.034	37.013 ± 0.340	25.168 ± 0.008	10.76 ± 0.040
Metil Palmítoleato (C16:1)	0.163 ± 0.014	0.096 ± 0.006	0.094 ± 0.004	0.162 ± 0.004	0.135 ± 0.006	0.088 ± 0.046
Metil Estearato (C18:0)	4.232 ± 0.015	3.879 ± 0.079	3.446 ± 0.016	4.734 ± 0.044	4.593 ± 0.023	4.205 ± 0.0759
Metil Elaidato (C18:1 trans)	n.d	n.d	n.d	0.063 ± 0.033	n.d	n.d
Metil Oleato (C18:1)	43.700 ± 0.039	26.636 ± 0.026	23.88 ± 0.011	43.006 ± 0.414	32.177 ± 0.083	21.116 ± 0.091

	Marca A (% Área)	Marca B Aceite de Girasol (% Área)	Marca C Aceite de Maíz (% Área)	Marca D Oleína de Palma (% Área)	Marca E (% Área)	Marca F Aceite de Soya (% Área)
C18:1 cis (C18:1 cis)	0.793 ± 0.006	1.142 ± 0.015	1.138 ± 0.005	0.686 ± 0.022	1.023 ± 0.010	1.405 ± 0.087
C18:2 isómero	0.208 ± 0.001	0.195 ± 0.014	0.151 ± 0.005	0.205 ± 0.006	0.216 ± 0.008	0.133 ± 0.097
C18:2 isómero	0.194 ± 0.003	0.160 ± 0.017	0.113 ± 0.004	0.187 ± 0.010	0.193 ± 0.013	0.094 ± 0.102
Metil Linoleato (C18:2)	12.887 ± 0.008	51.523 ± 0.153	52.666 ± 0.218	11.51 ± 0.100	31.611 ± 0.044	53.97 ± 0.099
Metil Araquidato (C20:0)	0.388 ± 0.008	0.319 ± 0.008	0.353 ± 0.010	0.374 ± 0.011	0.389 ± 0.014	0.402 ± 0.097
Metil Linolenato (C18:3)	0.513 ± 0.004	5.279 ± 0.022	5.541 ± 0.297	0.202 ± 0.011	3.192 ± 0.017	6.860 ± 0.085
Metil Eicosenoato (20:1)	0.182 ± 0.027	0.184 ± 0.012	0.230 ± 0.060	0.170 ± 0.090	0.180 ± 0.016	0.197 ± 0.091
Metil Behenato (C22:0)	0.091 ± 0.004	0.445 ± 0.015	0.278 ± 0.009	0.067 ± 0.004	0.233 ± 0.004	0.462 ± 0.073
Metil Erucato (C22:1)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Metil Lignocerato (C24:0)	0.068 ± 0.068	0.175 ± 0.049	n.d	0.074 ± 0.020	0.130 ± 0.023	0.171 ± 0.055
Metil Nervonato (C24:1)	n.d	0.079 ± 0.112	0.059 ± 0.144	0.302 ± 0.907	n.d	n.d

n.d valores inferiores a 0.05% de área que no fueron declararon.

Conclusiones

A partir de los resultados y su respectivo análisis sobre la determinación de perfil de ácidos grasos contenidos en aceites vegetales de consumo en El Salvador por HPGC, se concluye que:

El método implementado para la derivatización de AG fue una reacción de transmetilación con catálisis alcalina. Ya que esta se utiliza cuando el %AGL es inferior a 0.5%, para los aceites estudiados en esta investigación los valores de AGL obtenidos fueron inferiores a este parámetro.

Para poder separar los picos cromatográficos se realizaron 4 pruebas de programas de temperatura para el horno, el ideal fue 180°C por 23 min, aumentando 2.5°C/min hasta 230°C y mantener por 25 min, con una duración total de 70 min, ya que con éste eluyeron todos los FAME's de la matriz, sin generar interferencias en las próximas inyecciones.

Se identificaron 18 FAME's de las matrices de aceites vegetales estudiados, entre ellos FAME's de ácidos grasos saturados, mono y poliinsaturados e isómeros el ácido oleico y linoleico. De los cuales se pudieron identificar los FAME's de los ácidos grasos C14:0, C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 C22:1 y C18:3 como picos mayoritarios en aceites vírgenes, luego confirmados con el método de Kovats observándose en la gráfica de logaritmo base 10 del tiempo de retención corregido versus el número de carbono el coeficiente de determinación superiores a 0.99. Además con este método se pudo predecir los tiempos de retención de los FAME's de los ácidos C14:1, C20:0, C20:1, C22:0, C22:1, C24 y C24:1.

Presentados los perfiles de ácidos grasos de aceites vírgenes contra los aceites comerciales se encuentra que los aceites de soya y oleína de palma son genuinos, en cambio el aceite de maíz y girasol presentan discrepancias con respecto a los aceites vírgenes, y una similitud de composición con el aceite de soya por lo que podrían clasificarse como mezclas.

Referencias

- [1] (2016) Sitio Web DIGESTYC. [En línea]. Disponible en: <http://www.digestyc.gob.sv/>
- [2] D. Voet, J. Voet y C. Pratt. "Fundamentos de Bioquímica Molecular". Editorial Médica Panamericana, España, pp. 234, 2007.
- [3] Vaclavik, V. "Fundamento de la ciencia de los alimentos". Editorial Acribia, Zaragoza, España, pp. 251,252, 1998.
- [4] Wade, L. G. "Química Organica". Editorial Pearson Educación, Madrid, España, pp. 937, 1162-1179, 2012.
- [5] Badui, S. "Química de los Alimentos". Editorial Pearson Educación, México, pp. 247-250, 2006.
- [6] Turizo, A. "Guía para la elaboración de aceites comestibles, caracterización y procesamiento de nueces". Convenio Andrés Bello, Bogotá, Colombia, pp. 7, 2004.

- [7] Dean, J. L. "Métodos instrumentales de análisis". California, Grupo editorial Iberoamérica, Estados Unidos, pp. 505, 1991.
- [8] Universidad Nacional Autónoma de México. "Técnicas Cromatográficas", 2007 [En línea]. Available: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/M.Cromatograficos_6700.pdf. [Último acceso: 12/ 08/ 2016].
- [9] Barquero, M. "Principios y aplicaciones de la cromatografía de gases". Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, pp. 1,13,16, 31,32, 2006.
- [10] Rubinson, K. "Análisis Instrumental". Editorial Pearson Educación, Madrid, España, pp.684, 2004.
- [11] Liu, K, "Preparation of fatty acids methyl esters for gas-chromatographic analysis of lipids in biological materials", *Journal of the American Oil Chemist'*, vol. 71, pp. 1180, 1994.
- [12] ISO Organización Internacional de Estandarización, ISO no. 12966-2, Preparación de ésteres metílicos de ácidos grasos. 2011.
- [13] Iturbe, F. A. "Alimentos ricos en lípidos y deficiente". Universidad Nacional Autónoma de México. México, pp. 34, 2005.
- [14] Ortoll, U. "Determinación de los ácidos omega 3 CIS-5,8,11,14,17-eicosapentaenoico (EPA) y CIS-4,7,10,13,16,19-docosa-hexaenoico (DHA) en aceites de pescado por cromatografía de gases con detector FID", *Instituto Químico de Sarriá*, pp. 34, s.f.

