

種々の植物性油脂の判別

井上 大志*, 河嶋 優美*, 松本 啓嗣*, 山崎 幸彦*

Identification of various vegetable fats and oils

Hiroshi INOUE*, Yuumi KAWASHIMA*, Yoshitsugu MATSUMOTO* and Yukihiko YAMAZAKI*

*Central Customs Laboratory, Ministry of Finance

6-3-5, Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-0882 Japan

In this study, we esterified fatty acids in vegetable fats and oils by five different methods and compared the esters by gas chromatography (GC). As a result, it was found that the sulfuric acid-methanol method and potassium hydroxide-methanol method would be more adequate methyl esterification methods for GC fatty acid determination. We further tested a regression analysis with the obtained fatty acids compositions for identification of vegetable fats and oils and confirmed its usefulness.

1. 緒 言

2. 実 験

関税率表第 15 類に分類される植物性油脂は、その種類によって関税率表上の所属区分及び税率が異なっている。そのため過去の研究においても、油脂の分析に関する様々な報告がされている¹⁾。

一般的に、輸入された油脂の識別は、食品成分表¹⁵⁾等に記載されている油脂の脂肪酸組成比又はトリグリセリド組成比を比較することにより行っている。この脂肪酸組成比を測定する場合、税関では一般的に、硫酸 - メタノール法¹⁶⁾、三フッ化ホウ素（以下、「BF₃」という。） - メタノール法、3-(Trifluoromethyl)phenyltrimethyl ammonium hydroxide（以下、「m-TFPTAH」いう。）法、水酸化カリウム（以下、「KOH」いう。） - メタノール法のいずれかによる油脂のエステル基交換を行い、生成したメチルエステル化物をガスクロマトグラフにより分析している。

しかしながら、税関で使用している油脂のエステル交換法が、植物性油脂の脂肪酸組成比を正確に反映するか否か検討した報告はされていない。また、一部の植物性油脂については分析データが食品成分表等に掲載されていないものもあり、その油脂については現時点では判別が困難である。さらに植物性油脂の種類を判別するための客観的な手法を検討した事例がない。

以上のことから、本研究では、税関で使用している油脂のエステル交換法が正確に植物性油脂の脂肪酸組成比を反映するか否か検証するとともに、分析データのない植物性油脂のデータを収集し、さらには従来から混合油脂中の定量分析法として使用されている回帰分析（最小二乗法）⁹⁾が、植物性油脂の客観的な判別に使用できるか否かについて検討した。

2.1 試料及び試薬

2.1.1 試 料

植物性油脂：大豆油、落花生油、オリーブ油、パーム油、ひまわり油（2 検体）、サフラワー油、綿実油、やし油、菜種油、亜麻仁油（2 検体）、ごま油（2 検体）、米油（2 検体）、アーモンドオイル、マカダミアナッツオイル、ヘーゼルナッツオイル、クルミ油、グリーンナッツオイル（3 検体）、椿油、エゴマ油（4 検体）、ヘンプオイル、グレープシードオイル、アボカドオイル、月見草油、アルガンオイル

2.1.2 試 薬

石油エーテル（特級 和光純薬）
トルエン（特級 関東化学）
水酸化カリウム（特級 和光純薬）
水酸化ナトリウム（特級 和光純薬）
メタノール（特級 和光純薬）
エタノール（特級 和光純薬）
無水硫酸ナトリウム（特級 和光純薬）
硫酸（特級 和光純薬）
塩酸（特級 和光純薬）
三フッ化ホウ素ジエチルエーテル錯体（一級 和光純薬）
ヘキサン（特級 和光純薬）
塩化ナトリウム（特級 和光純薬）
3-(Trifluoromethyl)phenyltrimethyl ammonium hydroxide (m-TFPTAH) (5% in Methanol) (東京化成)
ブロムフェノールブルー（以下、「BPB」いう。）
（特級 和光純薬）

* 財務省関税中央分析所 〒277-0882 千葉県柏市柏の葉 6-3-5

2.2 分析装置及び条件

2.2.1 ガスクロマトグラフ (以下、「GC」という。)

分析装置: Agilent6890N (Agilent Technologies)

測定条件: カラム HP-INNOWax (30 m×0.25 mm×0.25 µm)

キャリアーガス ヘリウム (He) 0.7 ml/min

注入量 1 µl

スプリット比 50:1

注入口温度 250°C

オープン温度 210°C (9 min) - 10°C/min - 230°C (20 min)

検出器 水素炎イオン化検出器 (250°C)

2.2.2 ガスクロマトグラフ質量分析計 (以下、「GC/MS」という。)

分析装置: Agilent6890N+5975 (Agilent Technologies)

測定条件: カラム HP-INNOWax (30 m×0.25 mm×0.25 µm)

キャリアーガス ヘリウム (He) 0.5 ml/min

注入量 1 µl

スプリット比 50:1

注入口温度 250°C

オープン温度 210°C (9 min) - 10°C/min - 230°C (20 min)

インターフェイス温度 250°C

イオン源温度 230°C (四重極温度: 150°C)

2.3 実験方法

2.3.1 硫酸 - メタノール法

試料 1 g を三角フラスコにとり、硫酸 - トルエン - メタノール溶液 (トルエン:メタノール=1:3 (vol.)) 混合液 230 ml に濃硫酸 2 ml を加える。60 ml を加えて溶解する。冷却器をつけて加熱し、2.5 時間沸騰させた後、冷却し、分液漏斗に移し水 100 ml を加える。毎回石油エーテル 50 ml を用いて 2 回抽出する。抽出液を合わせ、毎回水 20 ml を用いて洗浄した水が BPB 指示薬 (BPB0.1 g と 0.02 mol/l 水酸化ナトリウム溶液 7.45 ml を水で 250 ml にメスアップする。) で酸性を示さなくなるまで洗浄を繰り返す。石油エーテル溶液は無水硫酸ナトリウムで脱水した後、ロータリーエバポレーターにより溶剤を除去する。

2.3.2 BF₃ - メタノール法

試料 0.5 g を共栓つき三角フラスコにとり、1N KOH - エタノール溶液 50 ml を加えて溶かし、沸石を加えたのち、還流冷却器をつけて沸騰水浴中で約 1 時間加熱する。加熱後約 50 ml の水を加えて、分液漏斗に移し入れる。内容物が室温まで冷却したのち、毎回石油エーテル 30 ml を加えて振とうし、石油エーテル層を 2 回分取する。水層に 1N 塩酸を加え酸性にしたのち、毎回石油エーテル約 30 ml を用いて 2 回抽出する。抽出液を合わせ、無水硫酸ナトリウムを少量加えて脱水後、その約 20 ml を三角フラスコにとり、これに BF₃ - メタノール溶液 (三フッ化ホウ素ジエチルエーテル錯体:メタノール=1:2 (vol.)) 10 ml を加え、還流冷却器をつけ沸騰水浴中で約 10 分加熱後、水約 50 ml を加えて分液漏斗に移し、石油エーテル 20 ml を加えて激しく振とうし、有機層を抽出する。再び水層に石油エーテル 10 ml を加え、同様に抽出し、先の有機層と合わせ、ロータリーエバポレーターにより溶媒を除

