

# 脂肪酸組成比の回帰分析及び多変量解析による種々の油脂の判別

井上 大志\*, 河嶋 優美\*\*, 松本 啓嗣\*\*, 赤崎 哲也\*\*

## Identification of various fats and oils using regression analysis and multivariate analysis based on fatty acids ratios

Hiroshi INOUE\*, Yuumi KAWASHIMA\*\*, Yoshitsugu MATSUMOTO\*\*  
and Tetsuya AKASAKI\*\*

\*Nagasaki Customs Laboratory

1-36, Dejimamachi, Nagasaki, Nagasaki 850-0862 Japan

\*\*Central Customs Laboratory, Ministry of Finance

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

In the Harmonized System, animal or vegetable fats and oils are to be classified based on their kinds. It is important to identify imported vegetable or animal fats and oils in order to classify them properly. The present analysis method requires standard data concerning the fatty acid compositions of fats and oils for identification. In this study we obtained additional data of the fatty acid compositions regarding vegetable fats and oils which had not yet been published in major reference books. The fatty acid compositions of several kinds of animal fats and oils were also determined. Furthermore, we subjected the data of fatty acid compositions determined so far to a regression analysis and a multivariate analysis to identify fats and oils, and evaluated the usefulness of those analyses.

## 1. 緒 言

## 2. 実 験

関税率表第 15 類に分類される動植物性油脂は、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、それらの油脂の判別法についての様々な報告が過去になされている<sup>1)~15)</sup>。前回筆者ら<sup>15)</sup>は、様々な種類の植物性油脂に対して 5 つのエステル交換法を実施し、それらの結果を比較することにより、植物性油脂を構成する脂肪酸をメチルエステル化し、その脂肪酸組成を測定するのに最も適した分析法を確認した。更に、植物性油脂の脂肪酸組成比を基とした回帰分析が、客観的な油脂の判別法になり得る可能性を示した。

本研究では、前回検討した分析条件<sup>15)</sup>に従い、植物性油脂の脂肪酸組成についての標準データを拡充すると共に、同様の分析条件で動物性油脂の脂肪酸組成についてのデータが得られるかどうかを確認した。加えて、それらの結果及び前回の分析結果について回帰分析及び多変量解析を行い、脂肪酸組成比のデータから油脂の種類を判別することが可能かどうか検討したので報告する。

### 2.1 試料及び試薬

#### 2.1.1 試 料

実験に使用した動植物性油脂を Table.1 に示す。

#### 2.1.2 試 薬

石油エーテル (特級 和光純薬)

トルエン (特級 和光純薬)

水酸化カリウム (特級 和光純薬)

メタノール (特級 和光純薬)

硫酸ナトリウム (特級 和光純薬)

\* 長崎税関業務部 〒850-0862 長崎県長崎市出島町 1-36

\*\* 財務省関税中央分析所 〒277-0882 千葉県柏市柏の葉 6-3-5

Table 1 List of samples used in this study

Type	Name	Japanese Name	Manufacturer
Vegetable fats and oils	Soya-bean oil	大豆油	Wako Pure Chemical Industries,Ltd.
	Ground-nut oil	落花生油	KANTO CHEMICAL CO.,INC., GEA
	Olive oil	オリーブオイル	Wako Pure Chemical Industries,Ltd.
	Palm oil	パーム油	Wako Pure Chemical Industries,Ltd., MONDAY MOON
	Sunflower oil	ひまわり油	Wako Pure Chemical Industries,Ltd., ZUCCHI
	Safflower oil	サフラワー油	Wako Pure Chemical Industries,Ltd.
	Cotton-seed oil	綿実油	Wako Pure Chemical Industries,Ltd.
	Coconut oil	やし油	Wako Pure Chemical Industries,Ltd.
	Palm kernel oil	パーム核油	MONDAY MOON
	Low erucic acid rape oil	菜種油	Wako Pure Chemical Industries,Ltd.
	Linseed oil	亜麻仁油	KANTO CHEMICAL CO.,INC., BENIBANA FOODS
	Maize oil	とうもろこし油	AJINOMOTO CO.,INC.
	Caster oil	ひまし油	TREE OF LIFE CO.,Ltd., Shizenkeshouhinkenkyuusho, MONDAY MOON
	Sesame oil	ごま油	Wako Pure Chemical Industries,Ltd., The Nisshin OilI/O Group,Ltd., MAKAO KYHWYTHOE
	Tung oil	桐油	Home Center BRICO
	Camellia oil	椿油	Kurobarahonpo, MONDAY MOON, Shinkamigoutoumachisinkoukousha
	Jjoba oil	ホホバオイル	Shizenkeshouhinkenkyuusho
	Rice bran oil	米油	TSUNO, Mastr' Olivo
	Almond oil	アーモンドオイル	Wako Pure Chemical Industries,Ltd., GEA, Shizenkeshouhinkenkyuusho
	Macadamia nut oil	マカダミアナッツオイル	Wako Pure Chemical Industries,Ltd., GEA
	Hazelnut oil	ヘーゼルナッツオイル	LA TOURANGELLE
	Walnut oil	クルミ油	INTERNATIONAL COLLECTION
	Sacha inchi oil	サチャインチオイル	POCHI TOKYO, NPO arcoiris, PACHAMAMA
	Perilla oil	エゴマ油	OHTA OIL CO.LTD., BENIBANA FOODS, BOSO, ASAHI AND CO.,LTD., SugiyamaDrugs CO.Ltd., Sokensha CO.,Ltd., Kahokuseiyu, Kouyoushouji, Shinshoji Corporation
	Hemp oil	ヘンプオイル	Hemp Kitchen, MONDAY MOON
	Grape seed oil	グレープシードオイル	The Nisshin OilI/O Group,Ltd., COCINERO
	Avocado oil	アボカドオイル	SAN PIETRO
	Evening primrose oil	月見草油	Healthy-One
	Argan oil	アルガンオイル	ZITARGANE
	Pumpkin seed oil	パンプキンシードオイル	GEA
	Poppy oil	ポピーオイル	HOLBEIN WORKS,Ltd.
	Yuzu seed oil	ユズ種子油	Shizenkeshouhinkenkyuusho
	Apricot kernel oil	アプrikottカーネルオイル	Shizenkeshouhinkenkyuusho
	Shea butter	シアバター	Shizenkeshouhinkenkyuusho
	Plum oil	ブルーネードオイル	Shizenkeshouhinkenkyuusho, MONDAY MOON
	Mango kernel oil	マンゴーカーネルオイル	Shizenkeshouhinkenkyuusho
	Rosehip oil	ローズヒップオイル	Shizenkeshouhinkenkyuusho
	Calophyllum inophyllum oil	カロフィラムイノフィラムオイル	lab An
	Neem oil	ニームオイル	MONDAY MOON
	Acai oil	アサイーオイル	MONDAY MOON
	Tomato seed oil	トマトシードオイル	MONDAY MOON
	Wheatgerm oil	小麦胚芽油	MONDAY MOON
	Kukui oil	ククイナッツオイル	MONDAY MOON
	Moringa oil	モリンガオイル	MONDAY MOON
	Baobab oil	バオバブオイル	MONDAY MOON
	Cacao butter	カカオ脂	MONDAY MOON
Animal fats and oils	Lard	ラード	MEGUMILK SNOW BRAND Co.,Ltd.
	Sheep fat	羊脂	Ramuzen
	Shark-liver oil	鮫肝油	Shizenkeshouhinkenkyuusho
	Lanolin	ラノリン	Shizenkeshouhinkenkyuusho, Temple Beautiful
	Horse oil	馬油	umanoabura.com., YAKUSHIDO
	Emu oil	エミューオイル	Shizenkeshouhinkenkyuusho

