

NMX-F-089-SCFI-2008

**ALIMENTOS - DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS CIS-,
TRANS-, SATURADOS, MONOINSATURADOS Y POLI-
INSATURADOS EN ACEITES Y GRASAS DE ORIGEN VEGETAL O
ANIMAL DE ANIMALES NO RUMIENTES POR CROMATOGRAFÍA
CAPILAR GAS LÍQUIDO - MÉTODO DE PRUEBA**

**FOODS - VEGETABLE OR ANIMAL FATS AND OILS -
DETERMINATION OF CIS-, TRANS-, SATURATED,
MONOINSATURATED AND POLYUNSATURATED FATTY ACIDS
IN VEGETABLE OR NON-RUMINANT ANIMAL OILS AND FATS
BY CAPILLARY GLC - TEST METHOD**

PREFACIO

En la elaboración de la presente norma mexicana participaron las siguientes empresas e instituciones:

- AARHUS UNITED MEXICO, S.A. DE C.V.
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES DE ACEITES Y MANTECAS COMESTIBLES, A.C.
- CÁMARA DE ACEITES Y PROTEINAS DE OCCIDENTE, A.C.
- CÁMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES, A.C.
- CÁMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE ACEITES, GRASAS, JABONES Y DETERGENTES, A.C.
- CARGILL DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES Y SIMILARES
- CORAL INTERNACIONAL, S.A. DE C.V.
- FÁBRICA DE JABÓN LA CORONA, S.A. DE C.V.
- HIDROGENADORA YUCATECA, S.A. DE C.V.

- INDUSTRIAL PATRONA, S.A. DE C.V.
- MOLINOS UNIÓN DEL YAQUI, S.A. DE C.V.
- PROCURADURÍA FEDERAL DEL CONSUMIDOR
- RAGASA INDUSTRIAS, S.A. DE C.V.
- SECRETARÍA DE SALUD
Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios.
- TRON HERMANOS, S.A. DE C.V.
- UNILEVER BEST FOODS DE MEXICO, S.A. DE C.V.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

Número del capítulo		Página
1	Objetivo y campo de aplicación	1
2	Fundamento y alcance	1
3	Abreviaturas	2
4	Aparatos	3
5	Reactivos	4
6	Procedimiento	5
7	Cálculos	29
8	Método de precisión	33
9	Aseguramiento y control de calidad	40
10	Notas numeradas	40
11	Vigencia	44
12	Bibliografía	44
13	Concordancia con normas internacionales	45

ALIMENTOS - DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS CIS-, TRANS-, SATURADOS, MONOINSATURADOS Y POLI-INSATURADOS EN ACEITES Y GRASAS DE ORIGEN VEGETAL O ANIMAL DE ANIMALES NO RUMIENTES POR CROMATOGRAFÍA CAPILAR GAS LÍQUIDO – MÉTODO DE PRUEBA

FOODS – VEGETABLE OR ANIMAL FATS AND OILS – DETERMINATION OF CIS-, TRANS-, SATURATED, MONOINSATURATED AND POLYUNSATURATED FATTY ACIDS IN VEGETABLE OR NON-RUMINANT ANIMAL OILS AND FATS BY CAPILLARY GLC – TEST METHOD

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana establece el procedimiento de cromatografía gas-líquido (GLC) para la determinación de la composición de ácidos grasos, incluyendo isómeros de ácidos grasos trans de aceites y grasas vegetales y de origen animal de animales no rumiantes.

2 FUNDAMENTO Y ALCANCE

Los ésteres metílicos de los ácidos grasos (FAMES) de la muestra son separados en la columna capilar por cromatografía de gases, teniendo una fase estacionaria altamente polar de acuerdo con su longitud de cadena (CL) el grado de insaturación, la geometría y posición de los dobles enlaces.

Este método es especialmente designado para determinar, por un simple procedimiento de cromatografía de gases, el nivel de isómeros trans, ácidos grasos saturados (SAFA), ácidos grasos cis- trans monoinsaturados (MUFA) y ácidos grasos cis-trans poliinsaturados, (PUFA) de la misma muestra y en el mismo análisis. Con propósitos de etiquetado nutrimental se determina el contenido de grasa total, grasa saturada, monoinsaturada y poliinsaturada.

Este método es aplicable a aceites crudos, refinados, parcialmente hidrogenados, totalmente hidrogenados de origen vegetal y de animales no rumiantes. Este método no es recomendable para analizar lácteos, grasas y aceites de rumiantes, aceites marinos, poliinsaturados de cadena larga o productos adicionados con ácido Linoleico conjugado. Existen algunos ácidos grasos cis-trans aceptados (menores) por co-elución particularmente en la región del C18:1 (Ácido Oleico) usando esta técnica.

3 ABREVIATURAS

Para los propósitos de esta norma mexicana se establecen las siguientes abreviaturas:

GLC:	Cromatografía gas-Líquido
FAME:	Metil ésteres de ácidos grasos
CL:	Longitud de cadena
SAFA:	Ácidos Grasos Saturados
PUFA:	Ácidos grasos Poliinsaturados
MUFA:	Ácidos grasos monoinsaturados
FID:	Detector de ionización de Flama
TAG:	Triacilglicerol
CLA:	Ácido Linoleico Conjugado
GC-MS:	Cromatografía de gases-espectroscopia de masas
FTIR:	Espectroscopia infrarroja transformada de Fourier
IS:	Estándar Interno
TCF:	Factor de corrección teórico del ionizador de flama
TRF:	Factor de respuesta teórico de ionizador de flama

4 APARATOS

- 4.1 Cromatógrafo de gases: adecuado para usarse con columna capilar con:
 - 4.1.1 Cámara termostática para usar columna capilar capaz de mantener la temperatura deseada de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.
 - 4.1.2 Puerto de inyección con temperatura controlada en el modo de inyección repartido (split).
 - 4.1.3 Detector de Ionización de Flama (FID) Integrador, reordenador y amplificador electrónico.
- 4.2. Columna Capilar: Columna capilar de sílice fundido de 100 m de largo y 0,25mm de diámetro interior cubierto con una fase estacionaria de SP-2560 o CP-Sil 88, Cianopropilsilicon 100% con un espesor de 0,20 μm (comercialmente la columna preparada esta disponible:
- 4.3 Micro jeringa para cromatógrafo de gases de 10 μL , con aguja resistente.
- 4.4 Gas acarreador: Hidrógeno o helio con el 99,99% de pureza o mejor, gas grado cromatográfico, seco y filtros adecuados para remover oxígeno.
- 4.5 Flama de Gas Hidrógeno y aire, gases grado Cromatografico.
- 4.6 Gas complementario (Make-up Gas) - Nitrógeno o helio grado cromatográfico.
- 4.7 Puerto de Inyección (liner split) de 4 mm diámetro interno y 6,3 mm diámetro externo, y 78,5 mm de longitud, con lana de vidrio (ver nota 2)

5 REACTIVOS

Utilizar únicamente los reactivos como se especifica en el inciso 12.3. Si no es posible, utilizar reactivos grado analítico y agua de grado 3 mínimo. Como se menciona en el inciso 12.4.

5.1 Estándar de referencia FAMES - Ésteres metílicos de ácidos grasos puros, en particular los isómeros Cis - Trans del ácido Octadecenoico (Oleico), isómeros Cis - Trans del Octadecadienoico (Linoleico), isómeros Cis - Trans del Octadecatrienoico (α -Linolénico). Rangos amplios de isómeros de ésteres metílicos (Octadecenoico) están disponibles en el mercado. Isómeros trans geométricos del Linoleico y α -Linolenico, pueden ser preparados en el laboratorio con ayuda del ácido p-Toluensulfónico (ver inciso 12.9).

5.2 Triacilglicerol (TAG) solución de estándar interno (IS) (Para calcular el contenido de ácidos grasos en mg por 100 g de aceite o 100 g de muestra de alimento) -C21:0- TAG triheneicosanoina, (Pureza > 99%), 5 mg/ml de cloroformo. La solución de estándar interno (TAG) es indefinidamente estable, si se toman las precauciones para evitar la pérdida de cloroformo evitando cambios en la concentración del estándar interno. Cuando no se utilice, almacenar la solución en el refrigerador bien sellado y en envase color ámbar la Triheneicosanoina pura esta disponible en el mercado la pureza del estándar interno deberá ser confirmada por cromatografía de capa fina, cromatografía de líquidos de alta resolución, cromatografía de gases o por otra técnica apropiada.

6 PROCEDIMIENTO

6.1 Preparación de ésteres metílicos de los ácidos grasos.

6.1.1 Para Aceites y Grasas:

Use un procedimiento estándar, por ejemplo el indicado en el inciso 12.10 o el inciso 12.8. Antes de la metilación agregue cantidad suficiente de estándar interno al matraz de reacción, luego agregue la grasa o aceite. La concentración final del estándar interno debe estar entre 0,5 mg/mg - 0,10 mg/mg de aceite o grasa. Cuando se usa cloroformo en la solución del estándar interno debe ser evaporado antes del procedimiento de la metilación.

- 6.1.2 Disolver los ésteres metílicos de los ácidos grasos preparados en n-hexano o en n-heptano, la concentración debe ser aproximadamente de 15 mg/ml – 20 mg/ml n-hexano o n-heptano.
- 6.2 Cromatógrafo
 - 6.2.1 Las condiciones de operación son las siguientes:
 - 6.2.1.1 Temperatura del puerto de inyección: 250°C
 - 6.2.1.2 Temperatura del Detector: 250°C
 - 6.2.1.3 Temperatura del Horno: 180°C
 - 6.2.2 Se pueden utilizar dos gases acarreadores:
 - 6.2.2.1 Gas Acarreador: hidrógeno.
 - 6.2.2.1.1 Presión de entrada de la columna 170 kPa (25 psi)
 - 6.2.2.1.2 Flujo de 1,0 ml/min
 - 6.2.2.1.3 Velocidad Lineal: 26 cm/s
 - 6.2.2.1.4 Relación de Partición (Split ratio):100:1
 - 6.2.2.2 Gas Acarreador: Helio
 - 6.2.2.2.1 Presión de entrada de la Columna 286 kPa (41 psi)
 - 6.2.2.2.2 Flujo de 1,0 m/min
 - 6.2.2.2.3 Velocidad Lineal: 19 cm/s
 - 6.2.2.2.4 Relación de partición (Split ratio):100:1
 - 6.2.3 Inyectar 1 µL, el cual es equivalente a 15 µg-20 µg de ácidos grasos.

6.3 Revisión del desempeño:

El desempeño de la columna es comprobado usando una mezcla de ésteres metílicos, que cubra el rango de ácidos grasos que están en investigación. Las figuras 1 a la 4 nos muestra la separación de una mezcla que contiene: C12:0; 9c-18:1; 11c-18:1; 9c, 12c, 15c-18:3; 11c-20:1; y el estándar interno C21:0 usando cada gas acarreador en combinación con la columna. Debido a que el diseño de fabricación de los cromatógrafos es diferente, sí la separación obtenida no es idéntica a los cromatogramas ejemplo, se requiere hacer pequeños ajustes en el tamaño y concentración de la muestra o la temperatura del horno. De tal manera que se ajuste el tamaño de la muestra, concentración de la muestra o temperatura del horno, hasta obtener los mejores resultados. Si la temperatura de la columna necesita ser ajustada, hacerlo paso a paso, 1°C de incremento en cada paso.

NOTA: En las columnas capilares SP-2560, CP-Sil 88 o alguna otra columna capilar de cianopropilsilicona, la temperatura de la columna tiene un importante efecto sobre el patrón de elusión de 13t +14t-C18:1, 16t-C18:1, 14c-C18:1 , 9c,12c, 15t-C18:3, 11c-C20:1 y 9c,12c15c-C18:3 (ver inciso 12.8), la mejor resolución isotérmica de éstos y otros ácidos grasos se obtiene cuando la columna se opera a 180°C.

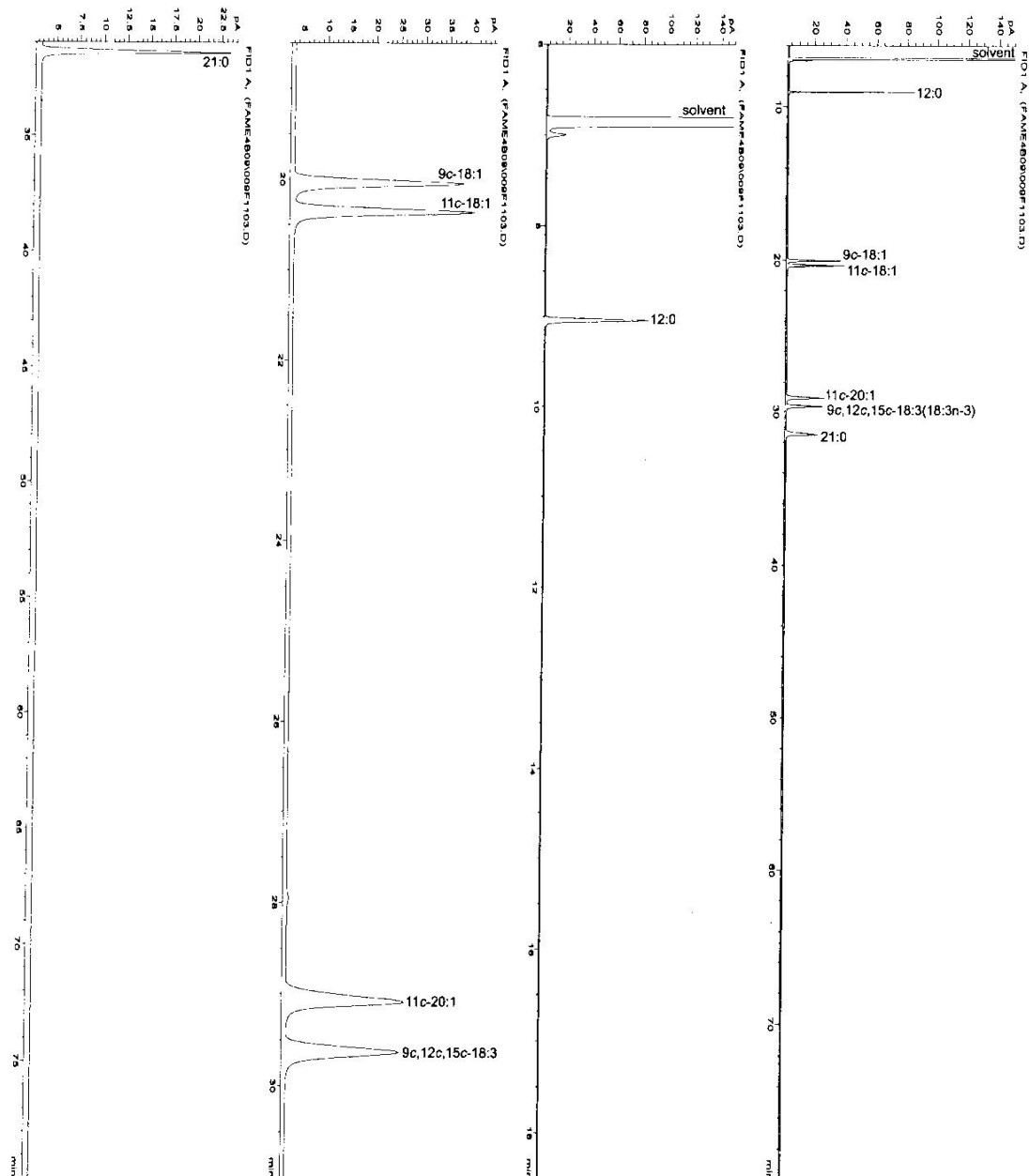


FIGURA 1.- Mezcla disponible [CP-Sil 88; Iso @ 180°C @ 1,0 mL/min. (26cm/s); H₂; 1:100]