去する。

2.3.3 BF₃ - メタノール法 (基準油脂分析試験法) (以下、「BF₃ - メタノール法 (JOCS)」という。)¹⁷⁾

試料約 50 mg を三角フラスコにとり、0.5N KOH - メタノール溶液 1 ml を加える。冷却器をつけて、5 - 10 分水浴上で加熱する。冷却器上部から BF₃ - メタノール溶液 1 ml を加える。2 分沸騰後、ヘキサン 5 ml を冷却器上部から加え、さらに 1 分沸騰する。フラスコを冷却器から外し、ヘキサン層がフラスコの首部に達するまで塩化ナトリウム飽和水溶液を加える。ヘキサン層をビーカーに移し、無水硫酸ナトリウムを加える。

2.3.4 m-TFPTAH 法

試料を加温溶解し、攪拌して均一にしたのち、その約 10 mg をバイアル瓶にとり、これにトルエン 0.5 ml を加えて混合する。これに m-TFPTAH 0.2 ml を加えて密栓し、よく混合してから室温に 15 分放置する。

2.3.5 KOH - メタノール法

試料約 100 mg を三角フラスコにとり、2 ml の石油エーテル - トルエン (1:1) 混合液を加え、完全に溶解する。0.4N KOH - メタノール溶液 2 ml を加えて室温でよく混ぜ、5 - 10 分間静置する。静置後、有機層がフラスコの首部に達するまで蒸留水を加える。有機層が濁っている場合にはエタノールを 2 - 3 滴加える。有機層をビーカーにとり、無水硫酸ナトリウムを加える。

2.4 回帰分析

2.3.5 によって得られた各種植物油脂の脂肪酸組成比を用いて、市販の表計算ソフトにより回帰分析を行った。なお、判別可否については重決定係数 (R²) を用いて評価した。

3. 結果及び考察

3.1 植物性油脂に対する各エステル交換法の検証

大豆油を使用した、各エステル交換法で得られた生成物のガスクロマトグラムを Fig.1 及び Fig.2 に示す。m-TFPTAH 法及び BF₃ - メタノール法 (JOCS) では他の実験法に比べメチルエステル化物の収量が少なくなり、低含有率の脂肪酸のピークが検出されないことがわかった。

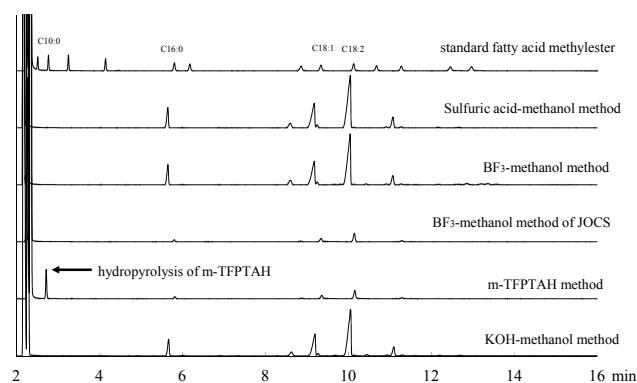


Fig.1 Comparison of the gas chromatograms of soya-bean oil prepared by five different methyl esterification methods and of standard fatty acid methyl esters

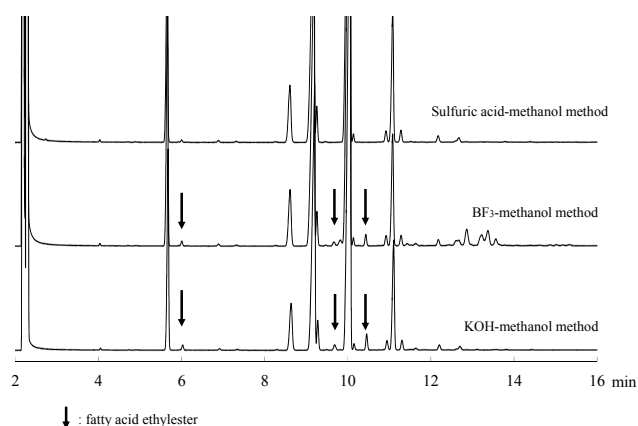


Fig.2 Gas chromatograms of fatty acids in soya-bean oil in ester form, obtained by three different esterification methods

加えて、m-TFPTAH 法では m-TFPTAH の熱分解生成物がカブリン酸メチルのピークと重なった。廣瀬ら¹²⁾は、この現象について別のカラム及び GC における分離条件でも確認しており、いずれの条件でも m-TFPTAH の熱分解生成物が脂肪酸組成比に影響を及ぼすことを報告している。

一方、硫酸 - メタノール法では存在しないピークが、BF₃ - メタノール法及び KOH - メタノール法では存在することがわかった。この存在しないピークについて、2.2.2 の条件により GC/MS で分析した結果、いずれもエチルエステル化物であった。

以上のことから、現行の m-TFPTAH 法、BF₃ - メタノール法、BF₃ - メタノール法 (JOCS) 及び KOH - メタノール法では、正確な脂肪酸組成比が求められないといえる。

しかし、KOH - メタノール法においては、有機層に加えるエタノールをメタノールに変えることでエチルエステル化物は生成されず (Fig.3)、硫酸 - メタノール法の結果と相違ないことがわかり、KOH - メタノール法に対するこの問題は解消できたといえる。

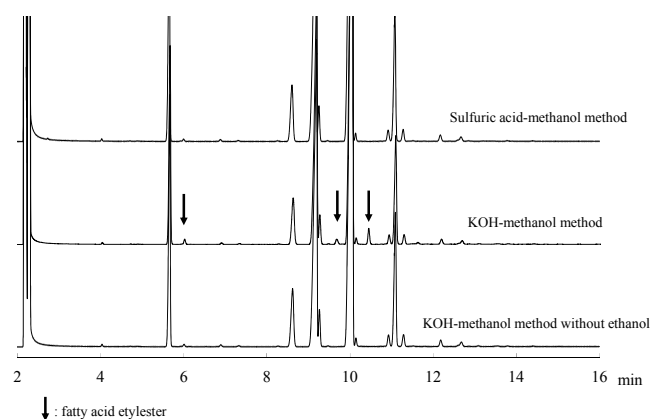


Fig.3 Comparison of the gas chromatograms of fatty acids in soya-bean oil in ester form, obtained by sulfuric acid-methanol method, KOH-methanol method and KOH-methanol method without ethanol

そのため、KOH - メタノール法に関する以降の実験においては、エタノールではなくメタノールを有機層に添加することとした。

各エステル交換法での大豆油のトータルイオンクロマトグラム結果、ガスクロマトグラムのピーク強度及び各エステル交換法の所要時間を比較した表を、Table 1 に示す。