## 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 と略記する。）

分析装置：Agilent7890A（Agilent Technologies）

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

キャリアーガス ヘリウム（He），流速 0.7ml/min

注入量 1 μl

スプリット比 50:1

注入口温度 250℃

オープン温度 210℃（9min）→10℃/min→230℃  
（20min）

検出器 水素炎イオン化検出器（250℃）

### 2.2.2 ガスクロマトグラフ質量分析計（以下、GC/MS と略記する。）

分析装置：Agilent7890A+5975（Agilent Technologies）

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

キャリアーガス ヘリウム（He），流速 0.7ml/min

注入量 1 μl

スプリット比 50:1

注入口温度 250℃

オープン温度 210℃（9min）→10℃/min→230℃  
（20min）

インターフェイス温度 250℃

イオン源温度 230℃（四重極温度：150℃）

## 2.3 検液の調製（水酸化カリウム-メタノール法）

試料約 100mg を 20ml 容三角フラスコにとり、2ml の石油エーテル-トルエン（1:1）混合液を加え、完全に溶解した。0.4N 水酸化カリウム-メタノール溶液 2ml を加えて室温でよく混ぜ、5-10 分間静置後、有機層がフラスコの首部に達するまで蒸留水を加えた。有機層が濁っている場合にはメタノールを 2-3 滴加え、液層を清澄なものとした。この有機層をビーカーにとり、無水硫酸ナトリウムを加えて脱水したものを GC 及び GC/MS 用の検液とし、機器分析を行った。

## 2.4 測定及び脂肪酸組成比の算出

2.3 の検液を 2.2.1 の条件に設定した GC により測定し、炭素数が 8～24 の偶数の飽和脂肪酸及び不飽和脂肪酸のメチルエステル

17 種について、検出されたピーク面積値の総和に占める各脂肪酸メチルのピーク面積値を百分率で表し、脂肪酸組成比を求めた。

また、鮫肝油、ひまし油及びホホバオイルについては、GC/MS による測定も行った。

## 2.5 回帰分析

2.4 によって得られた脂肪酸組成比のデータセットを基に市販の表計算ソフト (Microsoft Excel) により回帰分析を行った。なお、判別の可否については決定係数 ( $R^2$ ) を用いて評価した。

## 2.6 多変量解析

多変量解析ソフト STATISTICA Pro 06J (スタットソフトジャパ

ン株) を用いて、2.5 と同じ脂肪酸組成比のデータセットを基に多変量解析を行った。解析にはクラスター分析を用い、階層的クラスタの形成には最近隣法を用いた。

## 3. 結果及び考察

### 3.1 各種動植物性油脂の脂肪酸組成比

今回入手した各種動植物性油脂について、2.4 で得られたガスクロマトグラムを Fig.1 に、各種油脂の脂肪酸組成比を Table.2 に示す。ただし、Fig.1 においては、前回筆者ら<sup>15)</sup>が既に報告したものは省略している。

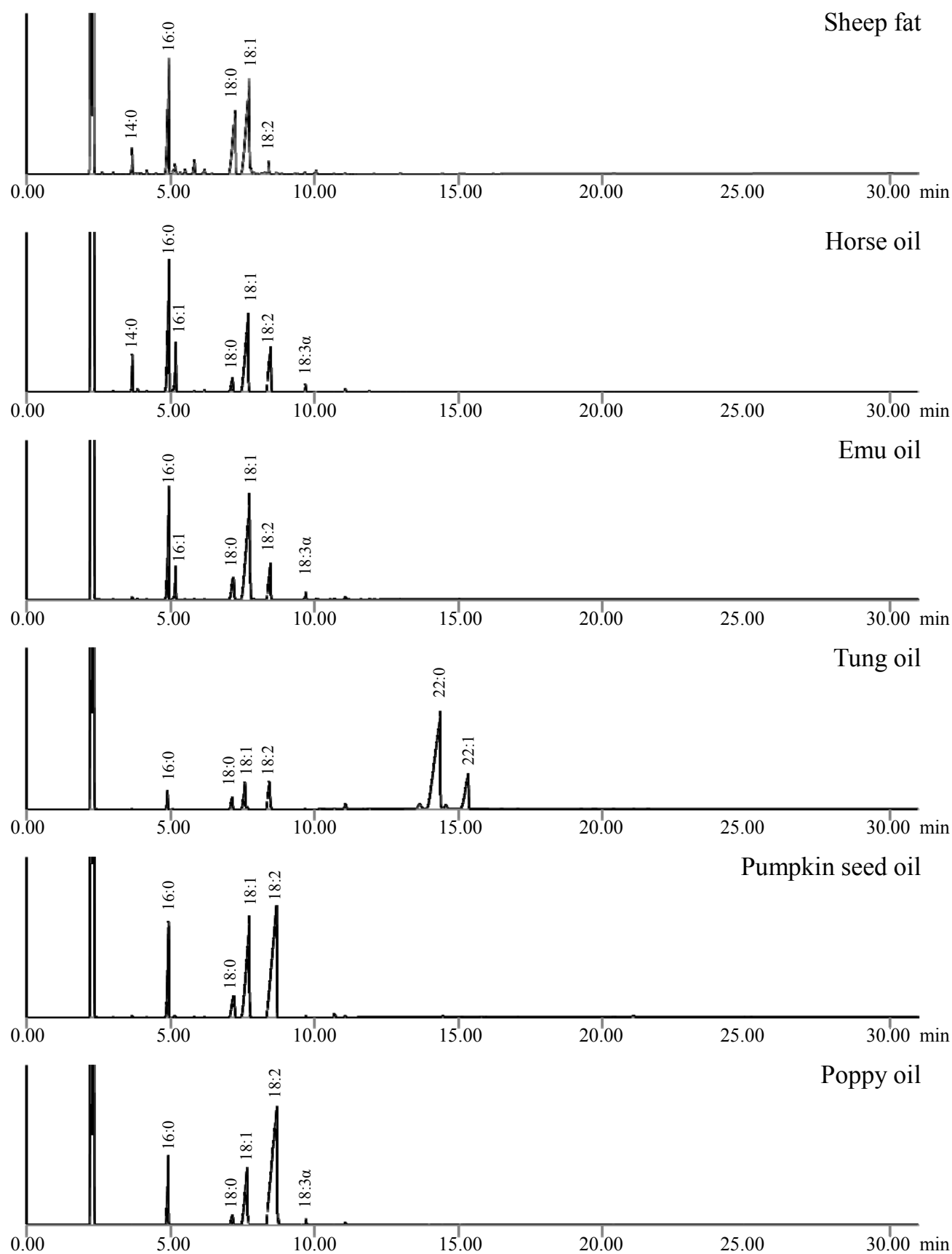
Table 2 List of fatty acids ratios in various kinds of fats and oils