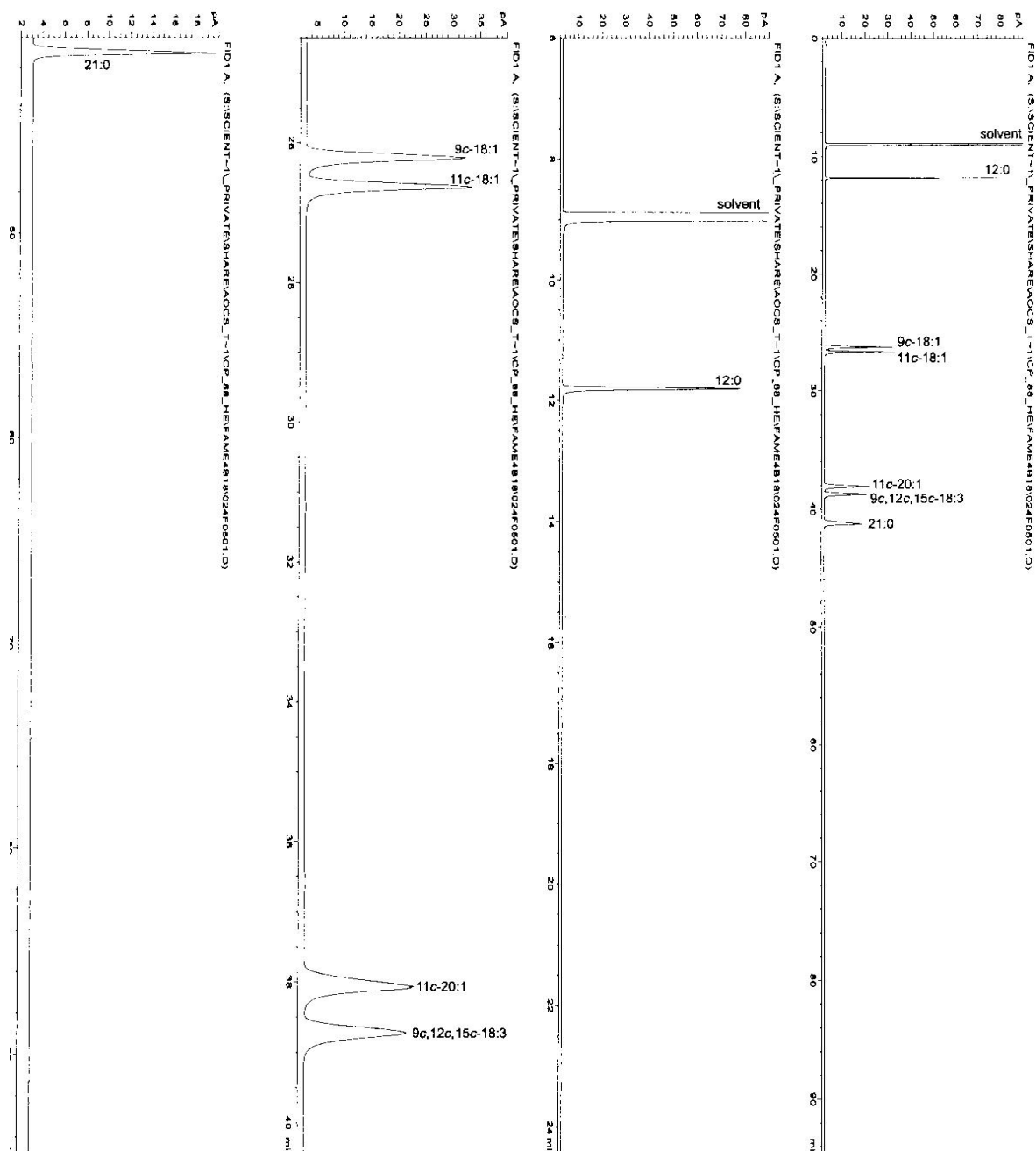


FIGURA 2.- Mezcla disponible [CP-Sil 88: Iso @ 180°C @ 1,0mL/ min. (19cm/s); He; 1:100]

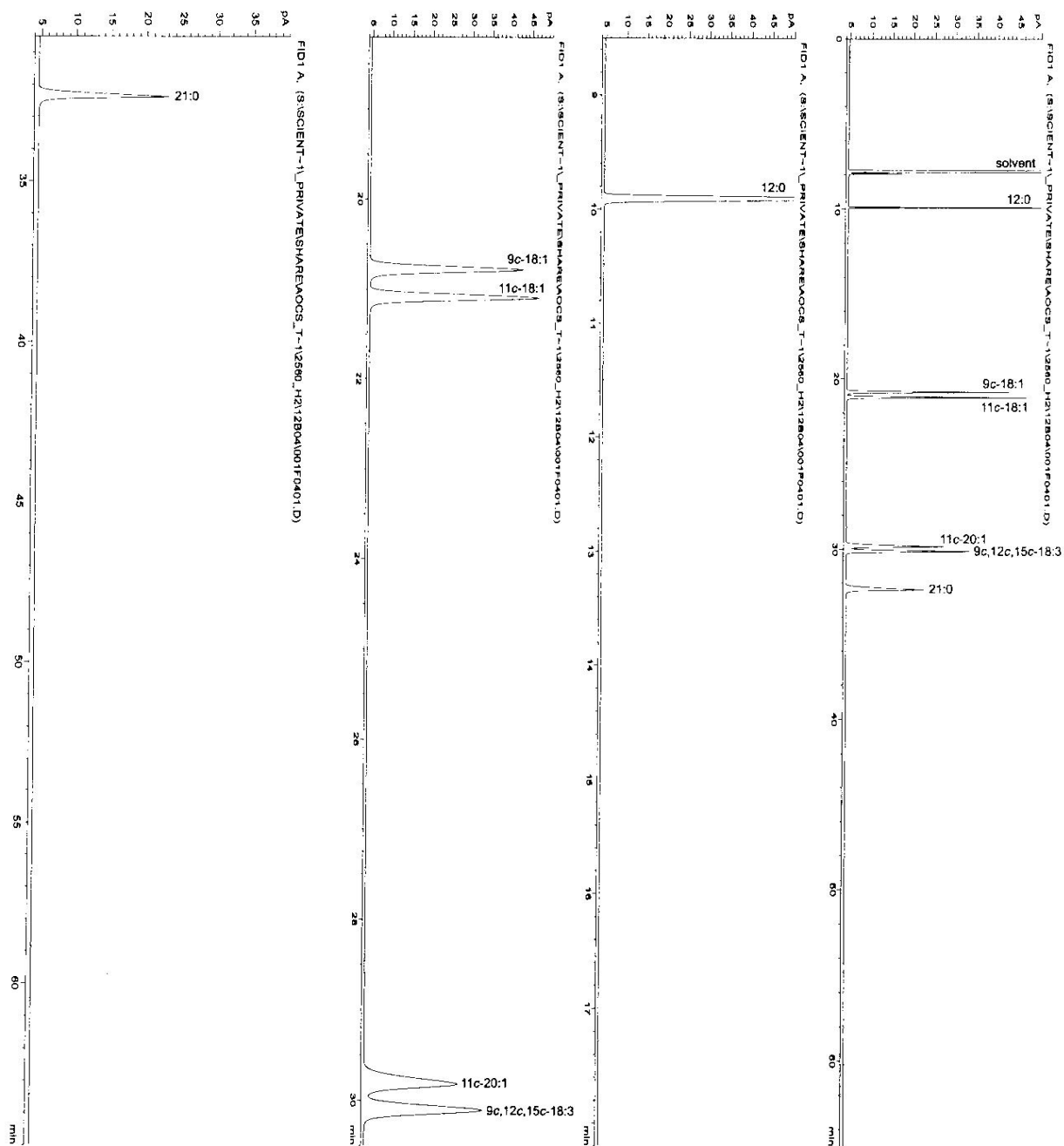


FIGURA 3.- Mezcla disponible [Sp-2560; Iso @ 180°C @ 1,0 mL/min (26 cm/s); H2; 1:100]

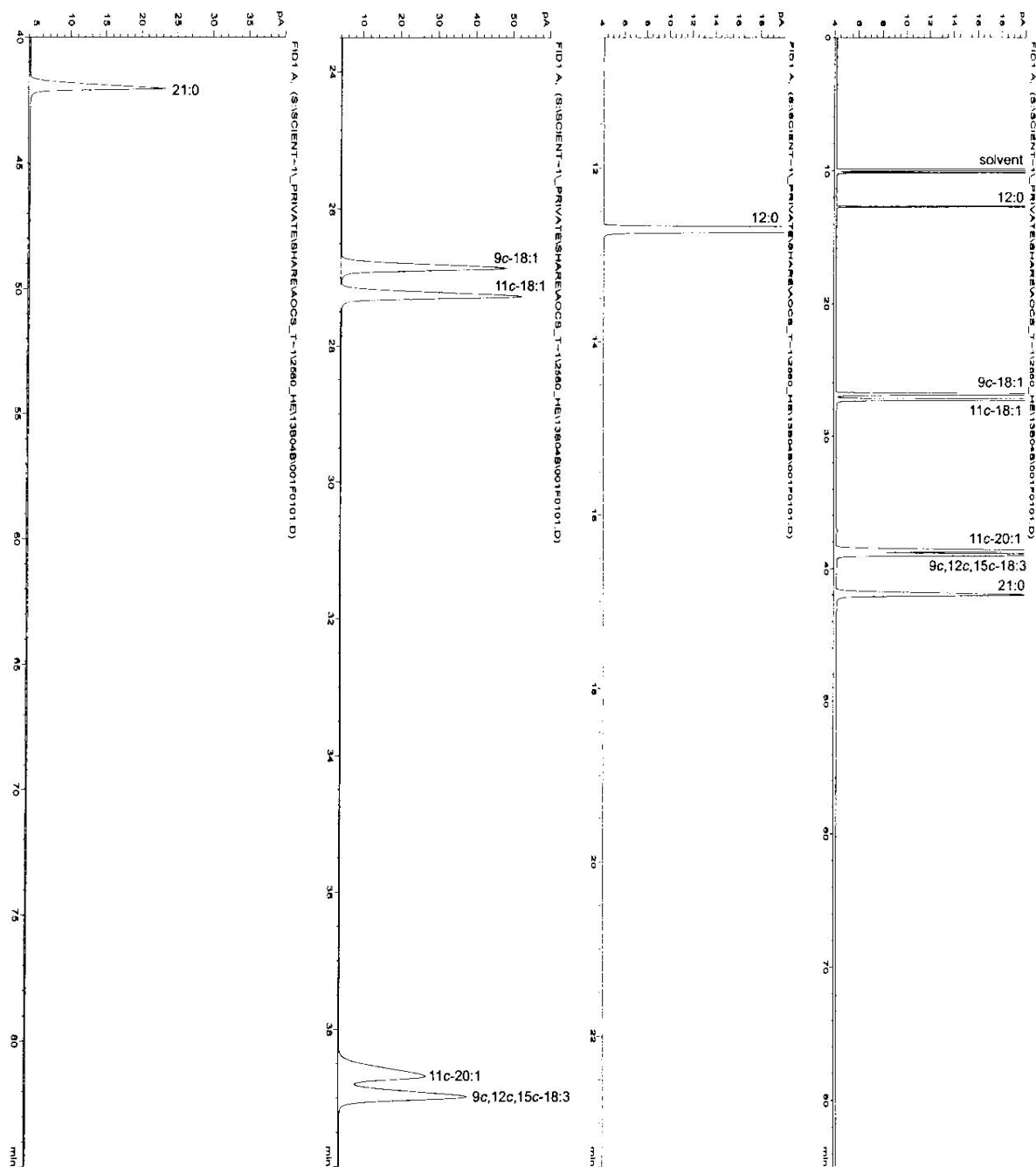


FIGURA 4.- Mezcla disponible [SP-2560; Iso @ 180°C @ 1,0 mL/min (19cm/s); He; 1:100]

6.4 Identificación de picos:

Los ésteres metílicos de los ácidos grasos individuales, son identificados por tiempo de retención, los cuales son comparados con los estándares de ésteres metílicos de los ácidos grasos y muestras de aceites hidrogenados como referencia ver figuras 5-16 para ejemplos de cromatogramas de las muestras de referencia. Cuando son observados picos de identidad desconocida, identificarlos con procedimientos apropiados tales como GC-MS, FTIR Cromatografía de iones de plata y métodos clásicos químicos (ver inciso 12.9). Los picos de identidad desconocida no deberían ser incluidos en la suma de las áreas de los picos cuando se cuantifique la concentración total de la grasa saturada, cis-monoin saturada, cis-poliinsaturada y trans- de ácidos grasos, a menos que se haya confirmado que son ácidos grasos.

La regulación sobre etiquetado de alimentos en Norte América (ver inciso 12.10 y 12.11) define la grasa total como la suma de los ácidos grasos generados de todas las clases de lípidos presentes en el alimento y expresados como un equivalente de Triacilglicerol (TAG). Esto requiere convertir la medición de ésteres metílicos obtenidos por cromatografía de gases en equivalentes de TAG. Los factores de conversión de los ésteres metílicos individuales en equivalentes TAG están dados en la tabla 1. Los ácidos grasos listados en la tabla 1 cubren todas las longitudes de cadena (de C4 hasta C24) y dobles enlaces (de 0 a 6) que son encontrados en alimentos comunes y suplementos alimenticios. El ácido linoleico conjugado (CLA) no es considerado normalmente.

Las regulaciones sobre etiquetado de alimentos en Canadá (ver inciso 12.10) y los Estados Unidos (ver inciso 12.11) requiere la declaración obligatoria de las cantidades de ácidos grasos cis monoin saturados totales, Cis poliinsaturados totales, Saturados totales y ácidos grasos trans. Además el valor del total de n-6 y n-3 de ácidos poliinsaturados, pueden ser declarados de forma voluntaria en el etiquetado nutrimental (ver nota 10.3). En contraste para la grasa total, los ácidos grasos deben ser expresados como ácidos grasos libres. El factor para la conversión de los ésteres metílicos individuales (FAMES) en ácidos grasos libres se proporciona en la tabla 1.

TABLA 1.- Factor de conversión de ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) a ácidos grasos y equivalentes a Triacilglicerol (TAG)

Ácido Graso	F_{FAX}^a	F_{TAGx}^b	Ácido Graso	F_{FAX}^a	F_{TAGx}^b
4:0	0,862 7	0,986 8	18:4	0,951 7	0,995 4
6:0	0,892 3	0,989 7	20:0	0,957 0	0,995 9
8:0	0,911 4	0,991 5	20:1	0,956 8	0,995 9
10:0	0,914 7	0,992 8	20:2	0,956 5	0,995 8
11:0	0,930 0	0,993 3	20:3	0,956 2	0,995 8
12:0	0,934 6	0,993 7	20:4	0,956 0	0,995 8
13:0	0,938 6	0,994 1	20:5	0,955 7	0,995 8
14:0	0,942 1	0,994 5	21:0	0,958 8	0,996 1
14:1	0,941 7	0,994 4	22:0	0,960 4	0,996 2
15:0	0,945 3	0,994 8	22:1	0,960 2	0,996 2
15:1	0,944 9	0,994 7	22:2	0,960 0	0,996 2
16:0	0,948 1	0,995 0	22:3	0,959 8	0,996 1
16:1	0,947 7	0,995 0	22:4	0,959 5	0,996 1
17:0	0,950 7	0,995 3	22:5	0,959 3	0,996 1
17:1	0,950 3	0,995 2	22:6	0,959 0	0,996 1
18:0	0,953 0	0,995 5	23:0	0,962 0	0,996 4
18:1	0,952 7	0,995 5	24:0	0,963 3	0,996 5
18:2	0,952 4	0,995 4	24:1	0,963 2	0,996 5
18:3	0,952 0	0,995 4			

NOTAS:

^aF_{FAX} Factor de conversión para convertir de FAMEs a su correspondiente ácido graso

^bF_{TAGx} Factor de conversión para convertir FAMEs al correspondiente equivalente de TAG

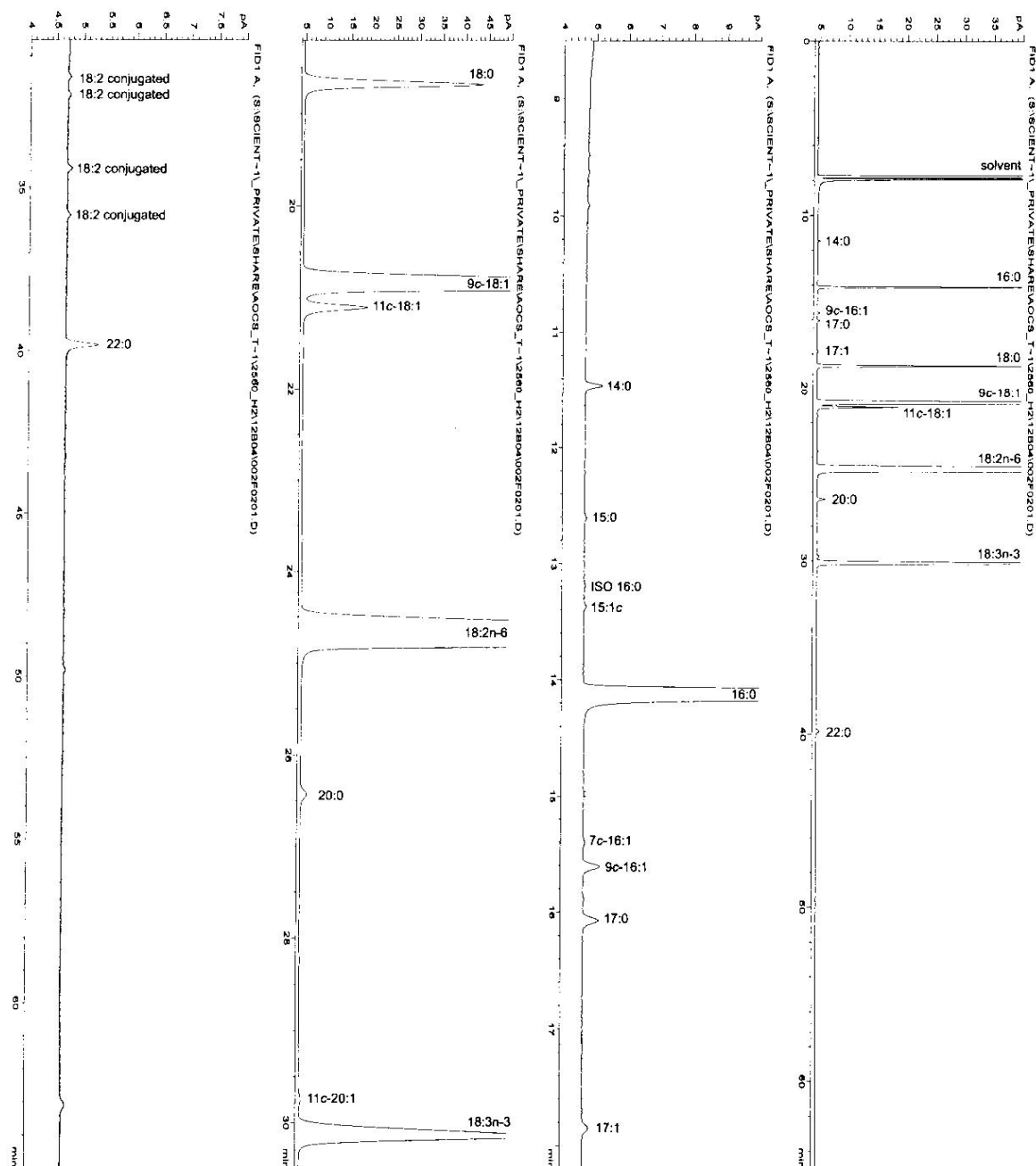


FIGURA 5.- Aceite Vegetal [SP-2560; Iso @ 180°C @ 1,0 mL/min
(26 cm/s); H₂; 1:100]