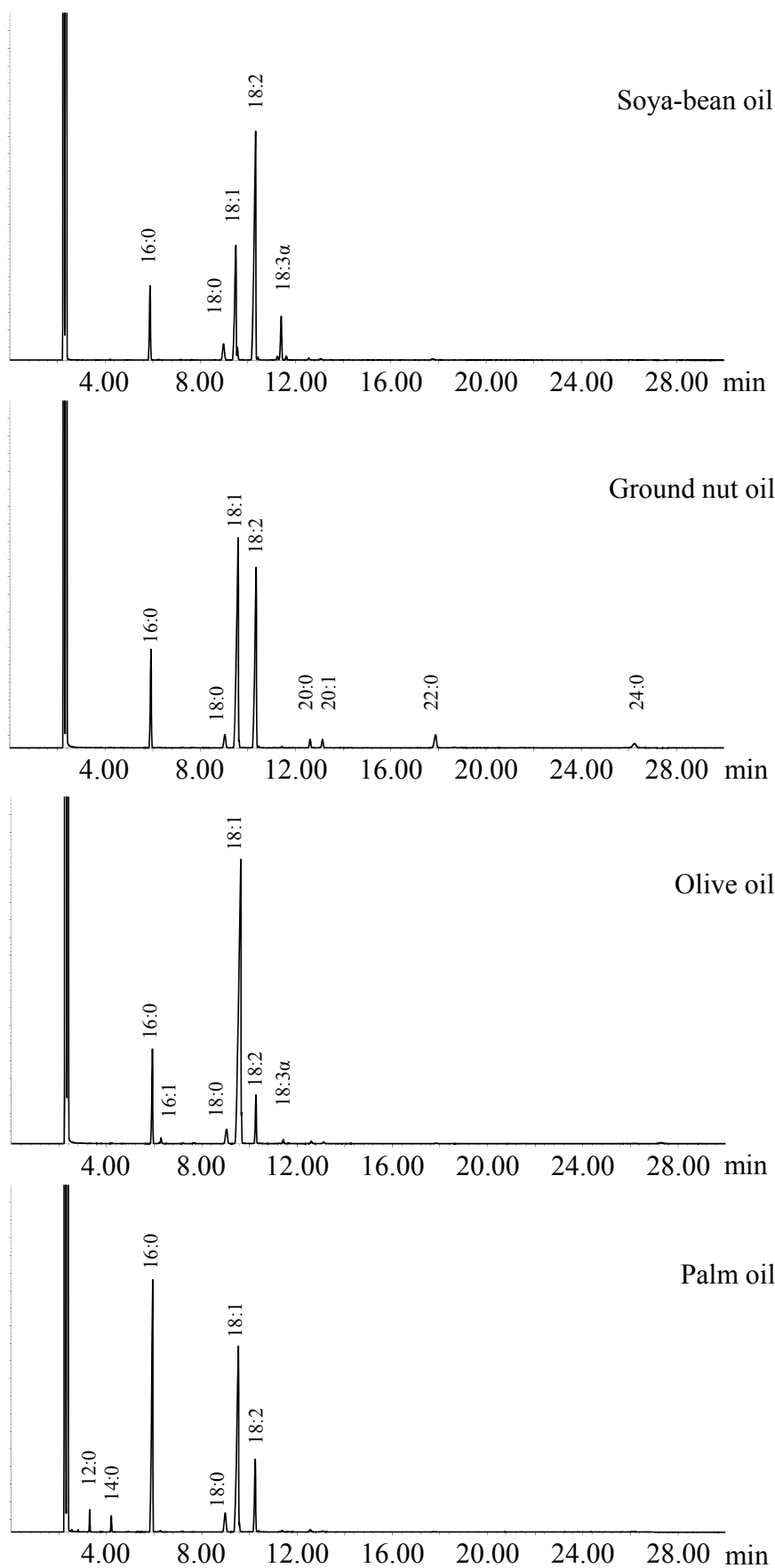
以上の結果から、植物性油脂のエステル交換には、硫酸 - メタノール法及び KOH - メタノール法の 2 法が良好であることがわかった。特に、KOH - メタノール法は実験にかかる所要時間が短いことから、以降の実験は KOH - メタノール法により行うこととした。