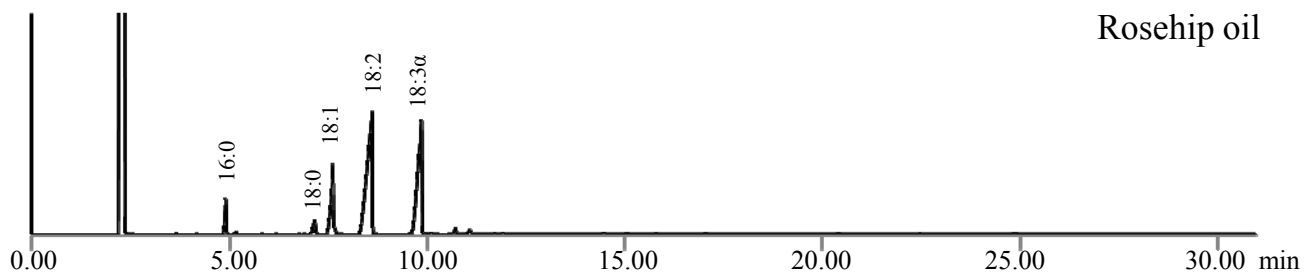
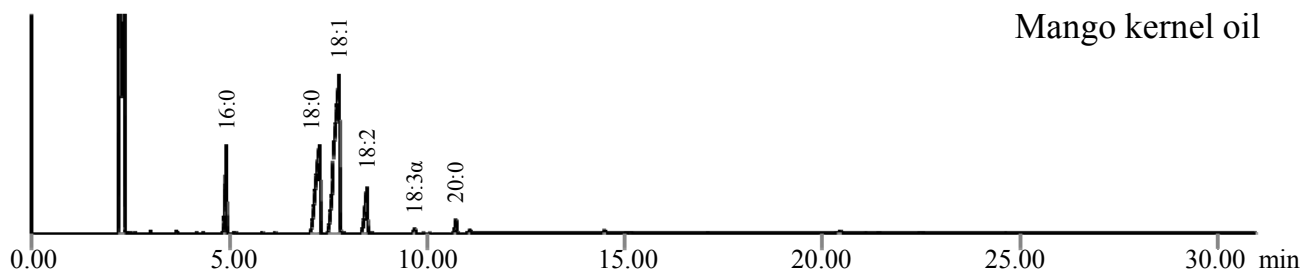
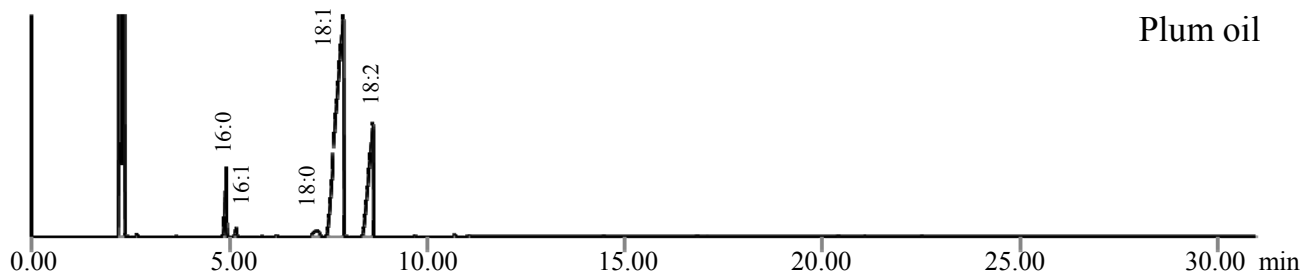
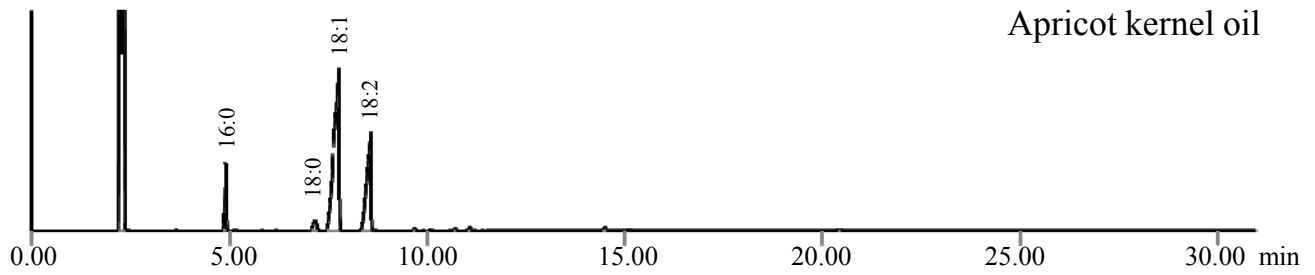
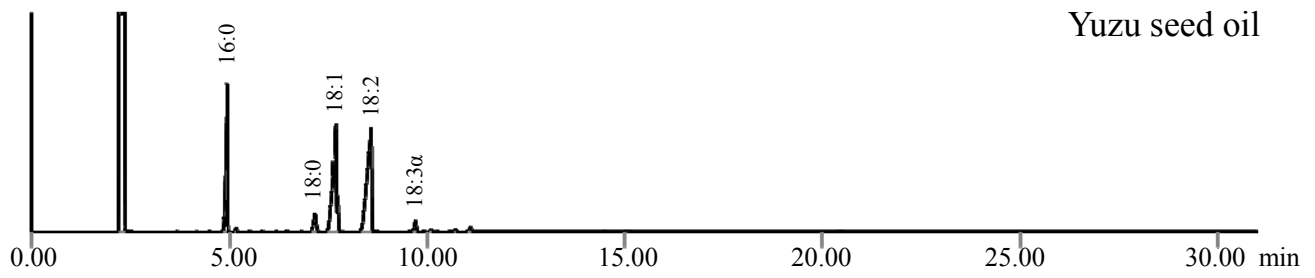
fats and oils	8:0	10:0	12:0	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3 $\gamma$	18:3 $\alpha$	20:0	20:1	22:0	22:1	24:0	24:1
lard	0.0	0.1	0.1	1.8	25.3	2.9	14.8	44.9	8.4	0.0	0.5	0.2	0.9	0.0	0.1	0.1	0.0
sheep fat*	0.0	0.2	0.2	2.6	21.1	2.2	22.1	47.2	3.5	0.0	0.5	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.0
lanolin*	0.0	4.8-6.5	4.8-15.7	11.4-17.4	14.0-19.0	0.0	6.4-6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8-6.3	0.0	0.0-7.1	0.0	35.9-39.4	0.0
horse oil*	0.0	0.1	0.2	4.4-4.5	28.5-29.0	7.7-8.2	3.9-4.5	33.7-36.2	15.6-17.0	0.0	1.9-2.3	0.1	0.7-0.8	0.0	0.1	0.0-0.1	0.0
emu oil*	0.0	0.0	0.0	0.3	19.6	4.6	7.2	55.8	9.8	0.0	1.7	0.2	0.7	0.0	0.1	0.1	0.0
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	0.0
ground-nut oil	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4-11.5	0.1	2.6-2.8	44.2-76.9	5.7-32.8	0.0	0.1-0.2	1.3-1.4	1.5-2.1	2.9-3.3	0.2	1.6-1.8	0.0-0.1
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	0.4
palm oil	0.0-0.1	0.0-0.1	0.2-1.7	1.0-1.5	38.7-43.1	0.2	4.2-4.4	40.4-41.7	9.9-11.4	0.0	0.2-0.3	0.4	0.2	0.0-0.1	0.0	0.0-0.1	0.0
sunflower oil	0.0	0.0	0.0	0.1	6.3-6.7	0.1	4.2-3.5	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	0.0
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	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	0.1
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	0.0
palm kernel oil	3.5	3.3	45.9	16.4	8.9	0.0	2.5	16.8	2.6	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	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	0.1
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	54.7-52.6	0.2-0.4	0.3-0.4	0.1	0.0	0.1	0.4
maize oil	0.0	0.0	0.0	0.0	11.3	0.2	2.0	29.6	54.6	0.0	1.2	0.5	0.4	0.2	0.0	0.2	0.0
sesame oil	0.0	0.0	0.0	0.0	8.8-9.7	0.1-0.2	5.2-5.8	39.4-43.4	40.4-43.5	0.0	0.3-0.4	0.6	0.3-0.4	0.1	0.0	0.1	0.0
tung oil*	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	2.3	5.8	6.9	0.0	0.1	0.2	0.9	68.6	12.9	0.0	0.0
camellia oil	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0-8.5	0.1-0.2	1.8-2.6	77.4-83.8	3.8-9.8	0.0	0.3-0.7	0.0-0.1	0.4-0.6	0.0	0.0-0.2	0.0-0.1	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	0.0
almond oil	0.0-0.1	0.0-0.1	0.0	0.0-0.1	4.7-6.6	0.2-0.6	0.9-2.7	61.0-69.2	21.5-25.0	0.0	0.0-1.0	0.1-0.5	0.1-3.1	0.0-0.9	0.0-0.3	0.0-0.2	0.0-0.2
macadamia nut oil	0.0	0.0	0.1	0.7-0.9	8.1	18.6-20.6	2.9-3.2	58.259.4	2.2-2.3	0.0	0.1-0.2	2.6	2.7-3.4	0.8	0.3-0.4	0.3-0.4	0.0