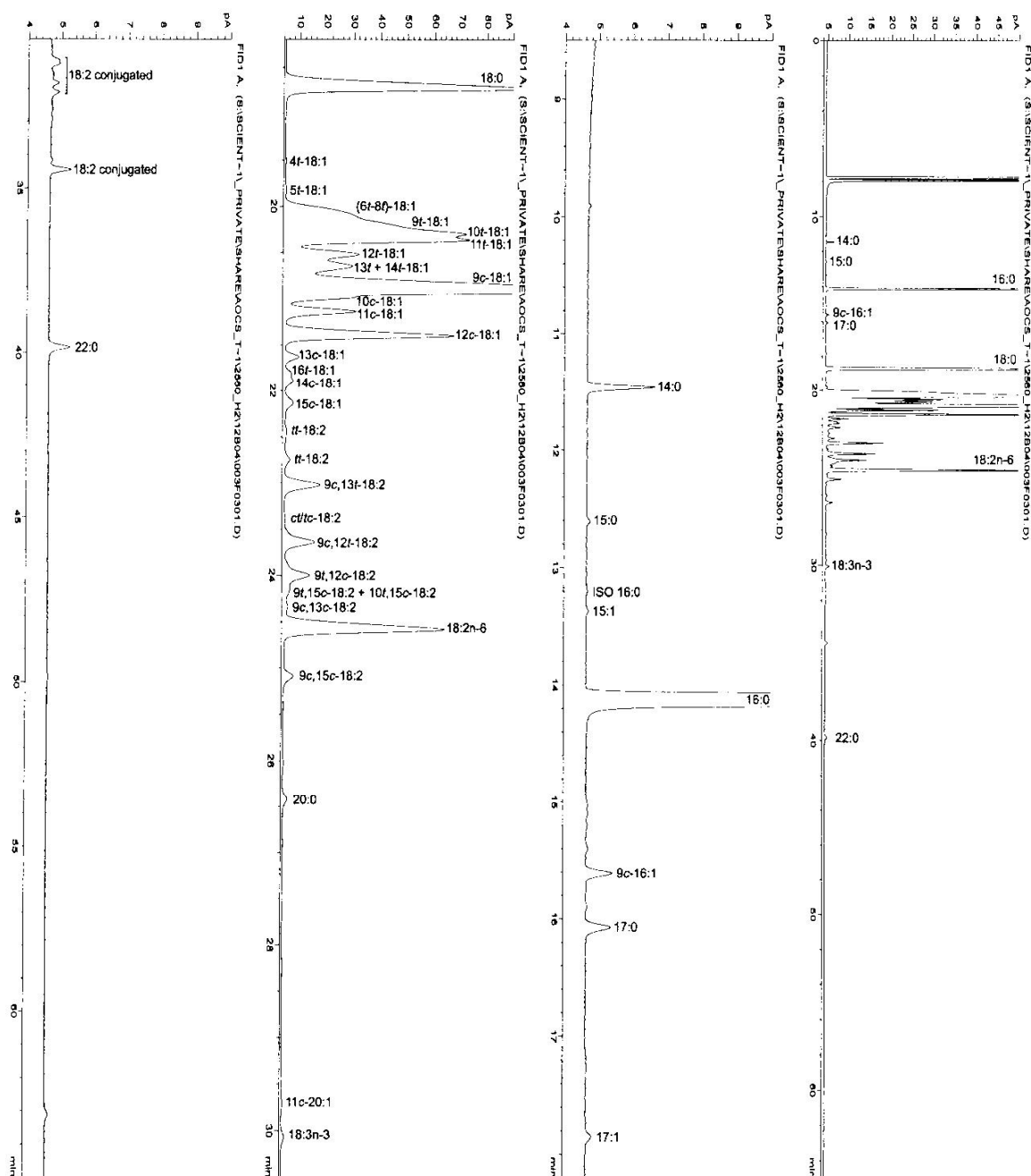


FIGURA 6.- Aceite bajo en TRANS [SP-2560; Iso @ 180°C @ 1,0 mL/min (26 cm/s); H₂; 1:100]

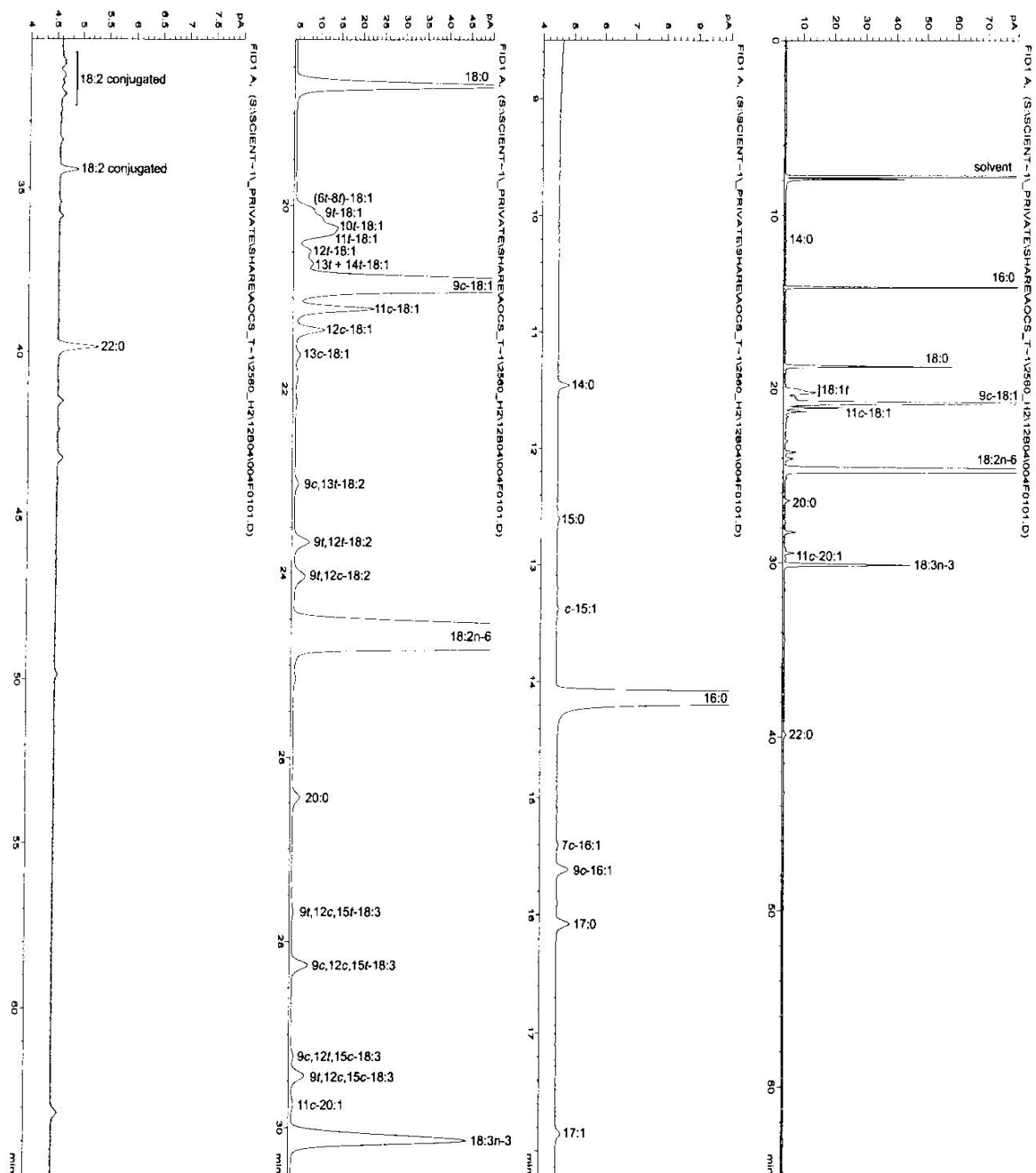


FIGURA 7.- Aceite bajo en TRANS [SP-2560; Iso @ 180°C @ 1,0 mL/min (26 cm/s); H₂; 1:100]

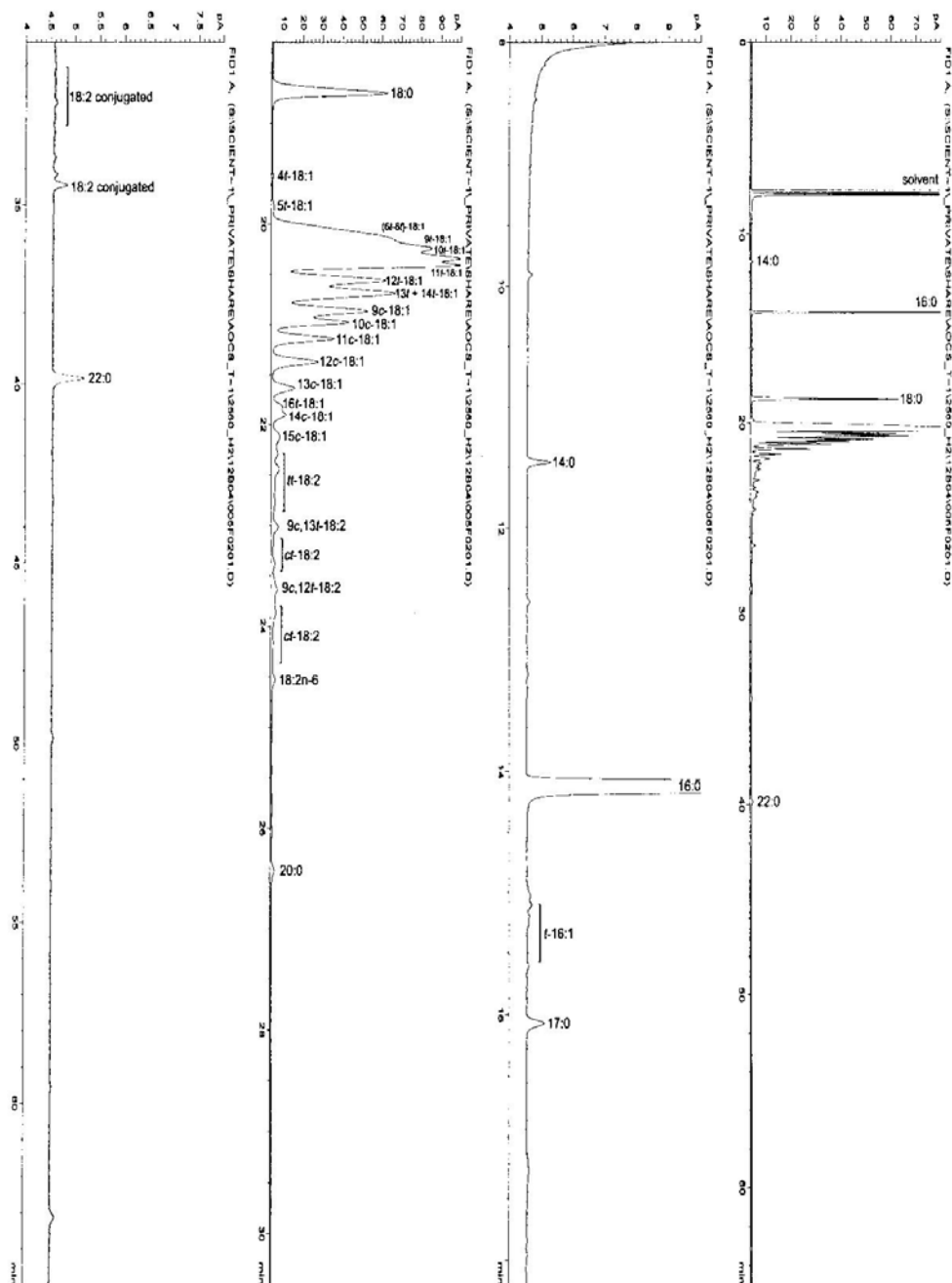


FIGURA 8.- Capa compuesta [SP-2560; Iso @ 180°C - 1,0 mL/min
(26 cm/s); H₂; 1:100]

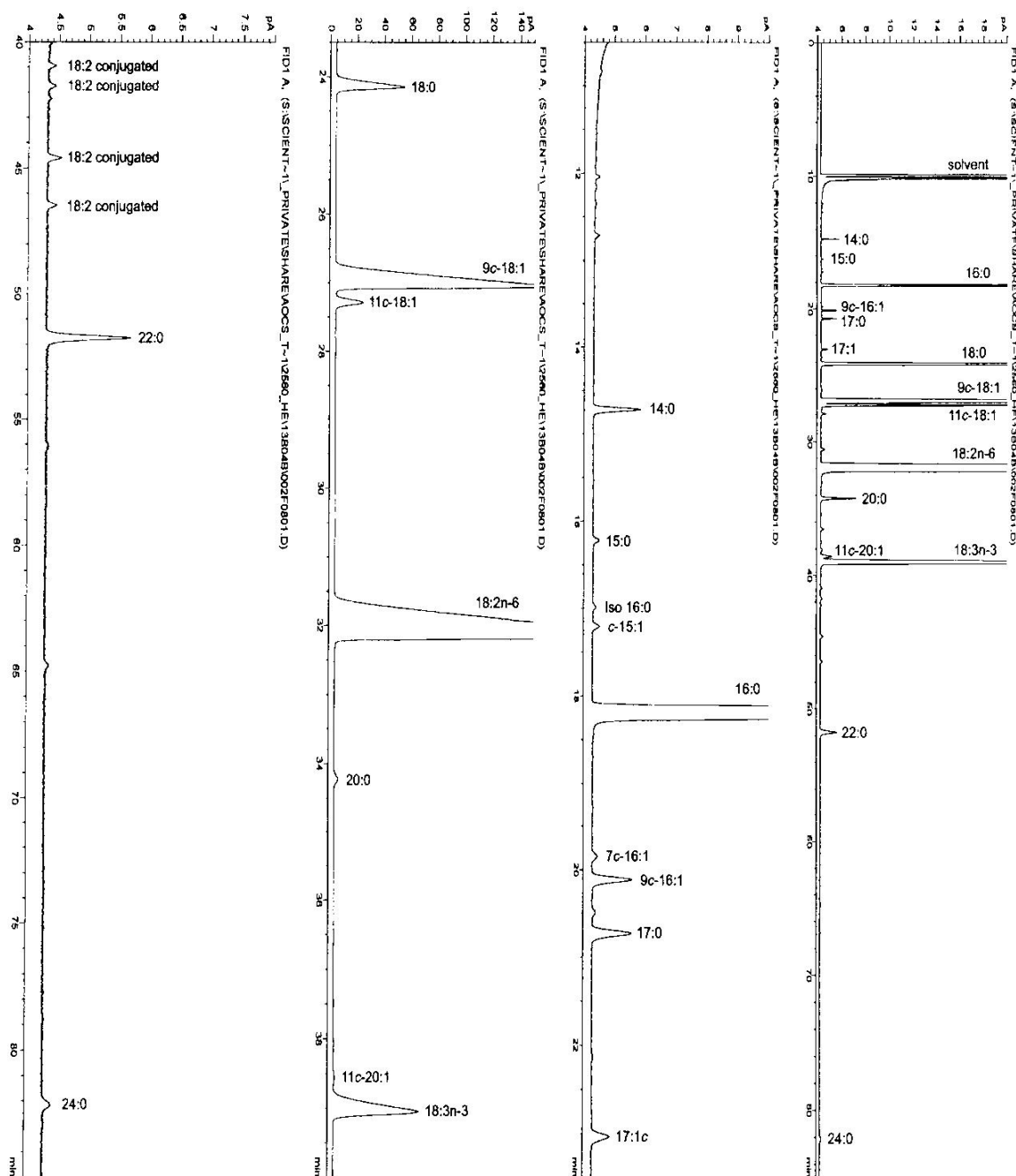


FIGURA 9.- Aceite de soya [SP-2560; Iso @ 180°C @ 1,0 mL/min (19cm/s); He; 1:100]