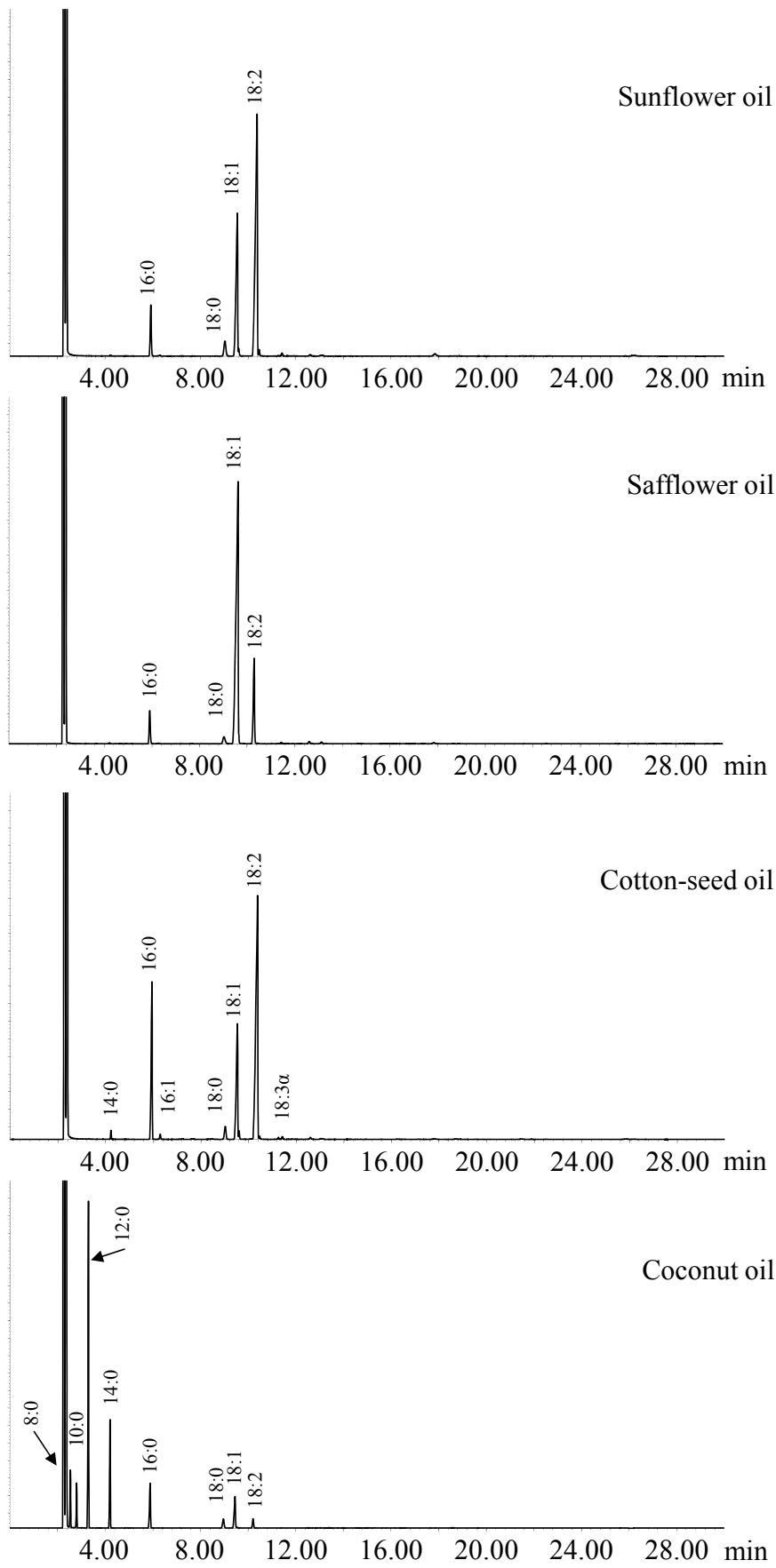
3.2 植物性油脂のエステル交換法による脂肪酸組成比

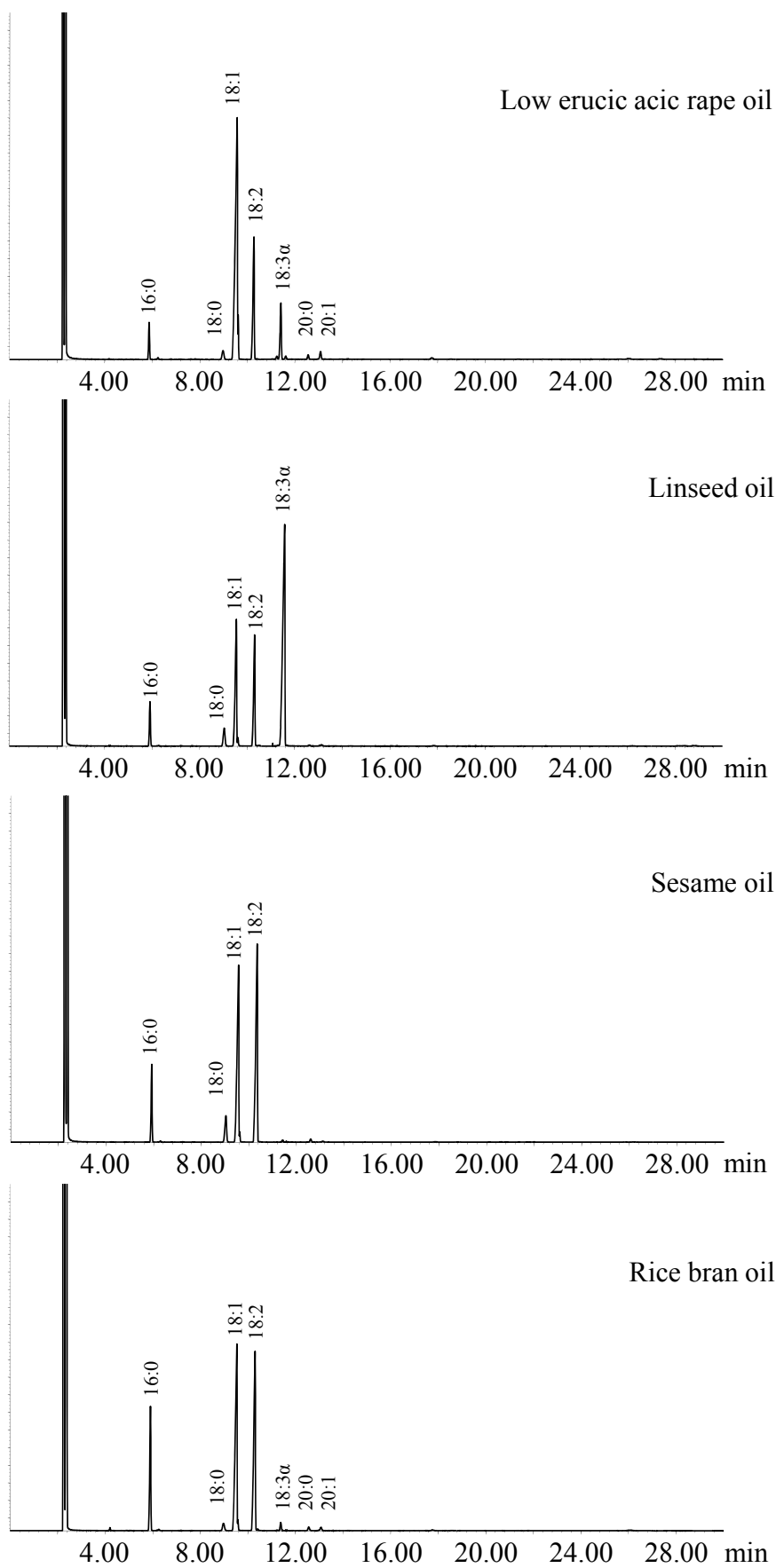
今回入手した各植物性油脂を KOH - メタノール法によりメチルエステル化したもののガスクロマトグラムを Fig.4 に、脂肪酸組成比を Table 2 に示す。

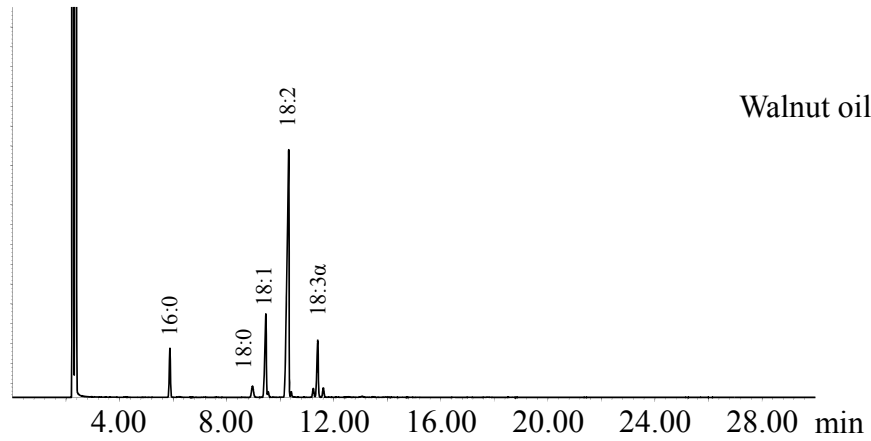
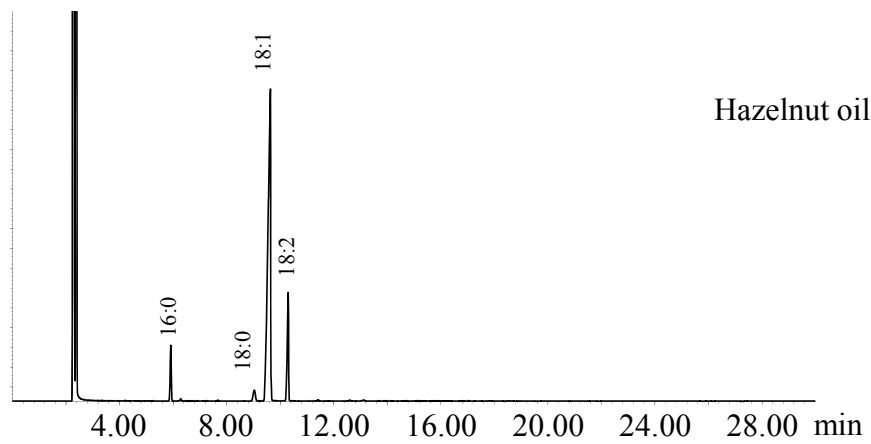
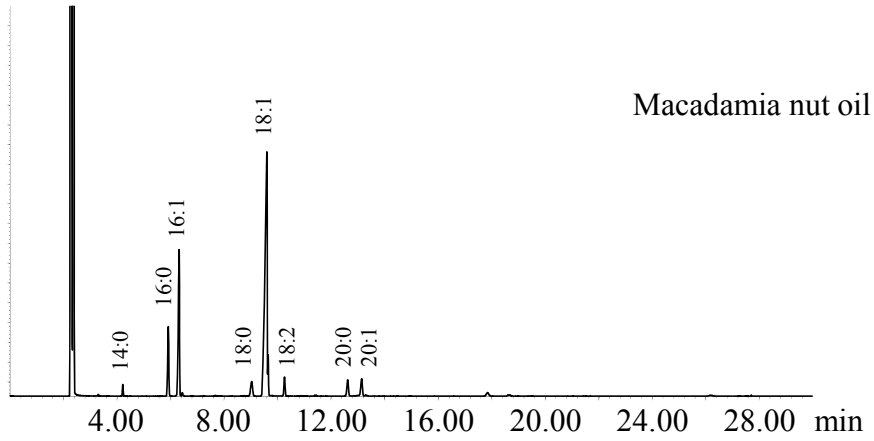
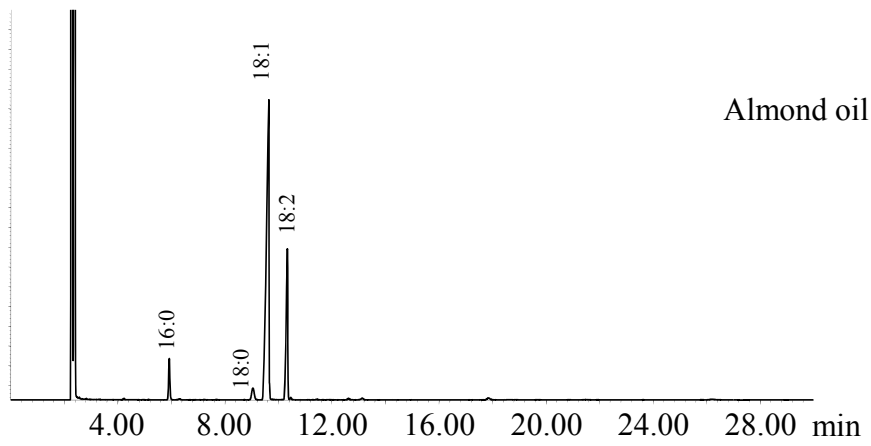
Table 1 Substances detected by GC/MS, GC peak strength and experiment time, in five different esterification methods, with esterified soya-bean oil as the sample