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	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	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	0.0
perilla oil	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9-7.7	0.1-0.4	1.5-2.0	12.3-23.1	11.2-21.1	0.0	45.6-65.6	0.1-0.2	0.1-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
hemp oil	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7-6.0	0.1	2.4-2.7	12.4-9.7	56.2-56.3	3.9-4.4	16.7-19.9	0.8-0.9	0.4	0.3	0.0	0.0-0.3	0.0
grape seed oil	0.0	0.0	0.0	0.0-0.1	6.6-6.9	0.1-0.2	3.8-3.9	17.7-23.7	63.8-70.4	0.0	0.5	0.2	0.3-0.4	0.0-0.3	0.0	0.0-0.1	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	0.0
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	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	0.3
pumpkin seed oil*	0.0	0.0	0.0	0.1	11.2	0.1	5.5	34.6	46.9	0.0	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.3
poppy oil*	0.0	0.0	0.0	0.1	8.6	0.1	2.3	17.3	69.5	0.0	1.2	0.1	0.5	0.0	0.1	0.0	0.0
yuzu seed oil*	0.0	0.0	0.0	0.1	19.5	0.5	3.9	37.6	34.9	0.0	1.9	0.3	0.9	0.1	0.2	0.2	0.0
apricot kernel oil*	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.2	2.5	60.6	27.6	0.0	0.3	0.3	0.5	0.6	0.2	0.3	0.0
shea butter*	0.0	0.0	0.1	0.1	5.0-5.4	0.1	25.0-27.8	55.9-61.4	3.5-10.7	0.0	0.0-0.3	1.0-1.1	0.7-1.0	0.1	0.0-0.1	0.0-0.1	0.0
plum oil*	0.0	0.1	0.0	0.0	4.6-4.7	0.6	1.4	71.1-72.3	20.7-21.7	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
mango kernel oil*	0.1	0.0	0.2	0.1	8.7	0.2	24.7	52.9	7.7	0.0	2.1	1.7	0.4	0.4	0.2	0.5	0.1
rosehip oil*	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	0.3	2.4	15.7	43.9	0.0	32.3	0.8	0.7	0.2	0.1	0.1	0.0
calophyllum inophyllum oil*	0.0	0.0	0.0	0.0	11.9	0.2	12.9	36.3	37.2	0.0	0.2	0.6	0.2	0.2	0.0	0.2	0.0
neem oil*	0.0	0.0	0.0	0.0	16.6	0.1	16.7	53.2	11.0	0.0	0.4	1.5	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0
acai oil*	0.0	0.0	0.0	0.1	9.0	0.9	3.4	36.8	48.5	0.0	0.3	0.2	0.2	0.6	0.0	0.0	0.0
tomato seed oil*	0.0	0.0	0.0	0.1	12.8	0.3	5.5	23.1	55.0	0.0	2.6	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
wheatgerm oil*	0.0	0.0	0.0	0.1	11.8	0.1	3.6	23.4	53.1	0.0	6.7	0.3	0.5	0.4	0.0	0.0	0.0
kukui oil*	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	0.1	2.9	21.1	42.1	0.0	26.8	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
moringa oil*	0.0	0.0	0.0	0.1	5.8	1.8	5.4	72.8	0.9	0.0	0.3	3.3	2.0	6.6	0.0	1.0	0.0
baobab oil*	0.0	0.0	0.0	0.2	23.0	0.2	8.5	35.3	27.5	1.3	2.5	0.8	0.2	0.4	0.0	0.2	0.0
cacao butter*	0.0	0.0	0.0	0.1	27.2	0.3	33.5	34.2	3.1	0.0	0.2	1.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0