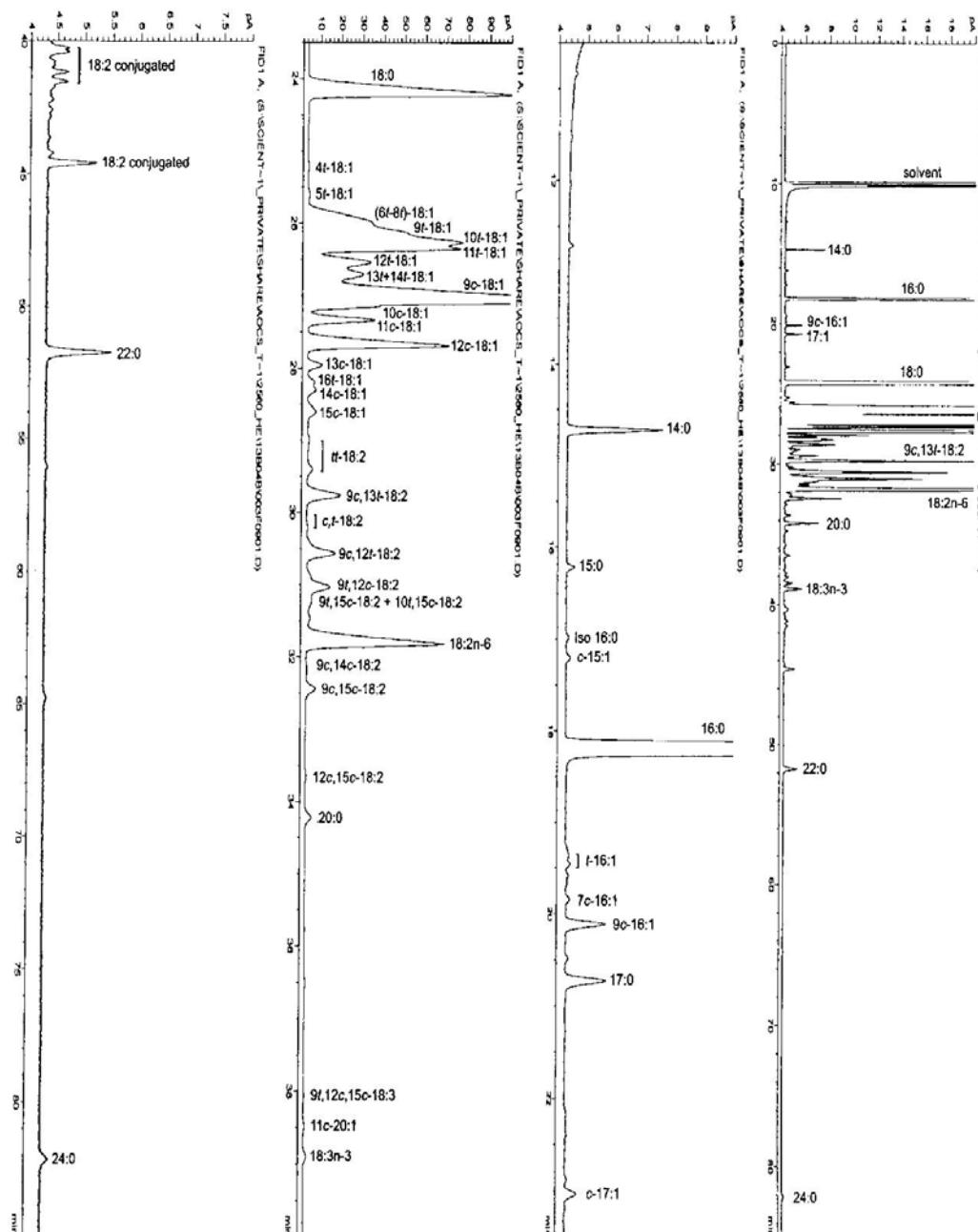


FIGURA 10.- Margarina [SP-2560: Iso @ 180°C @ 1,0mL/min (19cm/s); He; 1:100]

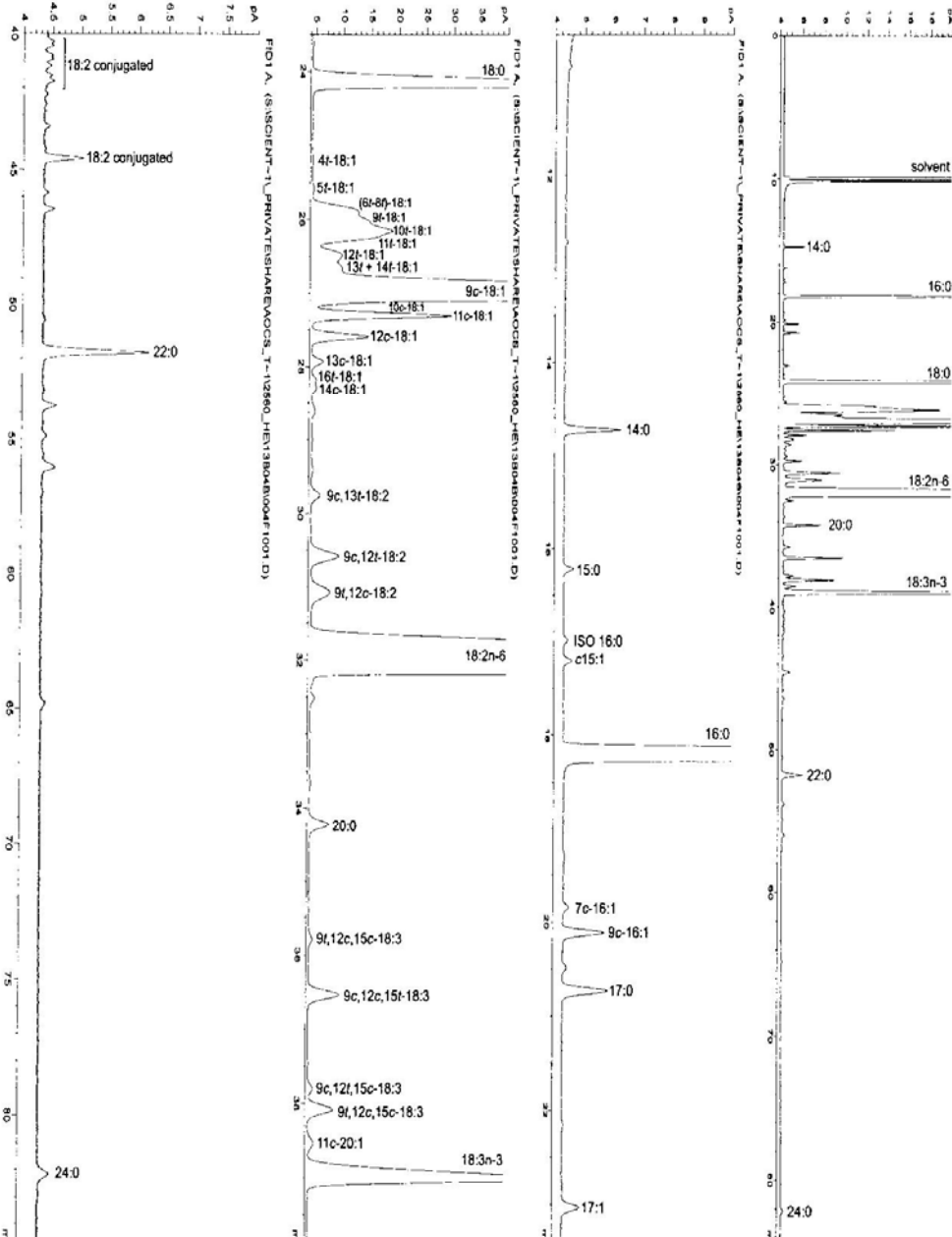


FIGURA 11.- Aceite bajo en TRANS (SP-2560; Iso @ 180°C @ 1,0 mL/min (19 cm/s); He; 1:100]

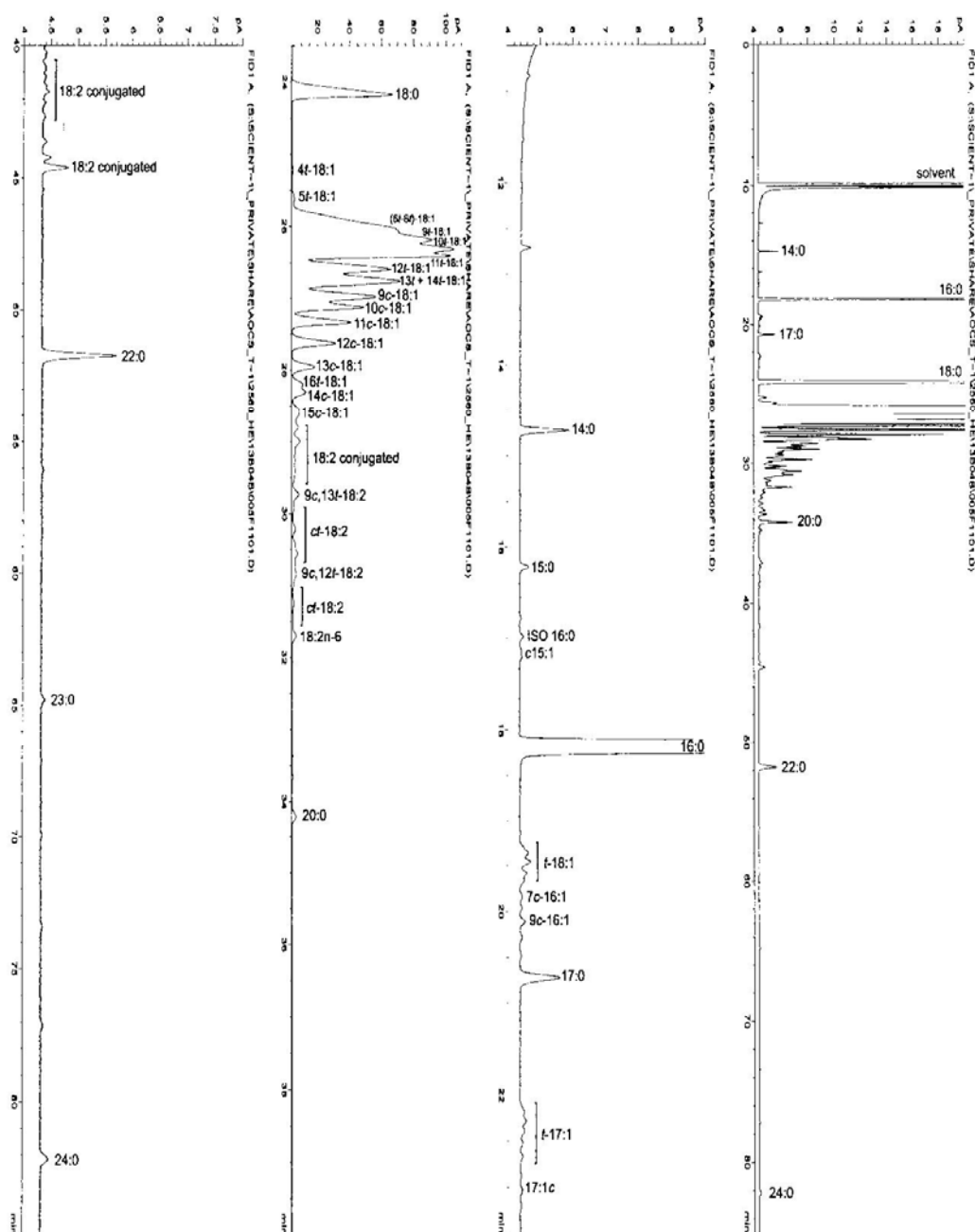


FIGURA 12.- Capa compuesta [SP-2560; Iso @ 180°C @ 1,0 mL/min (19 cm/s); H₂; 1:100]

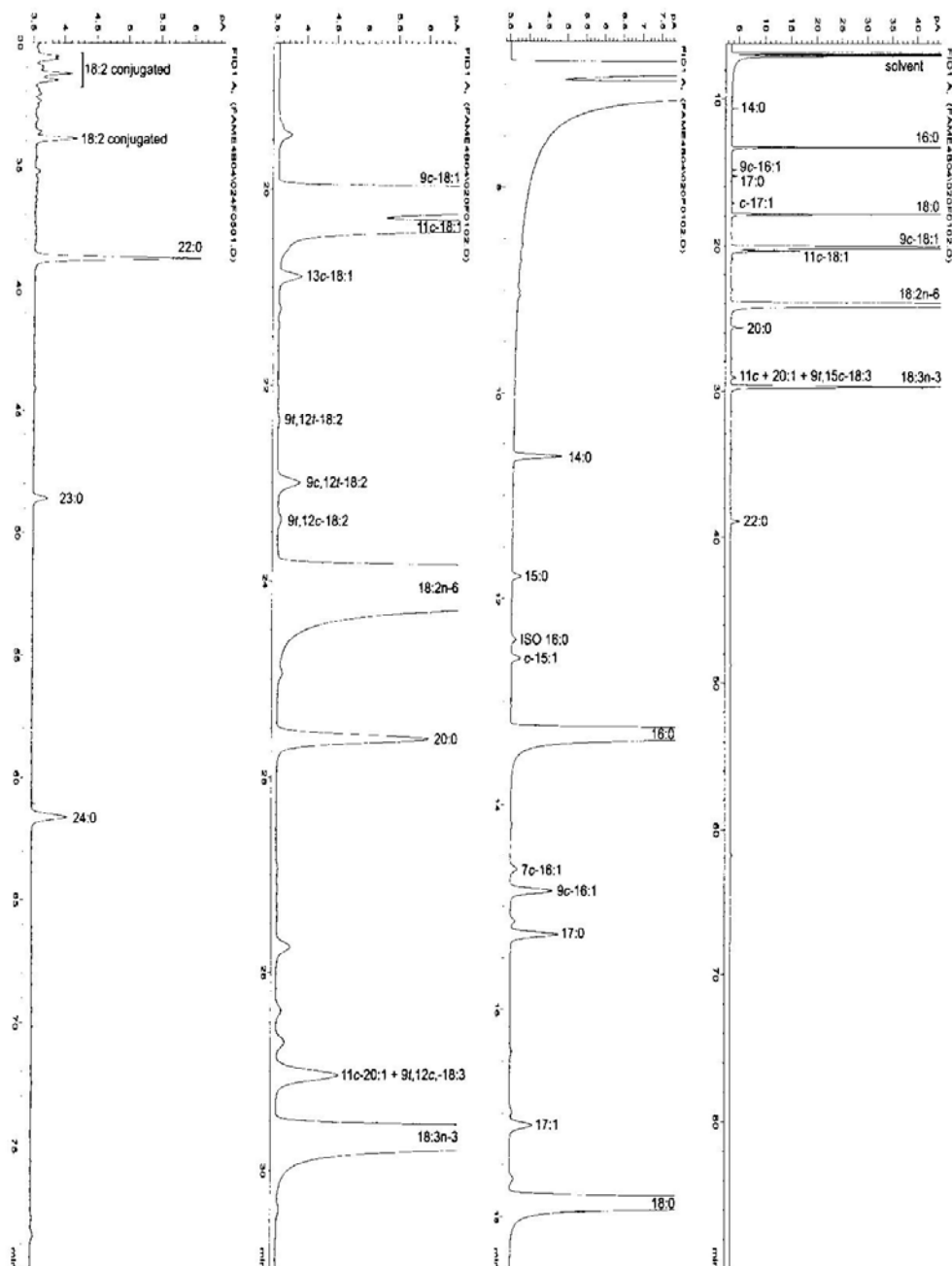


FIGURA 13.- Aceite de soya [CP-Sil 88; Iso @ 180°C @ 1,0 mL/min (26 cm/s); H₂; 1:100]