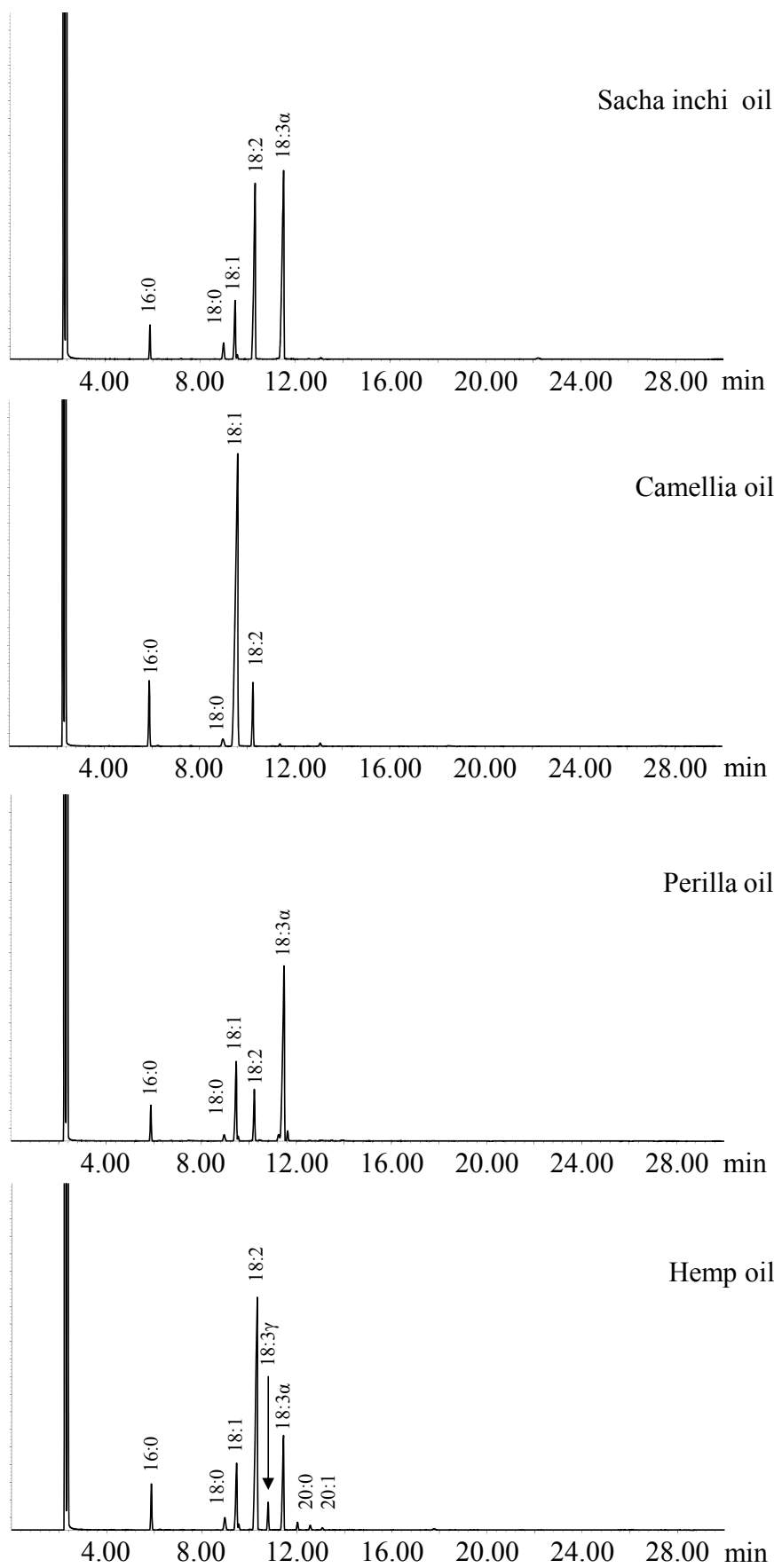
method	The detection of GC/MS	GC peak strength	Time (minute)
Sulfuric acid-methanol	solvent, fatty acid methylester	High	180
BF ₃ -metnanol	solvent, fatty acid methylester, fatty acid ethylester	High	120
BF ₃ -metnanol of JOCS	solvent, fatty acid methylester	Weak	20
m-TFPTAH	solvent, fatty acid methylester, hydroxyprolysis of m-TFPTAH	Weak	20
KOH-methanol	solvent, fatty acid methylester, fatty acid ethylester	High	20