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

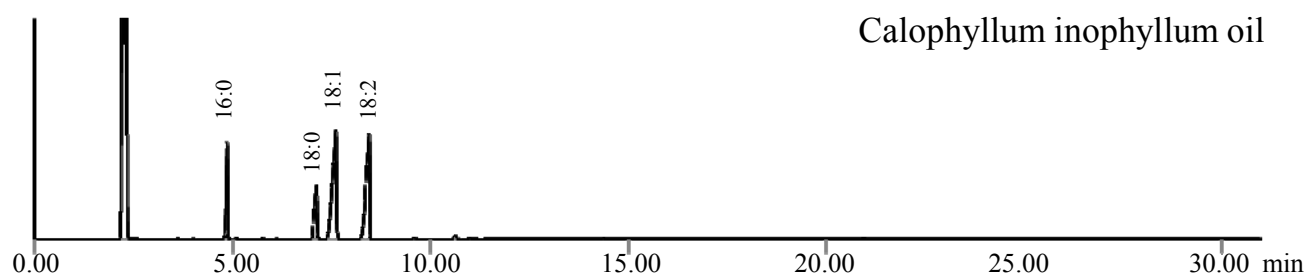
18:3 $\gamma$   $\gamma$ -linolenic acid  
18:3 $\alpha$   $\alpha$ -linolenic acid  
20:0 arachidic acid  
20:1 eicosenoic acid  
22:0 behenic acid  
22:1 docosenoic acid  
24:0 lignoceric acid  
24:1 nervonic acid

\*:the data which are not described in the reference "standard tables of food composition in Japan, fifth revised and enlarged edition" and "Report of The Central Customs Laboratory No.51"