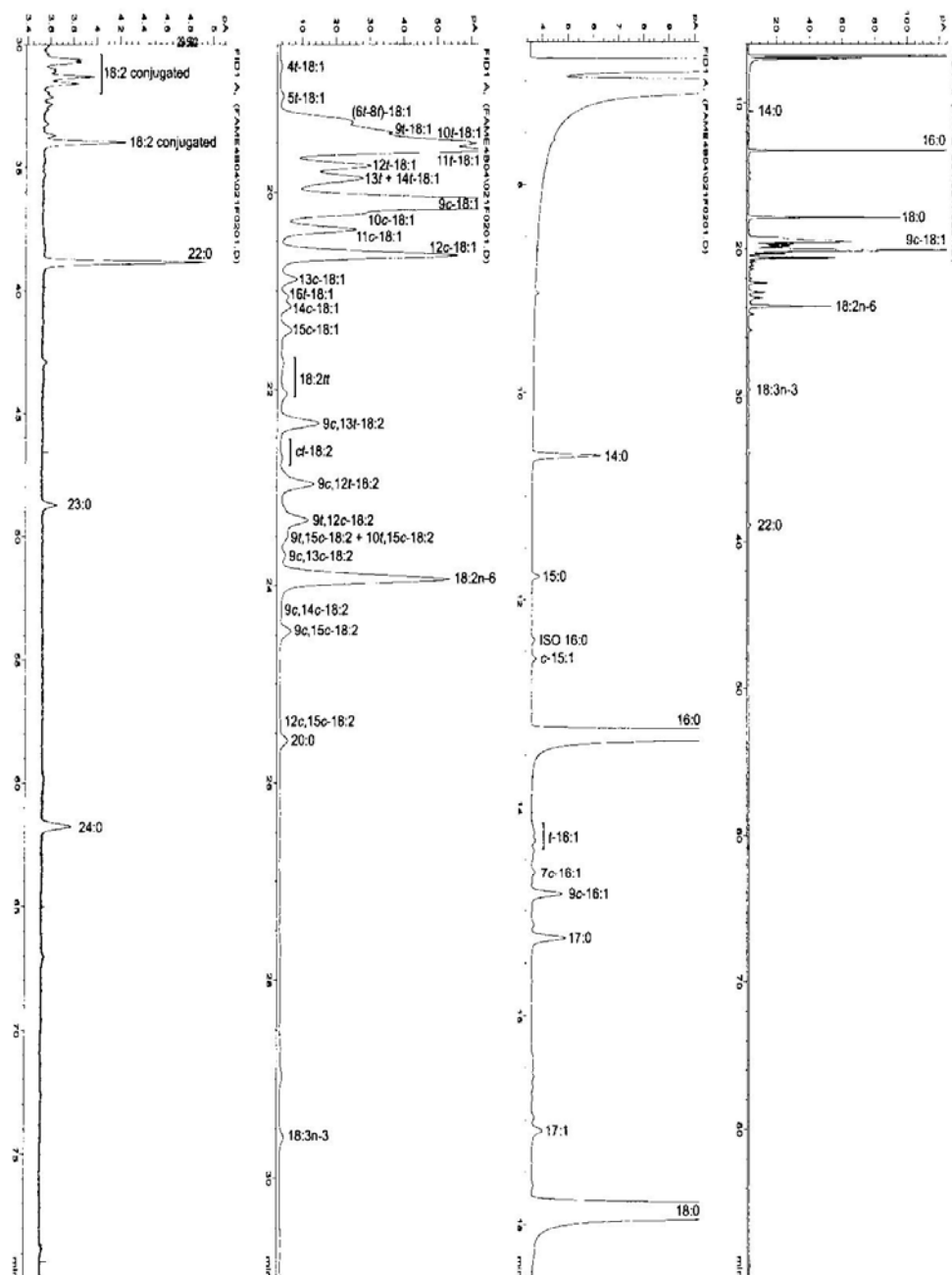


FIGURA 14.- Margarina [CP-Sil 88; Iso @ 180°C @ 1,0 mL/min (26cm/s); H₂; 1:100]

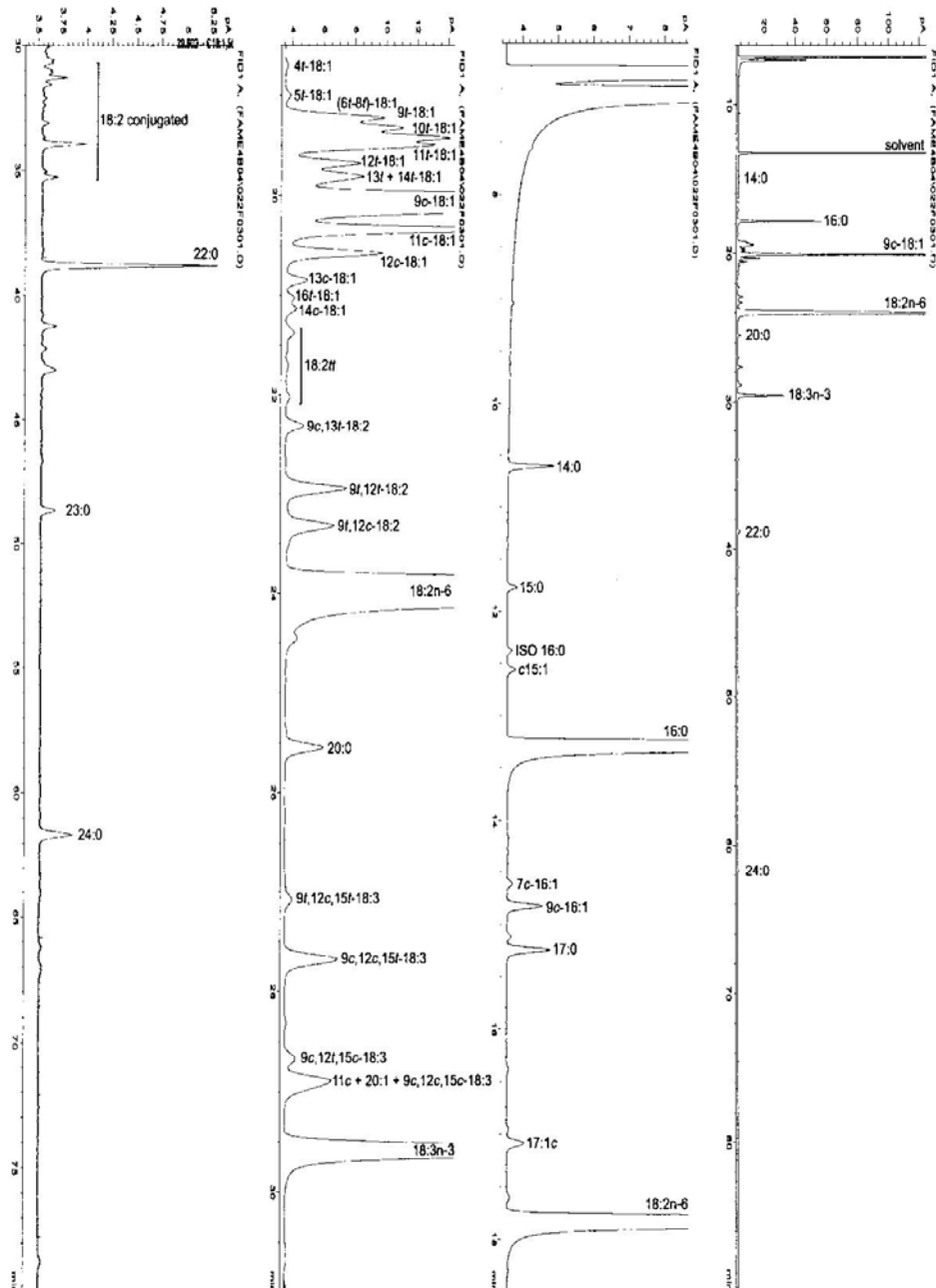


FIGURA 15.- Aceite bajo en TRANS [CP-sil 88; Iso @ 180°C @ 1,0 mL/min (26cm/s); H₂; 1:100]

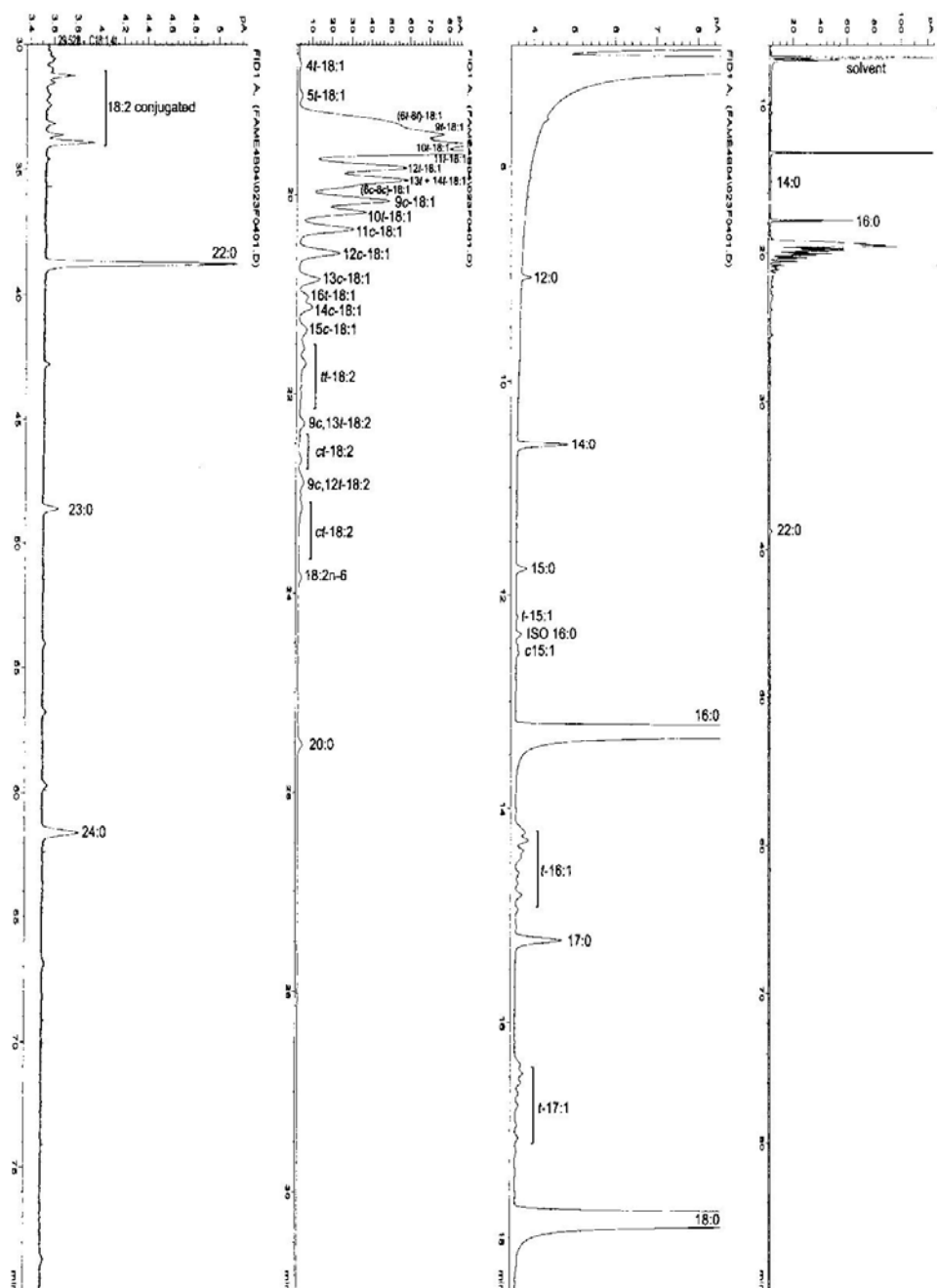


FIGURA 16.- Capa compuesta [CP-sil 88; Iso @ 180°C @ 1,0 mL/min (26cm/s); H₂; 1:100]

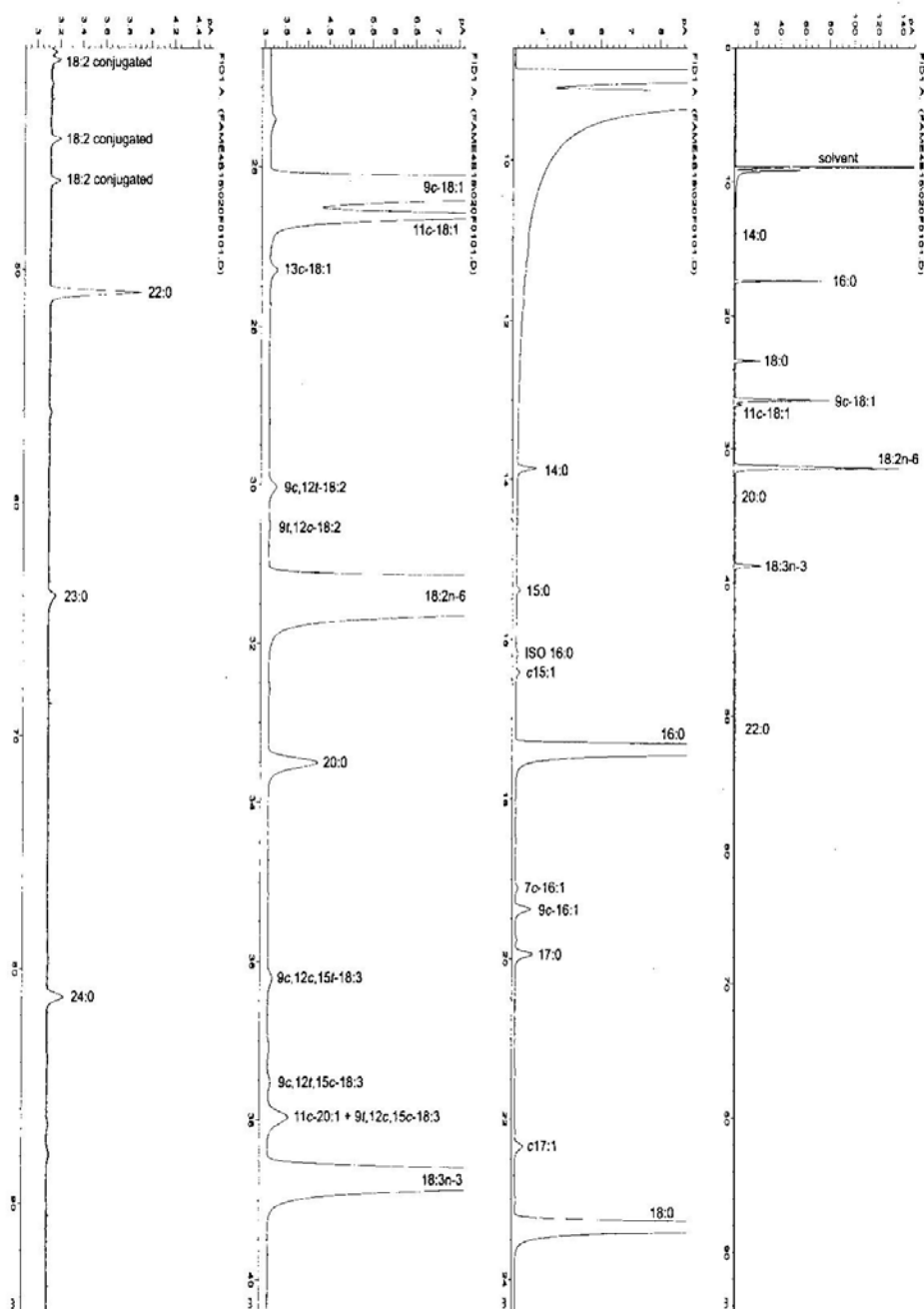
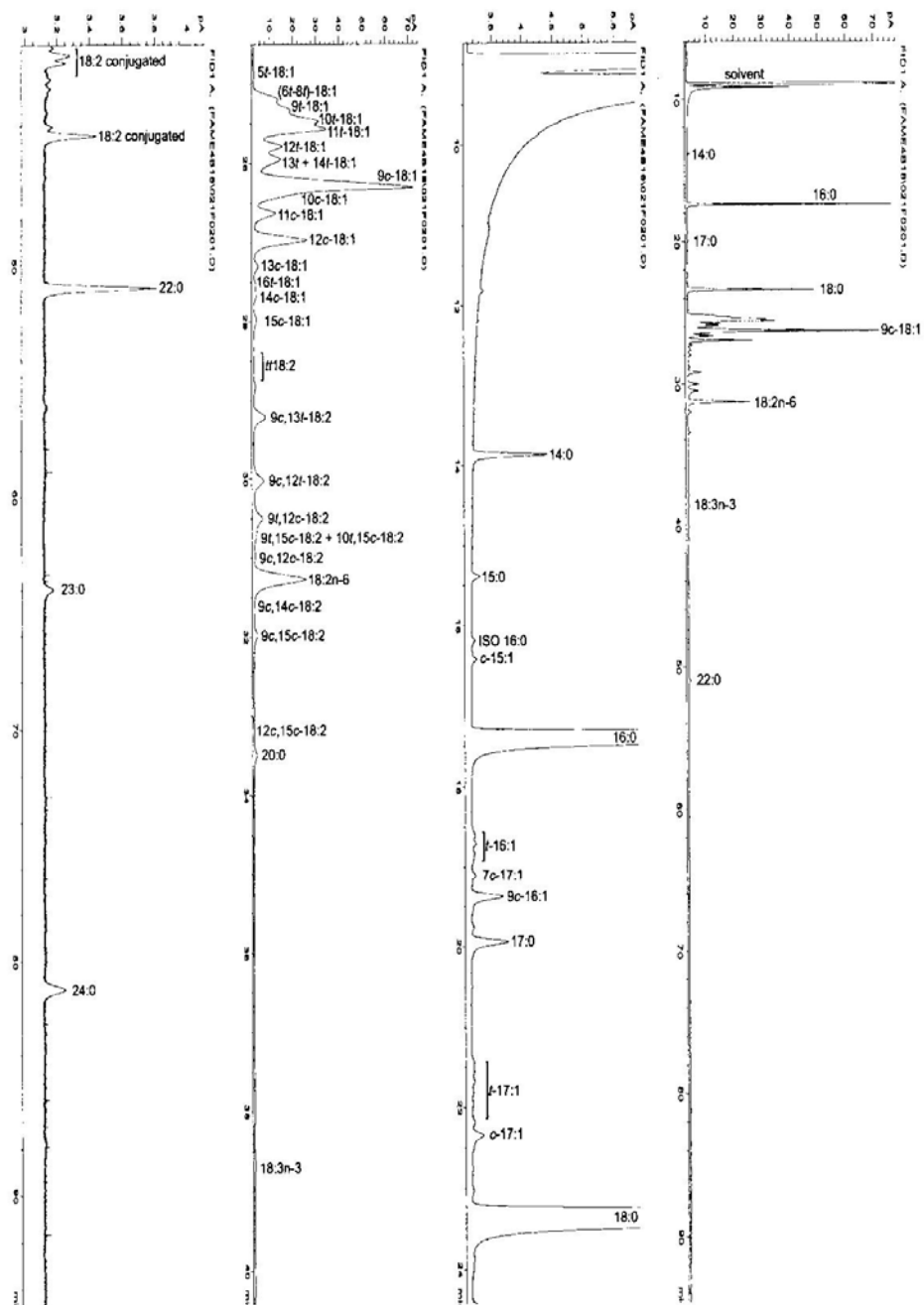