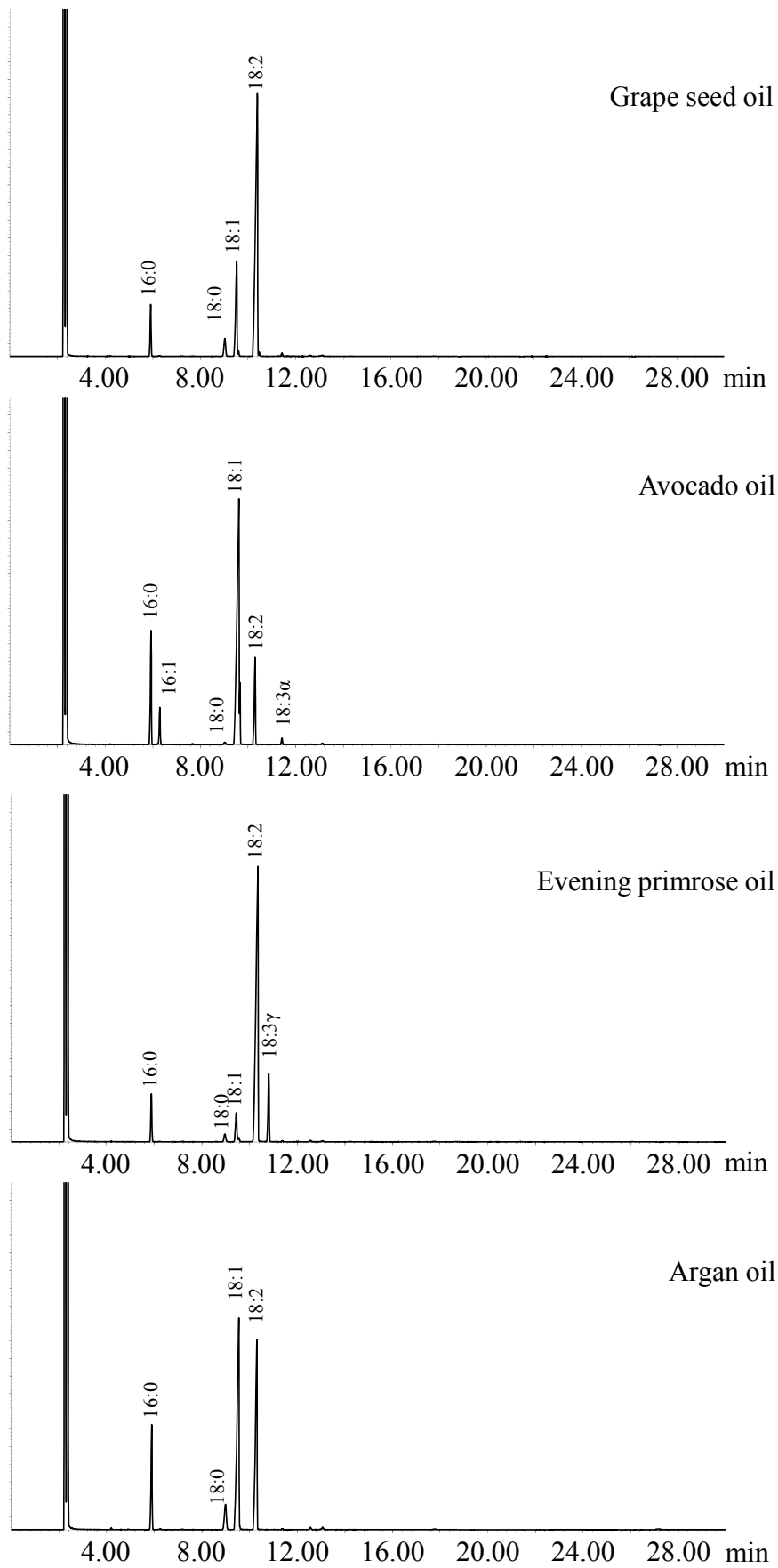


Fig. 4 Gas chromatograms of fatty acid methyl esters from various kinds of vegetable fats and oils, obtained by KOH-methanol method

Table 2 Ratio of fatty acid compositions in each vegetable fat and oil

Fats and oil	8:0	10:0	12:0	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3 γ	18:3 α	20:0	20:1	22:0	22:1	24:0
Soya-bean oil	0.0	0.0	0.0	0.1	10.2	0.1	3.9	24.3	51.8	0.0	8.3	0.4	0.4	0.4	0.0	0.1
Ground nut oil	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5	0.1	2.8	44.2	32.8	0.0	0.2	1.4	1.5	3.3	0.2	1.8
Olive oil	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7	0.8	3.3	77.2	5.9	0.0	0.7	0.4	0.3	0.1	0.0	0.1
Palm oil	0.1	0.1	1.7	1.5	38.7	0.2	4.3	41.7	10.6	0.0	0.3	0.4	0.2	0.1	0.0	0.1
Sunflower oil	0.0	0.0	0.0	0.1	6.3-6.7	0.1	3.5-4.2	21.8-28.3	59.2-65.9	0.0	0.1-0.5	0.3	0.2-0.3	0.7	0.1	0.2
Safflower oil	0.0	0.0	0.0	0.1	5.0	0.1	2.1	76.6	14.2	0.0	0.3	0.5	0.4	0.3	0.1	0.2
Cotton-seed oil	0.0	0.0	0.0	0.7	19.2	0.6	2.4	20.1	54.7	0.0	0.8	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2
Coconut oil	7.9	6.0	45.6	17.4	9.4	0.0	2.9	8.3	2.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
Low erucic acid rape oil	0.0	0.0	0.0	0.4	4.1	0.3	1.9	62.8	18.8	0.0	9.0	0.7	1.4	0.3	0.0	0.2
Linseed oil*	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1-5.3	0.1	3.4-3.5	19.5-21.4	15.7-16.1	0.0	52.6-54.7	0.2-0.4	0.3-0.4	0.1	0.0	0.1
Sesame oil	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	0.2	5.7-5.8	39.4-39.9	43.0-43.5	0.0	0.3-0.4	0.6	0.3	0.1	0.0	0.1
Rice bran oil	0.0	0.0	0.0	0.3-0.4	16.6-19.0	0.2-0.3	1.7-2.2	41.4-42.0	32.9-35.7	0.0	1.4-1.5	0.7-0.9	0.7	0.2-0.3	0.1	0.3-0.4
Almond oil*	0.1	0.1	0.0	0.1	4.7	0.2	2.7	69.2	21.5	0.0	0.1	0.3	0.4	0.5	0.1	0.2
Macadamia nut oil*	0.0	0.0	0.1	0.9	8.1	18.6	2.9	59.4	2.3	0.0	0.1	2.6	3.4	0.8	0.4	0.4
Hazelnut oil*	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.3	2.3	77.4	13.6	0.0	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0
Walnut oil*	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.2	2.6	16.1	60.5	0.0	12.9	0.2	0.4	0.1	0.0	0.0
Sacha inchi oil*	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9-4.2	0.1	2.7-3.3	8.7-10.4	32.9-35.5	0.0	46.5-51.4	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0
Camellia oil*	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.1	1.8	80.8	7.8	0.0	0.4	0.0	0.6	0.0	0.2	0.0
Perilla oil*	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8-6.4	0.1-0.4	1.5-1.9	12.3-19.8	11.2-13.9	0.0	58.4-65.6	0.1-0.2	0.1-0.5	0.0	0.0	0.0
Hemp oil*	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.1	2.7	12.4	56.2	3.9	16.7	0.8	0.4	0.3	0.0	0.3
Grape seed oil*	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.1	3.9	17.7	70.4	0.0	0.5	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0
Avocado oil*	0.0	0.0	0.0	0.0	13.8	4.5	0.5	67.4	12.3	0.0	0.9	0.1	0.3	0.0	0.0	0.1
Evening primrose oil*	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	0.1	1.7	6.0	74.5	10.2	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0
Argan oil*	0.0	0.0	0.0	0.1	12.5	0.1	5.5	46.1	34.1	0.0	0.1	0.4	0.4	0.1	0.1	0.1