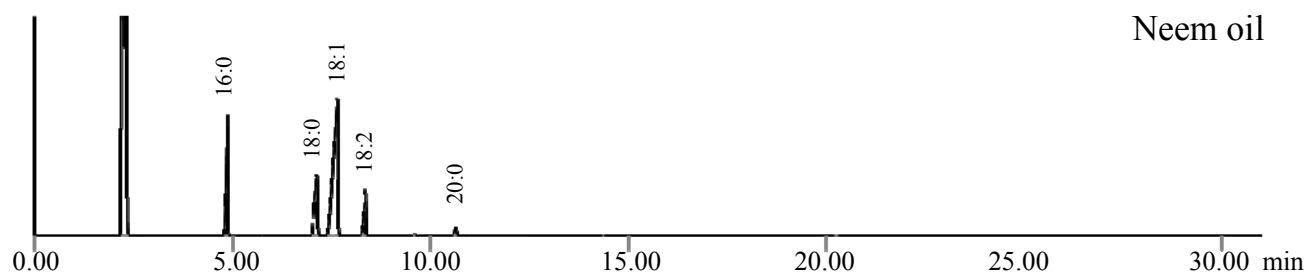




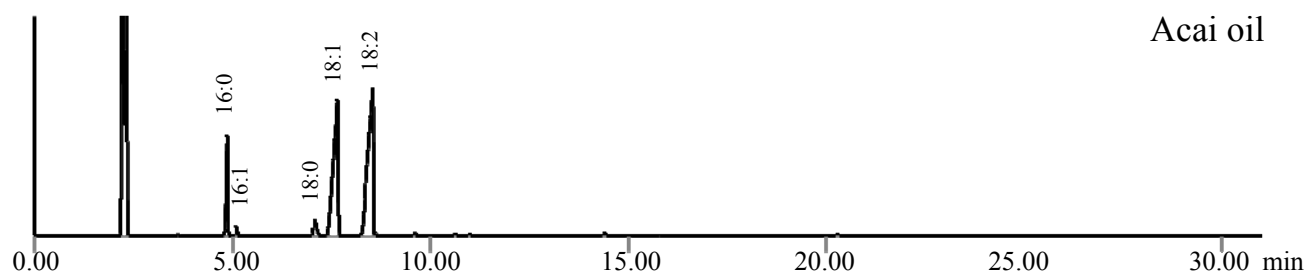
## Calophyllum inophyllum oil



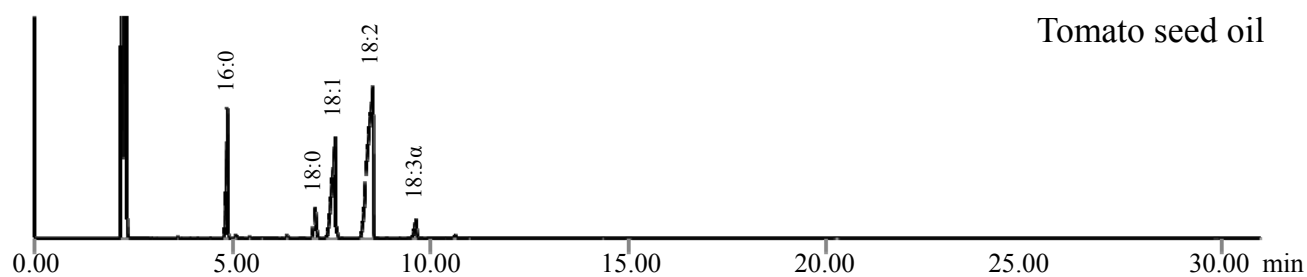
## Neem oil



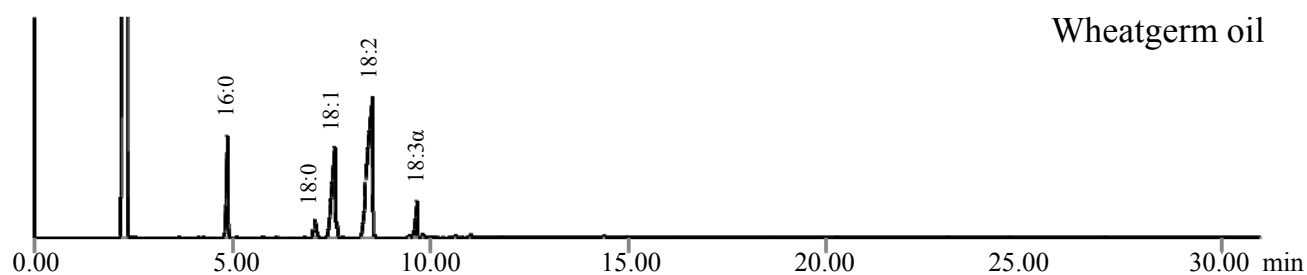
## Acai oil



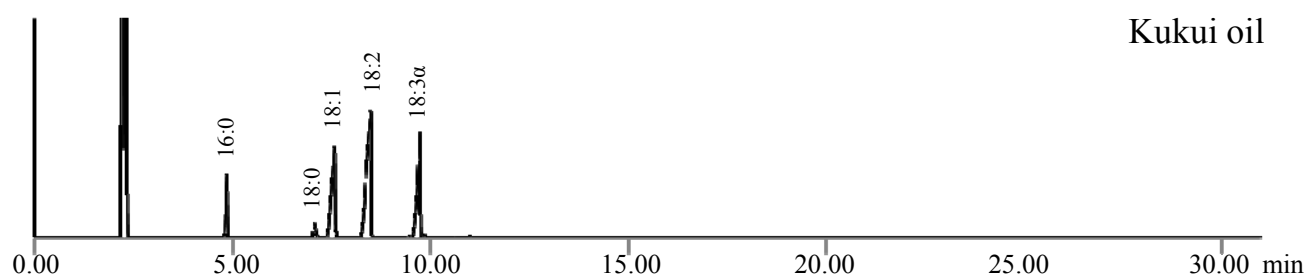
## Tomato seed oil



## Wheatgerm oil



## Kukui oil



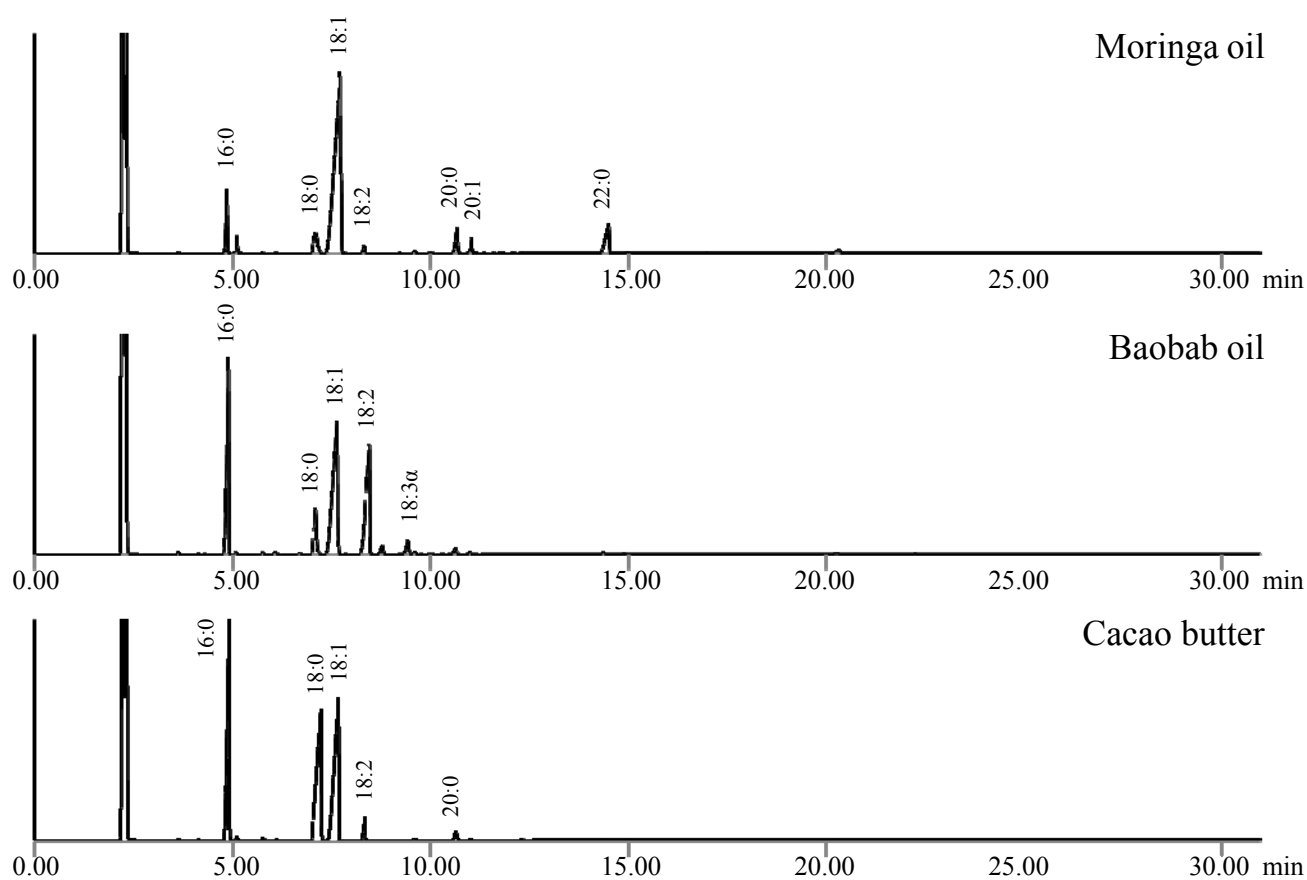


Fig.1 Gas chromatograms of fatty acid methyl esters from various kinds of fats and oils