FIGURA 17.- Aceite de soya [CP-sil 88; Iso @ 180°C @ 1,0 mL/min (19cm/s); He; 1:100]



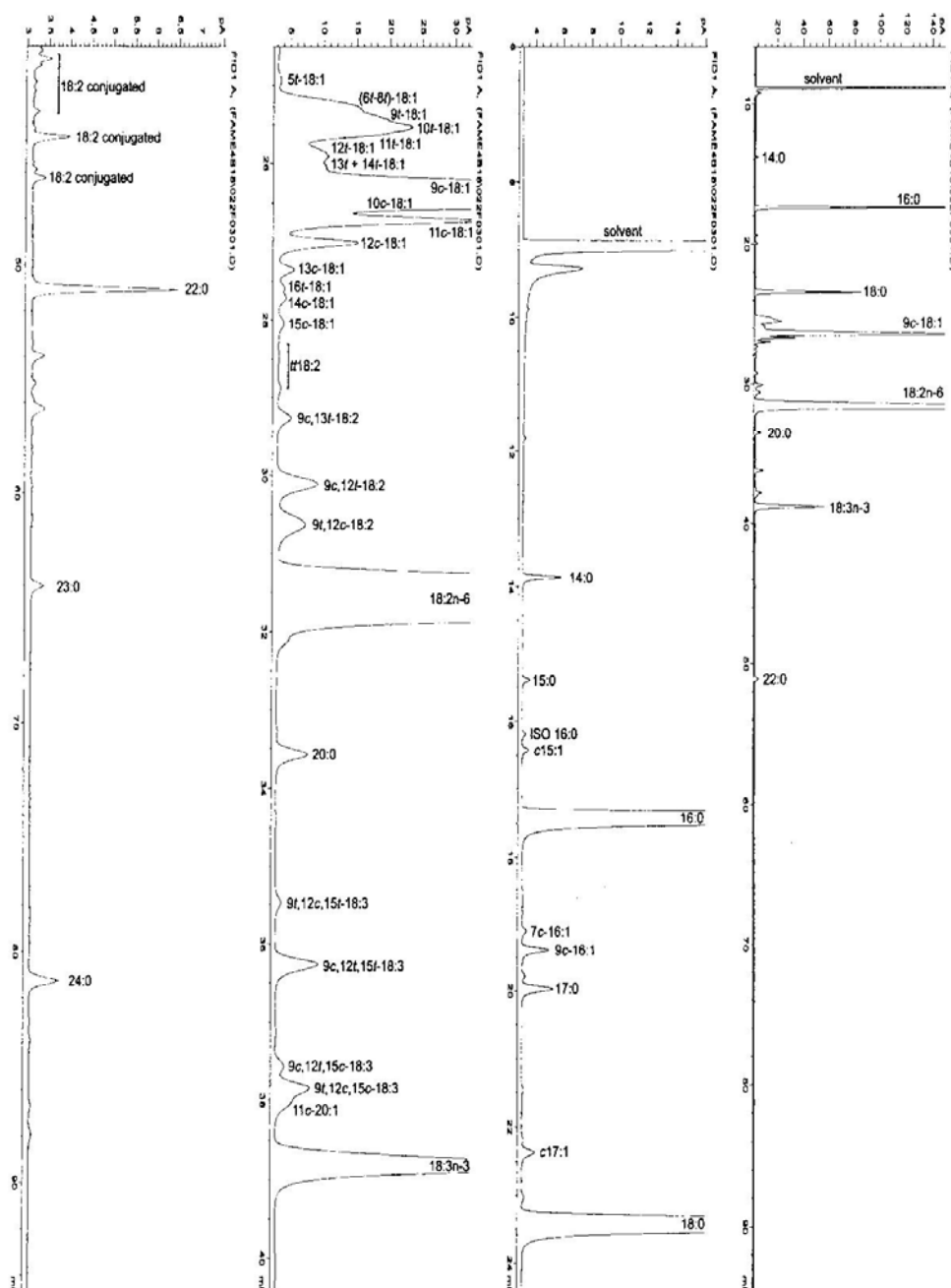


FIGURA 19.- Aceite bajo en TRANS [CP-Sil 88; Iso @ 180°C @ 1,0 mL/min (19cm/s); He; 1:100]

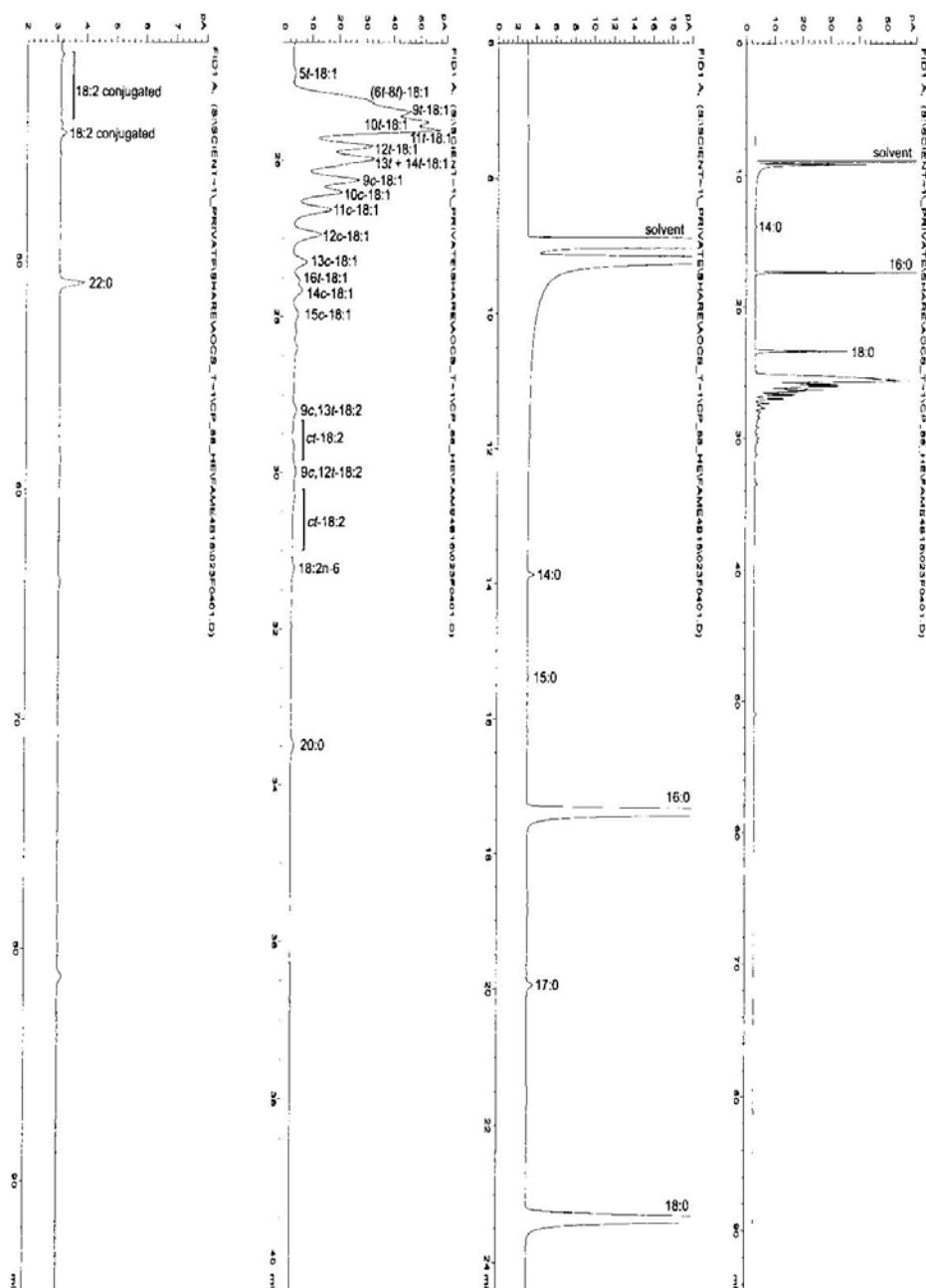


FIGURA 20.- Capa compuesta [CP-Sil 88; Iso @ 180°C @ 1,0 mL/min (19cm/s); He; 1:100]

7 CÁLCULOS

Calcular los ácidos grasos individuales en (g) y la grasa total por 100 g de la muestra de prueba.

7.1 Calcular la cantidad (en g), de los ácidos grasos individuales expresados como FAMES (P_{FAMEx}) o como TAG (P_{TAGx}) en la muestra de prueba como sigue (ver nota 10.5):

$$P_{FAMEx} = \frac{A_x \times P_{is} \times 1,004\ 0 \times R_x}{A_{is}}$$

$$P_{TAGx} = P_{FAMEx} \times F_{TAGx}$$

Donde:

A_x	es el área del ácido graso x;
P_{is}	es el peso del estándar interno C21:0 en g adicionado a la muestra;
A_{is}	es el área de pico del IS (Estándar Interno);
1,004 0	es la conversión del Estándar Interno (IS) en la prueba (ver nota 10.4), y
R_x	es el factor de Corrección Teórico del detector de ionización de flama (TCF) para los FAMES, relacionado al C21:0 TAG. IS.

NOTA: El TCF Debería ser aplicando a los datos analíticos para una exactitud óptima (ver incisos 12.13 y 12.14) y para minimizar la variación entre laboratorios debido a la diferencia en los cálculos de factor de respuesta. El Factor de Corrección Teórico del detector de ionización de flama de un número de ésteres metílicos de ácidos grasos que son comúnmente encontrados en las grasas dietéticas usuales, son listadas en la tabla 2, estos fueron calculados usando la siguiente formula (ver nota 10.6).

TABLA 2 Factor de corrección teórico del detector de ionización de flama (TCF) para los ésteres metílicos de los ácidos grasos (FAME)^a

FAME	TCF	FAME	TCF	FAME	TCF	FAME	TCF
4:0	1,574 2	14:1	1,058 7	18:2	1,008 7	22:1	0,988 1
5:0	1,432 4	15:0	1,054 0	18:3	1,001 7	22:2	0,982 5
6:0	1,337 8	15:1	1,045 7	18:4	0,994 9	22:3	0,976 9
7:0	1,270 2	16:0	1,042 2	19:0	1,014 2	22:4	0,971 3
8:0	1,219 5	16:1	1,034 5	20:0	1,006 7	22:5	0,965 5
9:0	1,180 2	16:2	1,026 7	20:1	1,000 5	22:6	0,959 9
10:0	1,148 6	16:3	1,018 9	20:2	0,994 3	23:0	0,988 2
11:0	1,122 8	16:4	1,011 1	20:3	0,988 0	24:0	0,983
12:0	1,101 3	17:0	1,031 8	20:4	0,981 9	24:1	0,977 9
12:1	1,091 0	17:1	1,024 4	20:5	0,966 5		
13:0	1,083 1	18:0	1,022 5	21:0	1,000 0		
14:0	1,067 5	18:1	1,015 5	22:0	0,993 9		

^aPesos atómicos utilizados: carbono 12,011, hidrogeno 1,007 9, oxígeno 15,994. Los factores son relacionados al C21:0, el cual tiene un factor de 1,000 0 por definición. Solo se da un factor para todos los isómeros posicionales y geométricos, como los factores dependen únicamente del contenido de carbonos en los cuales el hidrógeno esta enlazado. Los cálculos fueron adoptados del inciso 12.5

$$TCF_x = \frac{PM_x}{(N_x - 1)(PA_C)(1,350\ 3)}$$

Donde:

TCF es el actor de Corrección Teórico del detector de ionización de flama para el ácido graso x (como éster metílico) con respecto al Ester metílico C21:0 (Estándar interno);

PM_x es el peso molecular del Componente x;

N_x es el número de átomos de carbono del éster metílico del ácido graso (FAME) del componente x;

PA_C es el peso atómico del carbono (12,011)

1,350 3 es el Factor de Corrección Teórico del C21:0 (FAME).

- 7.2. Calcular la cantidad de grasa total en la muestra de prueba (Suma de todos los ácidos grasos expresados como Triacilglicerol) como sigue (Nota 10.7):

$$\text{Grasa total (g/100 g de muestra)} = (\Sigma_{PTAGi}/P_{TS}) \times 100$$

Donde

P_{TS} es el peso de la muestra de prueba en g.

- 7.3. Calcular el peso en g de cada ácido graso individual (P_x) como sigue.

$$P_x \text{ (g por porción de muestra)} = P_{FAMEX} \times F_{FAX}$$

Donde:

F_{FAX} es el Factor de corrección para la conversión de FAME, en su correspondiente ácido graso (ver tabla 1).

- 7.4 Calcular el peso de las grasas saturadas (suma de todos los ácidos grasos saturados) y es como sigue:

$$\text{Grasa saturada (g por 100 g de muestra de prueba)} = \frac{(\Sigma \text{ saturados } P_x)}{P_{TS}} 100$$

Donde:

Σ Saturados P_x es la suma de todos los ácidos grasos saturados.

7.5 Calcular el peso de las grasas trans como sigue:

$$\text{Grasas Trans(g por 100 g de muestra de prueba)} = \frac{(\sum \text{trans Px})100}{P_{TS}}$$

Donde:

$\sum \text{Trans Px}$ es la suma de todos los ácidos grasos trans excluyendo los isómeros trans con dobles enlaces conjugados.

7.6 Calcular el peso de las grasas Cis-Monoinsaturados, ácidos grasos que contienen una doble ligadura en configuración cis como sigue:

$$\text{Grasa Cis-Monoinsaturada (g /100 g de muestra de prueba)} = \frac{(\sum \text{Cis-Monoinsaturados Px})100}{PTS}$$

Donde

$\sum \text{Cis-Monoinsaturados Px}$ es la suma de todos los ácidos grasos Cis-Monoinsaturados.

7.7 Calcular el peso de grasa Cis-Poliinsaturada, ácidos grasos que contienen dos o más dobles ligaduras en configuración Cis como sigue:

$$\text{Grasa Cis-poliinsaturados (g/100 g muestra de prueba)} = \frac{(\sum \text{Cis-Poliinsaturados Px})100}{PTS}$$

Donde

$\sum \text{Cis-Poliinsaturados Px}$ es la suma de todos los ácidos grasos Cis-Poliinsaturados.

8 MÉTODO DE PRECISIÓN:

TABLA 3.- Estudio de colaboración sobre el método Ce 1h-05 base de la presente norma.

Muestra No.	Grasa Total	Promedio	S _r	RSD _r	r	S _R	RSD _R	R	horrat	R / r
Manteca de cerdo Hid.	Total Fat	97,390	0,541	0,560	1,516	3,256	3,340	9,116	1,660	6,013
Margarina	Total Fat	96,740	1,241	1,290	3,474	2,984	3,090	8,354	1,540	2,405
Aceite de canola	Total Fat	97,200	1,976	2,030	5,532	2,472	2,540	6,921	1,270	1,251
Manteca de cerdo	Total Fat	97,110	1,169	1,200	3,274	3,436	3,540	9,620	1,760	2,938
Aceite de Girasol	Total Fat	98,610	1,206	1,220	3,376	4,573	6,640	12,804	2,310	3,793
Aceite de coco	Total Fat	96,460	1,619	1,680	4,533	6,456	6,690	18,078	3,330	3,988
Aceite de canola	Total Fat	96,200	1,855	1,930	5,194	3,069	3,190	8,594	1,590	1,655
Manteca Vegetal	Total Fat	95,460	2,718	2,850	7,610	5,286	5,540	14,801	2,750	1,945
Manteca de cacao	Total Fat	98,610	1,383	1,400	3,871	4,076	4,130	11,413	2,060	2,948
Aceite de coco	Total Fat	96,730	2,433	2,520	6,813	3,216	3,330	9,005	1,650	1,322
	MONO	Promedio	S _r	RSD _r	r	S _R	RSD _R	R	horrat	R/r
Manteca de cerdo Hid.	MONO	38,750	0,359	0,930	1,004	1,416	3,650	3,964	1,580	3,948
Margarina	MONO	21,290	0,312	1,470	0,874	0,553	2,600	1,547	1,030	1,770
Aceite de canola	MONO	39,430	0,913	2,320	2,557	1,188	3,010	3,327	1,310	1,301
Manteca de cerdo	MONO	40,440	0,549	1,360	1,536	0,760	1,880	2,128	0,820	1,385
Aceite de Girasol	MONO	81,000	1,100	1,360	3,080	4,042	4,990	11,319	2,420	3,675
Aceite de coco	MONO	5,320	0,060	1,130	0,168	0,138	2,590	0,385	0,830	2,292
Aceite de canola	MONO	39,230	0,817	2,080	2,286	1,379	3,510	3,861	1,530	1,689
Manteca Vegetal	MONO	22,570	0,494	2,190	1,384	1,068	4,730	2,990	1,890	2,160
Manteca de cacao	MONO	32,280	0,930	2,880	2,603	2,027	6,280	5,676	2,650	2,181
Aceite de coco	MONO	2,250	0,090	1,710	0,251	0,136	2,590	0,381	0,830	1,518
	PUFA	Promedio	S _r	RSD _r	r	S _R	RSD _R	R	horrat	R/r
Manteca de cerdo Hid.	PUFA	12,850	0,172	1,340	0,482	0,499	3,890	1,398	1,430	2,900
Margarina	PUFA	41,700	1,317	3,160	3,689	1,716	4,110	4,805	1,800	1,303
Aceite de canola	PUFA	10,700	0,240	2,240	0,672	0,338	3,160	0,945	1,130	1,406
Manteca de cerdo	PUFA	13,290	0,302	2,270	0,846	0,602	4,530	1,687	1,670	1,994
Aceite de Girasol	PUFA	5,410	0,075	1,380	0,209	0,142	2,630	0,398	0,850	1,904
Aceite de coco	PUFA	1,300	0,012	0,930	0,034	0,027	2,050	0,074	0,530	2,176
Aceite de canola	PUFA	10,700	0,188	1,760	0,526	0,323	3,020	0,904	1,080	1,719
Manteca Vegetal	PUFA	0,490	0,067	13,720	0,187	0,112	23,110	0,315	5,180	1,684
Manteca de cacao	PUFA	3,120	0,112	3,580	0,313	0,115	3,700	0,323	1,100	1,032
Aceite de coco	PUFA	1,290	0,055	4,300	0,155	0,056	4,350	0,157	1,130	1,013

(Concluye)

TABLA 3.- Estudio de colaboración sobre el método Ce 1h-05 base de la presente norma.