8:0 caprylic acid
10:0 capric acid
12:0 lauric acid
14:0 myristic acid
16:0 palmitic acid
16:1 palmitoleic acid
18:0 stearic acid
18:1 oleic acid
18:2 linoleic acid
18:3 α α -linolenic acid
18:3 γ γ -linolenic acid
20:0 arachidic acid
20:1 eicosenoic acid
22:0 behenic acid
22:1 docosenoic acid
24:0 lignoceric acid

*:the data which are not described in the reference "standard tables of food composition in Japan, fifth revised and enlarged edition"

今回用いた GC の条件では、炭素数が 8 - 24 の飽和脂肪酸及び不飽和脂肪酸のメチルエステル化物が検出できるが、炭素数が 6 以下の脂肪酸については脂肪酸のピークが溶媒のピークと重なり検出できないことから、Table 2 では炭素数が 8 - 24 の飽和脂肪酸及び不飽和脂肪酸のメチルエステル化物による組成比のみを表している。

今回の測定により、食品成分表¹⁵⁾に脂肪酸組成比が記載されていない亜麻仁油、アーモンドオイル、マカダミアナッツオイル、ヘーゼルナッツオイル、クルミ油、グリーンナッツオイル、椿油、エゴマ油、ヘンプオイル、グレープシードオイル、アボカドオイル、月見草油及びアルガンオイルの脂肪酸組成比のデータを得た。

3.3 回帰分析を使用した判別法の検討

今回入手した植物性油脂のうち、複数の検体入手できた油脂について回帰分析を行った結果を Table 3 に示す。

Table 3 Value of multiple coefficient of determination on the ratio of fatty acids composition within the same kinds of vegetable fats and oils

Fats and oil	Multiple coefficient of determination
Sunflower oil	0.9823
Linseed oil	0.9976
Sesame oil	0.9998
Rice bran oil	0.9956
Sacha inchi oil	0.9919
Perilla oil	0.9794

今回入手した同種の油脂における重決定係数は 0.979 以上であった。このことは、重決定係数が 0.979 以上の関係にある異なる 2

種の油脂の判別ができないことを意味する。

次に、KOH - メタノール法によりエステル交換した植物性油脂の脂肪酸組成比と食品成分表¹⁵⁾に載っている脂肪酸組成比を比較した (Table 4)。

Table 4 Comparison of the ratio of fatty acid compositions in various kinds of vegetable fats and oils, obtained by KOH-methanol method in this study, and of the data from a reference book

Fats and oil	Multiple coefficient of determination
Soya-bean oil	0.9981
Ground nut oil	0.9983
Olive oil	0.9997
Palm oil	0.9886
Sunflower oil	0.9831
Safflower oil	0.9999
Cotton-seed oil	0.9976
Coconut oil	0.9962
Low erucic acid rape oil	0.9994
Linseed oil	—(†)
Sesame oil	0.9999
Rice bran oil	0.9970
Almond oil	—(†)
Macadamia nut oil	—(†)
Hazelnut oil	—(†)
Walnut oil	—(†)
Sacha inchi oil	—(†)
Camellia oil	—(†)
Perilla oil	—(†)
Hemp oil	—(†)
Grape seed oil	—(†)
Avocado oil	—(†)
Evening primrose oil	—(†)
Argan oil	—(†)

† no reference data

今回測定した油脂のデータと食品成分表¹⁵⁾の値を比較すると最も低いものでも0.983であり、同種の油脂における重決定係数の最小値よりも高いことから、KOH-メタノール法は、植物油の脂肪酸組成を求めるための方法として問題ないことが示された。

最後に今回の実験で用いた植物性油脂相互間の重決定係数算出結果をTable 5に示す。今回入手した植物性油脂のうち、落花生油と米油、落花生油とアルガンオイル、オリーブ油とサフラワー油、オリーブ油とヘーゼルナッツオイル、オリーブ油と椿油、オリーブ油とアボカドオイル、ひまわり油とグレープシードオイル、サフラワー油とアーモンドオイル、サフラワー油とヘーゼルナッツオイル、サフラワー油と椿油、菜種油とアーモンドオイル、亜麻仁油とエゴマ油、米油とアルガンオイル、アーモンドオイルとヘーゼルナッツオイル、ヘーゼルナッツオイルと椿油、ヘーゼルナッツオイルとアボカドオイル、クルミ油とヘンプオイル、椿油とアボカドオイルについては重決定係数が0.979以上となり、判

別困難となった。一方、それ以外の植物性油脂については、いずれの組み合わせでも判別可能と判断できる。すなわち、この回帰分析による評価方法が、植物の種判別に有効であるといえる。

今後は、同種の油脂における脂肪酸組成比のデータを増やして評価することで、この重決定係数を用いた識別の基準をより厳密にすることが期待できる。

4. 要 約

現在使用しているエステル交換法のうち、硫酸-メタノール法及びKOH-メタノール法を用いると、より良好な植物性油脂の脂肪酸組成比についてのデータが得られることがわかった。さらに文献値の無い植物性油脂の脂肪酸組成比のデータを得るとともに、回帰分析により各種植物性油脂についての客観的な判別の可能性が示唆された。

文 献

- 1) 河野泰治：関税中央分析所報，**3**，36 (1966).
- 2) 出来三男，加藤時信，蒲谷恭一：関税中央分析所報，**12**，11 (1972).
- 3) 浅野成子，達家清明：関税中央分析所報，**15**，141 (1975).
- 4) 川端省三，出来三男：関税中央分析所報，**18**，45 (1978).
- 5) 宮城好弘，川端省三，井上昭朗：関税中央分析所報，**22**，1 (1981).
- 6) 笹川邦雄，大野幸雄：関税中央分析所報，**24**，51 (1983).
- 7) 森好啓子，熊沢勉，川端省三：関税中央分析所報，**28**，43 (1988).
- 8) 甲田正人，川端省三：関税中央分析所報，**28**，49 (1988).
- 9) 吉田克彦，水城勝美，村越三次，大島保，鈴木正男：関税中央分析所報，**29**，31 (1989).
- 10) 榎本康敬，寺内豊，伊藤茂行，鑑信雄：関税中央分析所報，**34**，39 (1995).
- 11) 伊藤聡美，武藤辰雄，古橋輝彦，長井哲也，三井利幸：関税中央分析所報，**39**，21 (2000).
- 12) 廣瀬達也，菱木貴史，平井丈功，岩本和郎：関税中央分析所報，**39**，13 (2000).
- 13) 平木利一，山崎幸彦，中村文雄，笹谷隆：関税中央分析所報，**40**，73 (2000).
- 14) 岩下伸行，積田優一郎，樋野千寿，寺内豊，辻恵美，熊澤勉：関税中央分析所報，**47**，25 (2007).
- 15) 食品成分研究調査会編集：五訂増補日本食品成分表第2版，P.402(2006)，(医歯薬出版株式会社).
- 16) 日本油化学会編集：日本油化学会制定基準油脂分析試験法（I），2.4.1.1-1996 (1996).
- 17) 日本油化学会編集：日本油化学会制定基準油脂分析試験法（I），2.4.1.2-1996 (1996).