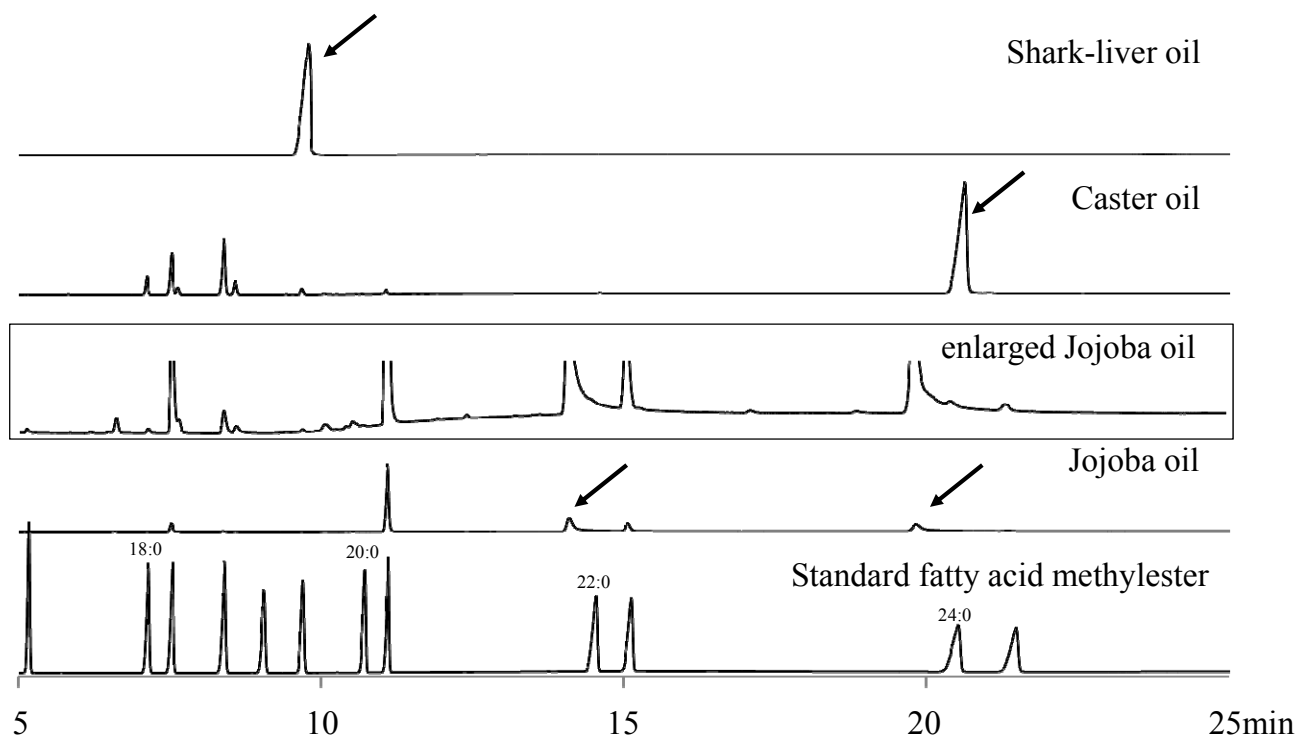


Fig.2 Gas chromatograms of KOH-methanol method products from shark-liver oil, castor oil and jojoba oil  
The arrows on peaks indicate peaks derived from specific substances in original oils but not from fatty acid methyl esters.

鮫肝油、ひまし油及びホホバオイルについて、GC/MS 分析の結果、一部の脂肪酸メチルのピークと重なる位置にそれら油脂の特異成分に由来するピークが観測されることが分かり、このため、この3種の油脂については、脂肪酸組成比の算出から除外した。鮫肝油、ひまし油及びホホバオイルのガスクロマトグラムを Fig.2 に示す。鮫肝油ではスクワランと $\alpha$ -リノレン酸メチルの、ひまし油ではリシノール酸メチルとリグノセリン酸メチルの、ホホバオイルではワックスエステル分解物とペヘン酸メチルのピークがそれぞれ重なっていた。

結果として、日本食品成分表<sup>16)</sup>に記載のない動植物性油脂：羊脂、馬油、エミューオイル、桐油、パンプキンシードオイル、ポピーオイル、ユズ種子油、アプリコットカーネルオイル、シアバター、ブルーシードオイル、マンゴーカーネルオイル、ローズヒップオイル、カロフィラムイノフィラムオイル、ニームオイル、アサイーオイル、トマトシードオイル、小麦胚芽油、ククイナッツオイル、モリンガオイル、バオバブオイル及びカカオ脂の脂肪酸組成比のデータが新たに得られた。

### 3.2 回帰分析を使用した判別法の検討

今回収集した油脂のうち、同一種で複数の検体が入手できた油脂について、それらの脂肪酸組成比を基に回帰分析を行った結果を Table.3 に示す。ただし、本研究の GC 分析条件では、炭素数が 8~24 の脂肪酸のメチルエステルは検出できるが、それ以上の炭素数を有する脂肪酸のメチルエステルは検出できない。炭素数が 25 以上の脂肪酸を含むラノリンについては、炭素数が 8~24 でかつ偶数個の脂肪酸のピーク面積値を基に脂肪酸組成比を算出している。このため、炭素数が 25 以上の脂肪酸があり、構成脂肪酸の全てをカバーした脂肪酸組成比のデータではないことから、回帰分析及び多変量解析の際に使用する脂肪酸組成比のデータセットからは除外した。

同種の油脂間の決定係数は 0.679 以上であった。同種油脂間の決定係数が最小であった落花生油について、各検体の脂肪酸組成比を Table.4 に示す。同種油脂であるにもかかわらず脂肪酸組成比が顕著に異なっており、特にオレイン酸とリノレン酸の脂肪酸組成比の違いが大きいくことがわかる。このことは、同種油脂間でも産地、品種或いは収穫時期等により、脂肪酸組成比が大きく異なることを示唆しており、脂肪酸組成比の回帰分析結果のみを判別基準とした場合、油脂の判別を誤る可能性があることを示している。

Table 3 Result of regression analysis between the same kind of samples

Fats and Oils	Coefficient of determination	N
horse oil	0.996	2
ground-nut oil	0.679	2
palm oil	0.993	3
sunflower oil	0.982	2
linseed oil	0.998	2
sesame oil	0.992	3
camellia oil	0.993	4
rice bran oil	0.996	2
almond oil	0.989	2
macadamia nut oil	0.998	2
sacha inchi oil	0.992	3
perilla oil	0.882	10
hemp oil	0.994	2
grape seed oil	0.987	2
shea butter	0.984	2
plum oil	1.000	2

N indicates the number of analyzed samples

### 3.3 多変量解析を利用した判別法の検討

今回測定した油脂について、得られた脂肪酸組成比のデータセットを基に多変量解析の一つであるクラスター分析を行った。その結果を Fig.3 に示す。脂肪酸組成比が得られた全ての油脂に対してクラスター分析を行ったが、得られたデンドログラムにおいて、他の油脂から明らかに分離して配置された一部の油脂については、デンドログラムのスケールの都合から表示を省略している。