Muestra No.	Grasa Total	Promedio	Sr	RSDr	r	SR	RSDR	R	horrat	R/r
	SAFA	Promedio	Sr	RSDr	r	SR	RSDR	R	Horrat	R/r
Manteca de cerdo Hid.	SAFA	40,270	0,165	0,410	0,463	1,684	4,180	4,714	1,820	10,181
Margarina	SAFA	17,750	0,191	1,080	0,534	0,783	4,410	2,191	1,700	4,103
Aceite de canola	SAFA	16,280	0,373	2,290	1,045	0,546	3,350	1,528	1,280	1,462
Manteca de cerdo	SAFA	37,450	1,250	3,340	3,500	1,668	4,450	4,669	1,920	1,334
Aceite de Girasol	SAFA	7,510	0,128	1,700	0,358	0,246	3,280	0,690	1,110	1,927
Aceite de coco	SAFA	84,190	1,469	1,740	4,112	6,058	7,200	16,963	3,510	4,125
Aceite de canola	SAFA	16,060	0,250	1,560	0,700	0,826	5,140	2,312	1,950	3,303
Manteca Vegetal	SAFA	23,300	0,141	0,610	0,395	1,170	5,020	3,275	2,020	8,291
Manteca de cacao	SAFA	58,710	0,449	0,760	1,257	2,197	3,740	6,151	1,730	4,893
Aceite de coco	SAFA	84,420	2,321	2,750	6,500	3,164	3,750	8,859	1,830	1,363
	trans	Promedio	Sr	RSDr	r	SR	RSDR	R	horrat	R/r
Manteca de cerdo Hid.	trans	1,000	0,100	10,060	0,281	0,216	21,640	0,605	5,410	2,153
Margarina	trans	11,620	0,160	1,380	0,448	0,253	2,180	0,708	0,790	1,580
Aceite de canola	trans	26,550	0,637	2,400	1,783	0,650	2,450	1,821	1,000	1,021
Manteca de cerdo	trans	0,900	0,067	7,440	0,187	0,195	21,700	0,546	5,340	2,920
Aceite de Girasol	trans	0,170	0,026	15,940	0,074	0,099	60,340	0,278	11,500	3,757
Aceite de coco	trans	0,100	0,036	35,350	0,101	0,037	35,880	0,103	6,370	1,020
Aceite de canola	trans	26,270	0,510	1,940	1,428	0,780	2,970	2,185	1,210	1,530
Manteca Vegetal	trans	45,010	0,656	1,460	1,838	2,049	4,550	5,738	2,020	3,122
Manteca de cacao	trans	0,060	0,032	53,710	0,090	0,042	69,660	0,117	11,400	1,300
Aceite de coco	trans	0,110	0,013	12,280	0,037	0,016	14,800	0,045	2,650	1,216

Nota aclaratoria: Las tablas 1, 2, 3, 4 y 5 presentadas en esta norma son copia fiel de las incluidas en el método AOCS Ce 1h-05.

TABLA 4 Compilación de datos de precisión del estudio de colaboración entre 13 laboratorios. Los datos son calculados como TAG y organizados de acuerdo al valor medio.

Método de Cálculo	Ácido graso	Promedio	Sr	RSDr	r	SR	RSDR	R	horrat	R / r
TAGx	Grasa Total	97,050	1,614	1,668	4,519	3,882	4,203	10,871	1,992	2,826
TAGx	C 18:1c	84,320	1,155	1,370	3,233	4,177	4,950	11,695	2,410	3,617
TAGx										
TAGx	C 18:1t	45,390	0,837	1,840	2,345	2,041	4,500	5,714	2,000	2,437
TAGx	C:12:0	45,500	1,115	2,440	3,122	4,444	9,750	12,441	4,335	4,424
TAGx	C 18:2c	38,920	0,788	2,020	2,205	1,370	3,520	3,837	1,530	1,740
TAGx	C 18:1c	38,300	0,752	1,978	2,106	1,367	3,656	3,827	1,574	1,959
TAGx	C 18:0	34,200	0,704	2,060	1,972	1,563	4,570	4,375	1,940	2,219
TAGx	C 16:0	24,580	0,562	2,280	1,572	1,322	5,353	3,702	2,173	3,909
TAGx	C 18:1c	22,660	0,411	1,805	1,149	0,768	3,355	2,150	1,345	1,821
TAGx	C 18:1t	22,350	0,425	1,900	1,189	0,605	2,710	1,694	1,080	1,520
TAGx	C 14:0	17,760	0,304	1,715	0,851	0,907	5,110	2,540	1,970	3,205
TAGx	C 18:0	14,150	0,235	1,730	0,658	0,575	4,117	1,611	1,530	3,664
TAGx	C 18:2c	11,740	0,186	1,610	0,520	0,361	3,133	1,010	1,130	1,993
TAGx	C 18:1t	10,560	0,167	1,580	0,468	0,175	1,660	0,490	0,590	1,047
TAGx	C 16:0	9,950	0,202	2,043	0,565	0,447	4,487	1,252	1,585	2,446
TAGx	C 08:00	7,500	0,436	5,800	1,219	0,630	8,395	1,763	2,840	1,733
TAGx	C 18:0	6,050	0,142	2,420	0,397	0,282	4,513	0,791	1,487	2,331
TAGx	C 10:0	5,720	0,290	5,065	0,811	0,507	8,860	1,420	2,880	1,699
TAGx	C 18:1c	5,490	0,087	1,580	0,242	0,135	2,455	0,377	0,795	1,694
TAGx	C 18:2t	5,010	0,192	3,825	0,537	0,352	7,030	0,985	2,240	1,987
TAGx	C 18:3c	4,890	0,092	1,880	0,257	0,154	3,140	0,430	1,000	1,673
TAGx	C 18:2c	4,350	0,092	2,430	0,258	0,167	4,435	0,465	1,345	1,789
TAGx	C 18:0	3,620	0,061	1,690	0,170	0,088	2,437	0,245	0,737	1,476
TAGx	C 16:0	3,250	0,059	1,800	0,164	0,135	4,150	0,378	1,240	2,305
TAGx	C 16:1c	2,190	0,113	5,175	0,318	0,190	8,665	0,531	2,435	1,680
TAGx	C 18:2t	1,400	0,211	15,020	0,590	0,457	32,580	1,279	8,570	2,168
TAGx	C 14:0	1,400	0,017	1,250	0,048	0,072	5,140	0,202	1,355	5,701
TAGx	C 18:2c	1,350	0,036	2,645	0,100	0,042	3,130	0,118	0,815	1,490
TAGx	C 20:0	1,090	0,023	2,110	0,065	0,032	2,880	0,088	0,730	1,354

(Continúa)

TABLA 4.- Compilación de datos de precisión del estudio de colaboración entre 13 laboratorios. Los datos son calculados cono TAG y organizados de acuerdo al valor medio.

Método de Cálculo	Ácido graso	Promedio	Sr	RSDr	r	SR	RSDR	R	horrat	R / r
TAGx	C 22:0	0,870	0,017	1,930	0,047	0,023	2,630	0,064	0,640	1,362
TAGx	C 18:2t	0,840	0,132	15,790	0,371	0,169	20,140	0,473	4,900	1,275
TAGx	C 20:1	0,690	0,015	2,235	0,042	0,022	3,155	0,061	0,745	1,534
TAGx	C 18:3t	0,690	0,048	6,900	0,133	0,225	32,600	0,630	7,710	4,737
TAGx	C 18:1t	0,670	0,077	11,645	0,216	0,088	13,210	0,246	3,105	1,165
TAGx	C 18:3c	0,620	0,031	4,990	0,088	0,038	5,990	0,105	1,400	1,175
TAGx	C 06:0	0,530	0,092	17,245	0,256	0,168	31,685	0,470	7,195	1,849
TAGx	C 18:2c	0,490	0,073	15,030	0,206	0,110	22,440	0,307	5,040	1,490
TAGx	C 17:0	0,380	0,013	3,230	0,035	0,030	7,925	0,084	1,715	2,419
TAGx	C 22:0	0,340	0,012	3,430	0,033	0,019	5,495	0,052	1,165	1,595
TAGx	C 20:0	0,310	0,007	2,194	0,019	0,018	5,600	0,049	1,177	2,699
TAGx	C 16:1c	0,280	0,012	4,260	0,034	0,025	8,990	0,071	1,860	2,088
TAGx	C 20:2	0,270	0,088	30,670	0,247	0,268	101,190	0,750	20,705	61,953
TAGx	C 17:1c	0,260	0,014	5,285	0,038	0,021	7,965	0,058	1,625	1,494
TAGx	C 24:0	0,250	0,094	37,450	0,263	0,124	49,400	0,346	10,030	1,316
TAGx	C 17:0	0,230	0,005	2,110	0,013	0,010	4,490	0,028	0,900	2,154
TAGx	C 22:0	0,200	0,008	4,070	0,023	0,012	6,070	0,034	1,190	1,478
TAGx	C 18:3c	0,200	0,013	6,443	0,035	0,027	13,533	0,075	2,650	2,474
TAGx	C 20:1	0,170	0,009	5,213	0,025	0,014	8,223	0,039	1,565	1,540
TAGx	C 16:1t	0,160	0,011	7,085	0,032	0,169	107,960	0,471	20,400	16,583
TAGx	C 18:3t	0,150	0,021	13,765	0,057	0,054	36,895	0,150	6,895	2,648
TAGx	C 18:2t	0,150	0,038	26,135	0,106	0,061	43,825	0,170	8,125	1,652
TAGx	C 17:0	0,110	0,005	3,998	0,012	0,008	6,840	0,021	1,223	1,834
TAGx	C 22:0	0,100	0,005	5,135	0,015	0,011	10,660	0,030	1,880	2,054
TAGx	C 18:1t	0,087	0,240	30,943	0,067	0,038	49,433	0,106	8,345	1,622
TAGx	C 16:1c	0,087	0,006	6,885	0,017	0,010	11,363	0,028	1,965	1,808
TAGx	C 12:0	0,084	0,005	5,265	0,013	0,007	8,245	0,020	1,420	2,400
TAGx	C 10:0	0,085	0,004	4,470	0,011	0,010	11,750	0,028	2,025	2,750
TAGx	C 14:0	0,074	0,004	5,178	0,011	0,006	8,325	0,017	1,397	1,722
TAGx	C 24:0	0,072	0,037	5,722	0,105	0,047	65,872	0,133	11,084	1,280
TAGx	C 20:4	0,072	0,003	3,750	0,008	0,108	150,140	0,301	25,250	37,625

(Concluye)

TABLA 4.- Compilación de datos de precisión del estudio de colaboración entre 13 laboratorios. Los datos son calculados como TAG y organizados de acuerdo al valor medio.

Método de Cálculo	Ácido graso	Promedio	Sr	RSDr	r	SR	RSDR	R	horrat	R / r
TAGx	C 15:0	0,070	0,004	4,690	0,009	0,010	13,635	0,027	2,285	3,013
TAGx	C 20:1	0,054	0,008	13,415	0,021	0,008	14,320	0,022	2,310	1,042
TAGx	C 17:1c	0,054	0,004	6,340	0,010	0,010	17,805	0,027	2,870	3,500
TAGx	C 18:2t	0,049	0,006	12,980	0,018	0,038	77,130	0,105	12,240	5,833
TAGx	C 18:3c	0,046	0,006	19,935	0,017	0,012	47,900	0,034	6,770	1,971
TAGx	C 18:3t	0,040	0,015	41,023	0,041	0,043	108,513	0,119	16,600	3,142
TAGx	C 17:0	0,036	0,005	14,940	0,015	0,007	18,090	0,018	2,750	1,200
TAGx	C 22:1	0,036	0,001	3,750	0,004	0,078	213,160	0,217	32,360	54,250
TAGx	C 12:0	0,035	0,002	6,190	0,006	0,007	18,750	0,018	2,830	3,000
TAGx	C 20:3	0,032	0,002	4,760	0,004	0,062	193,500	0,173	28,800	43,250
TAGx	C 16:1t	0,031	0,016	53,370	0,046	0,033	106,040	0,091	15,700	1,978
TAGx	C 17:1c	0,022	0,002	12,370	0,007	0,017	77,925	0,046	10,763	8,092
TAGx	C 16:1c	0,022	0,003	15,890	0,010	0,016	73,990	0,046	10,410	4,600
TAGx	C 20:1	0,022	0,008	33,570	0,021	0,019	83,590	0,052	11,755	4,048
TAGx	C 22:0	0,020	0,017	71,445	0,047	0,028	136,535	0,078	18,950	5,313
TAGx	C 15:0	0,018	0,002	9,448	0,004	0,009	60,680	0,025	8,004	6,440
TAGx	C 13:0	0,016	0,002	9,875	0,004	0,019	115,675	0,051	15,480	16,833
TAGx	C 24:0	0,010	0,012	122,420	0,033	0,017	173,750	0,047	21,600	1,424

TABLA 5.- Compilación de datos de precisión del estudio de colaboración llevado a cabo con 13 laboratorios. Los datos son calculados como ácido graso y organizados de acuerdo al valor medio.

Método de Cálculo	Ácido graso	Promedio	Sr	RSDr	r	SR	RSDR	R	horrat	R / r
FAMEx	SAFA	84,310	1,895	0,245	5,306	4,611	5,475	12,911	2,670	2,744
FAMEx	MONO	81,000	1,100	1,360	3,080	4,042	4,990	11,319	2,420	3,675
FAMEx	C 18:1c	80,660	1,104	1,370	3,090	4,032	5,000	11,289	2,420	3,653
FAMEx	SAFA	58,710	0,449	0,760	1,257	2,197	3,740	6,151	1,730	4,893
FAMEx	trans	45,010	0,656	1,460	1,838	2,049	4,550	5,738	2,020	3,122
FAMEx	C 18:1t	43,450	0,774	1,780	2,168	1,995	4,590	5,587	2,030	2,577
FAMEx	C 12:0	42,770	1,047	2,435	2,932	4,190	9,780	11,732	4,305	4,447

(Continúa)

TABLA 5.- Compilación de datos de precisión del estudio de colaboración llevado a cabo con 13 laboratorios. Los datos son calculados como ácido graso y organizados de acuerdo al valor medio.