Table 5 Multiple coefficient of determination of mutual vegetable fats and oils

	soya-bean oil	ground nut oil	olive oil	palm oil	sunflower oil 1	sunflower oil 2	safflower oil	cotton-seed oil	coconut oil	low erucic acid rape oil	linseed oil 1	linseed oil 2	sesame oil 1	sesame oil 2	rice bran oil 1	rice bran oil 2	almond oil	
argan oil	0.720	0.992	0.691	0.600	0.736	0.614	0.770	0.653	0.000	0.823	0.122	0.094	0.957	0.952	0.982	0.974	0.857	
evening primrose oil	0.823	0.357	0.004	0.032	0.839	0.917	0.030	0.850	0.012	0.072	0.039	0.033	0.555	0.567	0.416	0.373	0.086	
avocado oil	0.267	0.776	0.981	0.693	0.277	0.167	0.976	0.207	0.001	0.944	0.105	0.078	0.591	0.579	0.718	0.739	0.958	
grape seed oil	0.939	0.542	0.060	0.099	0.957	0.994	0.122	0.934	0.007	0.193	0.068	0.057	0.739	0.749	0.596	0.550	0.213	
hemp oil	0.912	0.442	0.034	0.065	0.857	0.899	0.082	0.843	0.018	0.169	0.244	0.230	0.630	0.640	0.505	0.462	0.156	
perilla oil 4	0.089	0.021	0.013	0.008	0.026	0.022	0.015	0.024	0.022	0.070	0.954	0.972	0.026	0.027	0.032	0.031	0.018	
perilla oil 3	0.085	0.020	0.012	0.007	0.025	0.020	0.014	0.023	0.023	0.068	0.952	0.971	0.024	0.025	0.030	0.029	0.017	
perilla oil 2	0.123	0.067	0.063	0.039	0.049	0.036	0.067	0.041	0.019	0.155	0.990	0.996	0.067	0.066	0.081	0.081	0.071	
perilla oil 1	0.100	0.055	0.061	0.036	0.035	0.024	0.063	0.028	0.019	0.146	0.983	0.990	0.052	0.052	0.067	0.067	0.064	
camellia oil	0.197	0.704	0.998	0.598	0.211	0.114	0.991	0.132	0.002	0.944	0.097	0.071	0.514	0.502	0.624	0.640	0.954	
sacha inchi oil 3	0.344	0.099	0.006	0.008	0.223	0.231	0.017	0.215	0.029	0.086	0.859	0.868	0.155	0.158	0.129	0.117	0.034	
sacha inchi oil 2	0.429	0.144	0.012	0.015	0.300	0.310	0.028	0.289	0.029	0.110	0.822	0.825	0.216	0.224	0.180	0.164	0.054	
sacha inchi oil 1	0.430	0.149	0.014	0.017	0.301	0.310	0.032	0.289	0.029	0.116	0.829	0.831	0.220	0.224	0.185	0.169	0.058	
walnut oil	0.956	0.518	0.059	0.097	0.918	0.950	0.118	0.901	0.012	0.210	0.197	0.181	0.707	0.718	0.581	0.537	0.205	
hazelnut oil	0.260	0.767	0.985	0.578	0.279	0.169	1.000	0.182	0.001	0.969	0.104	0.077	0.590	0.578	0.685	0.694	0.983	
macadamia nut oil	0.114	0.561	0.908	0.531	0.128	0.056	0.878	0.073	0.000	0.812	0.058	0.040	0.384	0.373	0.491	0.509	0.825	
almond oil	0.378	0.860	0.940	0.562	0.403	0.278	0.985	0.284	0.000	0.980	0.115	0.086	0.711	0.700	0.782	0.782		
rice bran oil 2	0.735	0.969	0.635	0.690	0.729	0.615	0.697	0.708	0.000	0.754	0.130	0.102	0.932	0.928	0.996			
rice bran oil 1	0.774	0.980	0.614	0.628	0.775	0.662	0.688	0.734	0.000	0.754	0.132	0.104	0.958	0.955		0.983	hazelnut oil	
sesame oil 2	0.879	0.946	0.484	0.435	0.901	0.810	0.585	0.502	0.002	0.666	0.119	0.094	1.000			0.537	0.205	walnut oil
sesame oil 1	0.871	0.951	0.496	0.443	0.893	0.801	0.596	0.514	0.001	0.676	0.120	0.094			0.185	0.169	0.058	sacha inchi oil 1
linseed oil 2	0.162	0.089	0.070	0.042	0.076	0.061	0.078	0.071	0.022	0.174	0.998			0.224	0.180	0.164	0.054	sacha inchi oil 2
linseed oil 1	0.184	0.117	0.095	0.056	0.094	0.272	0.106	0.097	0.021	0.213			0.155	0.158	0.129	0.117	0.034	sacha inchi oil 3
low erucic acid rape oil	0.373	0.825	0.930	0.539	0.376	0.254	0.971	0.944	0.000			0.071	0.514	0.502	0.624	0.640	0.954	camellia oil
coconut oil	0.007	0.001	0.002	0.009	0.005	0.006	0.001	0.002			0.983	0.990	0.052	0.052	0.067	0.067	0.064	perilla oil 1
cotton-seed oil	0.948	0.649	0.124	0.277	0.937	0.941	0.186			0.155	0.990	0.996	0.067	0.066	0.081	0.081	0.071	perilla oil 2
safflower oil	0.267	0.772	0.981	0.568	0.287	0.175			0.023	0.068	0.952	0.971	0.024	0.025	0.030	0.029	0.017	perilla oil 3
sunflower oil 2	0.959	0.615	0.101	0.132	0.982			0.024	0.022	0.070	0.954	0.972	0.026	0.027	0.032	0.031	0.018	perilla oil 4
sunflower oil 1	0.975	0.737	0.194	0.206			0.082	0.843	0.018	0.169	0.244	0.230	0.630	0.640	0.505	0.462	0.156	hemp oil
palm oil	0.234	0.581	0.632			0.994	0.122	0.934	0.007	0.193	0.068	0.057	0.739	0.749	0.596	0.550	0.213	grape seed oil
olive oil	0.183	0.689			0.277	0.167	0.976	0.207	0.001	0.944	0.105	0.078	0.591	0.579	0.718	0.739	0.958	avocado oil
ground nut oil	0.716			0.032	0.839	0.917	0.030	0.850	0.012	0.072	0.039	0.033	0.555	0.567	0.416	0.373	0.086	evening primrose oil
			0.691	0.600	0.736	0.614	0.770	0.653	0.000	0.823	0.122	0.094	0.957	0.952	0.982	0.974	0.857	argan oil
			evening primrose oil	avocado oil	grape seed oil	hemp oil	perilla oil 4	perilla oil 3	perilla oil 2	perilla oil 1	camellia oil	sacha inchi oil 3	sacha inchi oil 2	sacha inchi oil 1	walnut oil	hazelnut oil	macadamia nut oil	

 difficult to distinguish