クラスター分析では、アーモンドオイル及びグレープシードオイルを除いて、同一種類の複数の検体が単一のクラスターを形成することが確認されたため、今回収集した油脂については、この2種類の植物性油脂を除き、脂肪酸組成比のクラスター分析により問題なく判別可能と考えられる。

### 3.4 回帰分析及多変量解析における判別法の比較検討

落花生油は、検体間の決定係数が最小 (0.679) であり、前回の報告<sup>15)</sup>における回帰分析による油脂の種類の判別基準 (決定係数 0.979 以上) によると異種の油脂として判定されるが、クラスター分析では単一のクラスターを形成したため、全ての落花生油の検体は落花生油と見なすことができ、かつ他の油脂との判別が可能であった。決定係数<sup>15)</sup>が 1.000 であるサフラワー油とヘーゼルナッツオイルは、回帰分析では同種油脂として判定されるが、クラスター分析では判別可能であった。これらのことから、クラスター分析は回帰分析と判定方法 (アルゴリズム) が異なるために、同種油脂間で脂肪酸組成比が顕著に異なるものや、異種の油脂間で脂肪酸組成比が近似しているものに対しても、油脂の種類を判別できる可能性が示された。

Table 4 Comparison of the fatty acid ratios between two ground-nut oils

(unit:%)

No.	8:0	10:0	12:0	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3 $\gamma$	18:3 $\alpha$	20:0	20:1	22:0	22:1	24:0	24:1
1	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	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	0.1	2.6	76.9	5.7	0.0	0.1	1.3	2.1	2.9	0.2	1.6	0.1



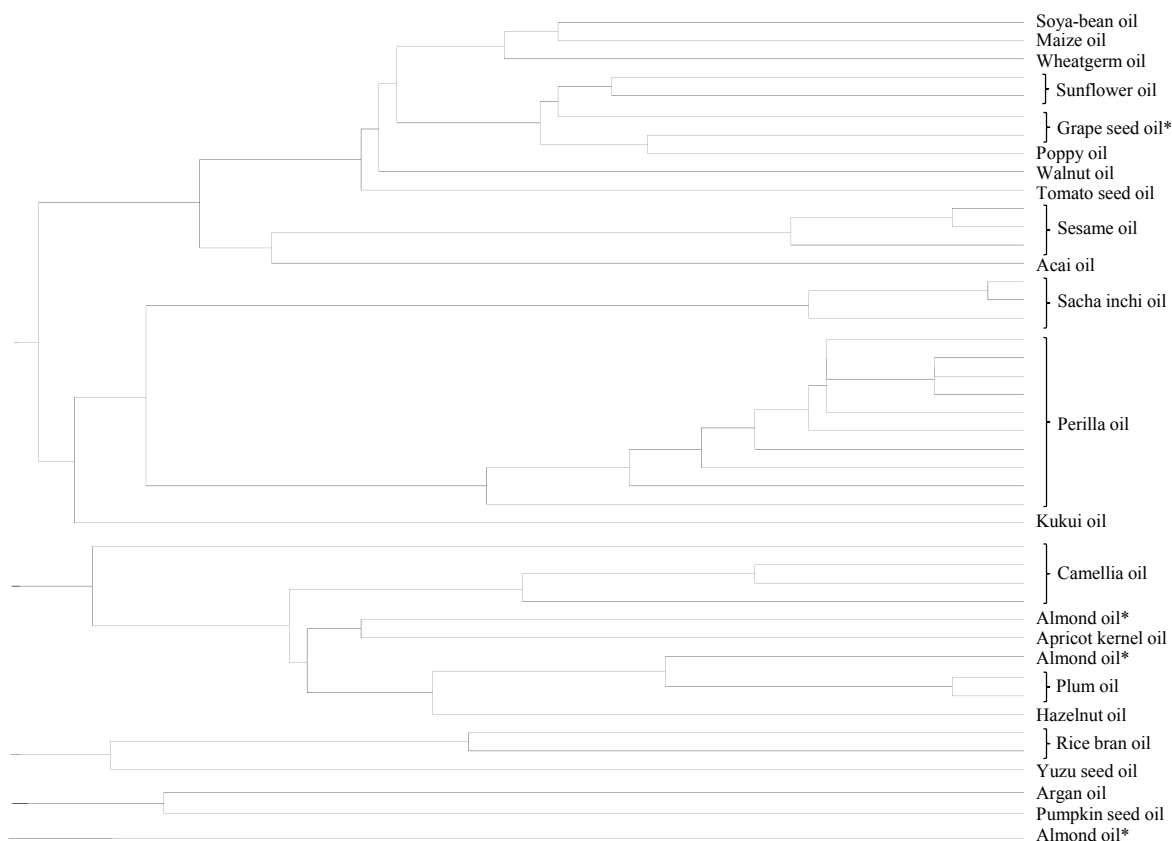


Fig.3 Neighbor-joining cluster analysis of various kinds of fats and oils based on the fatty acids ratios

“\*\*” after the names of fats or oils indicates that the oils or fats were not grouped within a single cluster.

A specific part of the obtained tree was expanded due to the limited size of graphics.

一方、アーモンドオイルの検体間の決定係数は 0.989、グレープシードオイルの検体間の決定係数は 0.987 であり、これらの数値は前回の報告<sup>15)</sup>における油脂の種類の判別基準（決定係数 0.979 以上）を満足するため、回帰分析の結果からは、同種油脂間で特段に脂肪酸組成が異なっているとは言えない。しかしながら、クラスター分析では、これらの油脂がそれぞれ単一のクラスターを形成しなかったため、今後、その原因を解明する必要がある。

今回の結果が油脂の種類の判別に対して普遍的であるかどうかを判断するには、様々な産地の油脂の収集、およびサンプル数の追加を行い、脂肪酸組成比のデータを補強後、更なる検証が必要である。

#### 4. 要 約

動物性油脂についても、植物性油脂と同様に水酸化カリウム-メタノール法によりエステル交換を行い、GC によりその脂肪酸組成比を分析できることが分かった。この分析法により、文献値のない 21 種類の動植物性油脂の脂肪酸組成比のデータを新たに得ると共に、それらのデータを用いた多変量解析（クラスター分析）により、各種油脂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，熊澤勉，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) 井上大志, 河嶋優美, 松本啓嗣, 山崎幸彦: 関税中央分析所報, **51**, 5(2011).
- 16) 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, P402(2006),(医歯薬出版株式会社).