Método de Cálculo	Ácido graso	Promedio	Sr	RSDr	r	SR	RSDR	R	horrat	R / r
FAMEx	PUFA	41,700	1,317	3,160	3,689	1,716	4,110	4,805	1,800	1,303
FAMEx	SAFA	38,860	0,708	1,875	1,982	1,676	4,315	4,692	1,870	5,758
FAMEx	MONO	38,030	0,714	1,914	1,997	1,354	3,666	3,791	1,578	2,101
FAMEx	C 18:2c	37,220	0,753	2,020	2,109	1,329	3,570	3,720	1,540	1,764
FAMEx	C 18:1c	36,640	0,712	1,960	1,995	1,331	3,718	3,727	1,590	2,006
FAMEx	C 18:0	32,730	0,674	2,060	1,886	1,511	4,620	4,231	1,950	2,243
FAMEx	trans	26,410	0,574	2,170	1,606	0,715	2,710	2,003	1,105	1,276
FAMEx	C 16:0	23,420	0,535	2,280	1,497	1,261	5,360	3,530	2,157	3,921
FAMEx	MONO	21,930	0,403	1,830	1,129	0,811	3,665	2,269	1,460	1,965
FAMEx	C 18:1c	21,740	0,399	1,820	1,116	0,778	3,540	2,178	1,410	1,892
FAMEx	C 18:1t	21,370	0,417	1,950	1,166	0,590	2,760	1,650	1,095	1,522
FAMEx	SAFA	18,350	0,239	1,385	0,669	0,831	4,480	2,327	1,738	4,290
FAMEx	C 14:0	16,810	0,288	1,715	0,809	0,862	5,125	2,414	1,960	3,215
FAMEx	C 18:0	13,550	0,230	1,767	0,644	0,559	4,187	1,565	1,543	3,662
FAMEx	PUFA	11,880	0,226	1,903	0,632	0,441	3,650	1,234	1,328	2,005
FAMEx	trans	11,620	0,160	1,380	0,448	0,253	2,180	0,708	0,790	1,580
FAMEx	C 18:2c	11,220	0,178	1,610	0,498	0,352	3,185	0,984	1,143	2,036
FAMEx	C 18:1t	10,110	0,191	1,890	0,535	0,191	1,890	0,535	0,670	1,000
FAMEx	C 16:0	9,480	0,192	2,042	0,537	0,426	4,488	1,193	1,573	2,453
FAMEx	SAFA	7,510	0,128	1,700	0,358	0,246	3,280	0,690	1,110	1,927
FAMEx	C 08:0	6,890	0,401	5,805	1,122	0,575	8,340	1,609	2,790	1,711
FAMEx	C 18:0	5,790	0,136	2,420	0,380	0,271	4,527	0,758	1,477	2,339
FAMEx	C 10:0	5,320	0,270	5,065	0,755	0,472	8,855	1,321	2,850	1,699
FAMEx	MONO	5,280	0,075	1,420	0,210	0,137	2,590	0,383	0,830	1,905
FAMEx	C 18:1c	5,250	0,082	1,560	0,229	0,133	2,525	0,372	0,815	1,788
FAMEx	C 18:2t	4,790	0,184	3,825	0,514	0,338	7,050	0,945	2,230	1,992
FAMEx	C 18:3c	4,680	0,088	1,880	0,246	0,147	3,150	0,412	0,990	1,675
FAMEx	PUFA	4,270	0,094	2,480	0,261	0,129	3,165	0,361	0,975	1,468
FAMEx	C 18:2c	4,160	0,088	2,435	0,247	0,161	4,480	0,451	1,350	1,816

(Continúa)

TABLA 5.- Compilación de datos de precisión del estudio de colaboración llevado a cabo con 13 laboratorios. Los datos son calculados como ácido graso y organizados de acuerdo al valor medio.

Método de Cálculo	Ácido graso	Promedio	Sr	RSDr	r	SR	RSDR	R	horrat	R / r
FAMEx	C 18:0	3,130	0,058	1,683	0,163	0,085	2,477	0,239	0,747	1,508
FAMEx	C 16:0	3,100	0,056	1,800	0,156	0,128	4,120	0,358	1,220	2,295
FAMEx	C 16:1c	2,080	0,108	5,175	0,303	0,179	8,600	0,502	2,400	1,667
FAMEx	C 18:2t	1,340	0,201	15,020	0,564	0,436	32,540	1,221	8,500	2,165
FAMEx	C 14:0	1,330	0,016	1,245	0,045	0,068	5,105	0,190	1,335	5,816
FAMEx	C 18:2c	1,290	0,034	2,615	0,095	0,042	3,200	0,116	0,830	1,595
FAMEx	PUFA	1,290	0,034	2,615	0,095	0,042	3,200	0,116	0,830	1,595
FAMEx	C 20:0	1,050	0,022	2,100	0,062	0,030	2,900	0,085	0,730	1,371
FAMEx	trans	0,950	0,084	8,750	0,234	0,206	21,670	0,576	5,375	2,536
FAMEx	C 22:0	0,840	0,016	1,870	0,044	0,018	2,160	0,051	0,530	1,159
FAMEx	C 18:2t	0,790	0,141	17,840	0,394	0,190	24,140	0,533	5,820	1,353
FAMEx	C 20:1	0,660	0,014	2,210	0,041	0,022	3,200	0,059	0,750	1,546
FAMEx	C 18:3t	0,640	0,108	16,870	0,302	0,245	38,350	0,686	8,960	2,272
FAMEx	C 18:1t	0,640	0,074	11,635	0,206	0,084	13,170	0,235	3,075	1,161
FAMEx	C 18:3c	0,580	0,023	3,860	0,064	0,024	4,075	0,367	0,940	1,048
FAMEx	PUFA	0,490	0,067	13,720	0,187	0,112	23,110	0,315	5,180	1,684
FAMEx	C 06:0	0,480	0,082	17,215	0,230	0,151	31,565	0,422	7,060	1,853
FAMEx	C 18:2c	0,470	0,070	15,020	0,197	0,105	22,440	0,294	5,000	1,492
FAMEx	C 17:0	0,370	0,012	3,220	0,033	0,029	7,900	0,080	1,695	2,431
FAMEx	C 22:0	0,330	0,011	3,343	0,030	0,017	5,165	0,047	1,088	1,532
FAMEx	C 20:0	0,300	0,007	2,283	0,019	0,016	5,271	0,044	1,099	2,405
FAMEx	C 16:1c	0,270	0,012	4,270	0,032	0,024	8,990	0,038	1,850	1,188
FAMEx	C 20:2	0,260	0,085	30,655	0,237	0,258	101,190	0,721	20,580	71,286
FAMEx	C 17:1c	0,250	0,013	5,315	0,037	0,020	7,960	0,055	1,610	1,487
FAMEx	C 24:0	0,240	0,091	37,380	0,254	0,120	49,460	0,336	9,990	1,323
FAMEx	C 17:0	0,220	0,005	2,120	0,013	0,010	4,470	0,027	0,890	2,077
FAMEx	C 22:0	0,200	0,008	4,120	0,023	0,012	6,230	0,034	1,220	1,478
FAMEx	C 18:3c	0,190	0,012	6,367	0,033	0,026	13,577	0,072	2,640	2,578
FAMEx	C 20:1	0,170	0,009	5,235	0,024	0,013	8,123	0,037	1,538	1,516
FAMEx	C 16:1t	0,150	0,011	7,025	0,030	0,161	108,380	0,450	20,325	17,035
FAMEx	C 18:3t	0,140	0,021	14,440	0,057	0,052	37,335	0,146	6,930	2,538
FAMEx	C 18:2t	0,140	0,037	26,365	0,102	0,058	44,115	0,163	8,120	1,652
FAMEx	trans	0,110	0,027	29,320	0,076	0,049	45,170	0,136	7,980	1,823

(Concluye)

TABLA 5.- Compilación de datos de precisión del estudio de colaboración llevado a cabo con 13 laboratorios. Los datos son calculados como ácido graso y organizados de acuerdo al valor medio.

Método de Cálculo	Ácido graso	Promedio	Sr	RSDr	r	SR	RSDR	R	horrat	R/r
FAMEx	C 17:0	0,100	0,004	4,025	0,012	0,007	6,808	0,020	1,210	1,798
FAMEx	C 20:0	0,095	0,004	3,690	0,010	0,011	11,400	0,031	1,995	3,126
FAMEx	C 18:1t	0,084	0,023	31,125	0,065	0,036	49,338	0,102	8,278	1,596
FAMEx	C 16:1c	0,083	0,006	6,903	0,016	0,010	11,383	0,026	1,955	1,792
FAMEx	C 12:0	0,080	0,006	7,310	0,016	0,008	8,880	0,020	1,515	1,278
FAMEx	C 10:0	0,080	0,004	4,555	0,010	0,010	11,880	0,027	1,025	2,896
FAMEx	C 14:0	0,070	0,003	4,653	0,009	0,007	9,407	0,019	1,570	2,507
FAMEx	C 24:0	0,070	0,036	50,818	0,100	0,046	65,844	0,129	11,026	1,303
FAMEx	C 20:4	0,069	0,003	3,810	0,007	0,103	150,140	0,289	25,090	41,286
FAMEx	C 15:0	0,066	0,004	5,145	0,010	0,010	13,700	0,026	2,275	2,683
FAMEx	C 20:1	0,052	0,007	13,240	0,020	0,008	14,310	0,021	2,295	1,043
FAMEx	C 17:1c	0,052	0,004	6,340	0,009	0,010	17,685	0,026	2,830	3,438
FAMEx	C 18:3c	0,044	0,006	19,795	0,016	0,011	47,570	0,032	6,675	1,924
FAMEx	C 18:3t	0,038	0,014	41,903	0,040	0,041	109,310	0,114	16,607	3,086
FAMEx	C 17:0	0,035	0,005	14,740	0,014	0,006	17,860	0,017	2,700	1,214
FAMEx	C 12:0	0,033	0,002	5,650	0,005	0,006	18,440	0,017	2,760	3,400
FAMEx	C 20:3	0,031	0,002	4,960	0,004	0,059	193,590	0,166	28,630	41,500
FAMEx	C 16:1t	0,029	0,014	49,890	0,041	0,031	106,320	0,086	15,600	2,098
FAMEx	C 17:1c	0,021	0,003	14,140	0,007	0,016	78,388	0,044	10,735	7,861
FAMEx	C 16:1c	0,021	0,003	15,550	0,009	0,015	73,950	0,043	10,330	4,778
FAMEx	C 20:1	0,021	0,008	34,105	0,020	0,018	83,665	0,050	11,695	3,938
FAMEx	C 22:0	0,019	0,016	71,620	0,046	0,027	136,530	0,075	18,835	5,065
FAMEx	C 15:0	0,017	0,002	9,170	0,004	0,008	60,802	0,023	7,958	7,223
FAMEx	C 13:0	0,015	0,002	9,230	0,004	0,018	115,560	0,048	15,345	15,833
FAMEx	C 14:1	0,003	0,006	197,130	0,018	0,007	213,700	0,019	22,510	1,056

9 ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD

9.1 Blanco

La primera muestra es un lote de análisis es siempre un blanco (n-heptano o n-hexano). No debe detectar picos en la corrida del blanco, repetir esta prueba después de cada 10 muestras.

9.2 Prueba de competencia

Para referencia externa, el método debe ser probado cada año mediante el estudio colaborativo de calidad de la Asociación Nacional de Industriales de Aceites y Mantecas Comestibles, A.C (ANIAME).

NOTA.- Materiales de referencia, con cromatogramas y muestras de estudios de colaboración están disponibles en AOCS (www.aocs.org/tech/samples.asp)

10 NOTAS NUMERADAS

10.1 El Gas Nitrógeno no es aceptado como gas acarreador para éste método.

10.2 Ningún otro tipo de inserto (liner) debe ser usado en este método.

10.3 Los ácidos grasos poliinsaturados pueden ser clasificados en ácidos grasos Poliinsaturados n-3 y n-6 como sigue:

10.3.1. Calcular el peso la grasa poliinsaturada n-6 como sigue:

Grasa Poliinsaturada n-6 (g /100g de muestra de prueba) =
$$\frac{(\sum \text{n-6 Poliinsaturado Px})100}{P_{TS}}$$

Donde:

n-6 Poliinsaturado Px es la suma de todos los ácidos grasos Cis n-6 Poliinsaturados los cuales incluyen:

C18:2 n-6 (9c, 12c-C18:2),
C18:3 n-6 (6c, 9c, 12c-C18:3),
C20:3 n-6 (8c, 11c, 14c-C20:3),
C20:4 n-6(5c, 8c, 11c, 14c-C20:4),
C22:4 n-6(7c, 10c, 13c, 16c,-C22:4)
C22:5 n-6 (4c, 7c. 10c,13c,16c-C22:5).

10.3.2 Calcular el peso de la grasa poliinsaturada del n-3 como sigue:

$$\text{Grasa Poliinsaturada n-3 (g/100g de muestra de prueba)} = \frac{(\sum \text{n-3 Poliinsaturado Px})100}{P_{TS}}$$

Donde

n-3 Poliinsaturado Px es la suma de todos los ácidos grasos Cis n-3 Poliinsaturados los cuales incluyen:

C18:3 n-3 (9c, 12c, 15c-C18:3),
C18:4 n-3 (6c, 9c, 12c, 15c-C18:4),
C20:4 n-3 (8c, 11c, 14c, 17c-C20:3),
C20:5 n-3 (5c, 8c, 11c, 14c, 17c-C20:4),
C22:4 n-3 (7c, 10c, 13c, 16c, 19c-C22:5)
C22:6 n-3 (4c, 7c.10c, 13c, 16c, 19c-C22:6)

10.4 1,004 0 es el factor para conversión del peso del estándar interno (El cual es C21:0 TAG) de la forma Triacilglicerol a su correspondiente peso de la forma FAME. En el cálculo del factor se tomo en consideración que cada mol de TAG produce 3 moles de FAME. La formula general del factor de conversión es la siguiente:

$$\frac{\text{PM de C21:0 FAME}}{\text{PM de C21:0 TAG}} (3) = \frac{340,577 \text{ 1}}{1017,699 \text{ 3}} (3) = 1,004 \text{ 0.}$$

10.5 1,350 3 Es el factor de corrección teórico del detector de ionización de flama (TCF) de 21:0 FAME este es calculado como sigue:

$$\text{TCF de C21:0 FAME} = \frac{\text{PM de C21:0}}{(N_{x-1}) (\text{PAc})} = \frac{340,577 \text{ 6}}{(22-1) \times 12,011} = 1,350 \text{ 3}$$

Donde

Nx es el número de átomos del Carbono en C21:0 FAME, el cual es 22.

12,011 es el peso atómico del carbono.

10.6 Es importante comprender las diferencias (Aquí esta la relación) entre el TCF y el TRF.

10.6.1 Factor de respuesta teórico del detector de ionización de flama (TRF), es actualmente la proporción (con respecto al peso total, el cual es el peso molecular) de la cantidad total de átomos de carbono que están respondiendo al detector de ionización de flama (FID) Para los Ácidos grasos los carbonos que están respondiendo al FID son las unidades CH, CH₂ y CH₃. El Carbón Carbonilo y el Ester Carbonilo no responden al detector de ionización de flama FID. Por lo cual en FAME, todos los átomos de Carbono están activos excepto el carbón éster. A si que hay N_{x-1} átomos de carbono activos en el FAME, de manera que el TRF para un FAME podría ser:

$$\text{TRF} = \frac{(N_{x-1})(\text{Peso atómico del carbono})}{\text{PM de FAME}}$$

$$\text{TRF de C21:0 FAME} = \frac{21 \times 12,011}{340,5776} = 0,7406$$

10.6.2 La respuesta del FID depende de la proporción de átomos de carbono activos, para determinar el peso real de un FAME, la medición del área experimental (o el peso) necesita ser corregido, este factor es determinado como TCF y es igual 1/TRF. En otras palabras la formula para el TCF es la siguiente:

$$\text{TCF} = \frac{\text{PM}}{(N_{x-1})(\text{PAC})}$$

Como es mostrado en 7.1. El TCF de C21: FAME es 1,350 3

Por ejemplo: El TRF de C18:0 FAME es 0,724 3. Por lo tanto, su TCF es $1/0,724\ 3 = 1,380\ 6$. Así, TCF del C18:0 FAME con respecto al C21:0 FAME = $1,380\ 6/1,350\ 3 = 1,022\ 5$

11 VIGENCIA

La presente norma mexicana entrará en vigor 60 días naturales después de la publicación de su declaratoria de vigencia en el **Diario Oficial de la Federación**.

12 BIBLIOGRAFÍA

- 12.1 NOM-008-SCFI-2002 Sistema General de Unidades de Medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002.
- 12.2 NMX-Z-013/1-1977 Guía para la redacción, estructuración y presentación de las normas mexicanas. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de Octubre de 1977.
- 12.3 ISO 6353 Reagents for Chemical Analysis, Part 2 (1983) and 3 (1987); Specifications.
- 12.4 ISO 3696 Water for Analytical Laboratory Use—Specifications and Test Methods (1987)
- 12.5 ISO 5509 (2004-12-23) Animal and vegetable fats and oils Preparation of methyl esters of fatty acids.
- 12.6 J.M. Snyder and C.R. Scholfield; J. Am. Oil Chem. Soc. 9:469–470 (1982).
- 12.7 AOCS Official Method Ce 2-66, Preparation of Methyl Esters of Long-Chain Fatty Acids.
- 12.8 Ratnayake, W.M.N., J. AOAC Int. 87:523–539 (2004).
- 12.9 Ratnayake, W.M.N. Analysis of trans fatty acids. In Trans Fatty Acids in Human Nutrition. Eds. J.L. Sebedio and W.W. Christie. The Oily Press, Dundee pp. 115–161 (1998).

- 12.10 Regulations Amending the Food and Drug Regulations (Nutrition Labelling, Nutrient Content Claims and Health Claims). Department of Health, Canada Gazette, Part 11. January 1, 2003.
- 12.11 Department of Health and Human Services. Food and Drug Administration. 21 CFR Part 101 [Docket No.94P-0036]. Food Labelling: Trans Fatty Acids in Nutrition Labelling, Nutrient Content Claims, and Health Claims. Washington, DC. July 2003, p. 254.
- 12.12 R.G. Ackman and J.C. Sipos, J. Am. Oil Chem. Soc. 41:377 (1964).
- 12.13 J.D. Craske and C.D. Bannan, J. Am. Oil Chem. Soc. 64:1413-1417 (1987).
- 12.14 J.D. Craske and C.D. Bannan, J. Am. Oil Chem. Soc. 65:1190 (1988).

13 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

México D.F., a

**DR. FRANCISCO RAMOS GÓMEZ
DIRECTOR GENERAL DE NORMAS**