

ヤマモモ (*Myrica rubra* SIEB. et ZUCC.VC) 種子中の 油脂成分とその生理活性について

邊見 篤史^{†1}, 小路 美紀^{†2}, 沖田 明日香^{†3}, 横野 一步^{†2},
岡田 芳治^{†2}, 野村 正人^{†2}

Evaluation of the Fatty Acid Composition of the Seeds of *Myrica rubra* SIEB. et ZUCC.VC. and Physiological Activities

Atsushi HENMI^{†1}, Minori SHOJI^{†2}, Asuka OKITA^{†3}, Kazuho YOKONO^{†2},
Yoshiharu OKADA^{†2} and Masato NOMURA^{†2}

Abstract

Bayberries (*Myrica rubra* SIEB. et ZUCC.VC.) are popular backyard ornamental foliage plants. Their fruits can be used as food ingredients and have been shown to have various medicinal effects. In this study, component analysis was conducted focusing on fatty acids found in the seeds of bayberries which are normally discarded during food processing; it was shown that the seeds contained palmitic acid, linoleic acid and oleic acid as main components. On the other hand, the deodorant effects of these fatty acids on common malodorous substances was examined with an eye toward their industrial applications; it was shown that the fatty acids had particularly strong deodorant effects on the offensive odors caused by trimethylamine, 2-nonenal and dimethyltrisulfide. Also, antibacterial activity test using the paper disc method showed that the fatty acids had antibacterial against *Bacillus subtilis* and *Staphylococcus aureus*.

Keywords: *Myrica rubra* SIEB. et ZUCC.VC., Fatty acids, Deodorant effects, Antibacterial activity

1. 緒言

日本では明治以降の食の洋風化によって油の需要が増え、その市場のほとんどを植物油が占めている^{1,2)}。その中でも種子油の消費量が多く、食用油としてナタネ油(半乾性油)、ダイズ油(乾性油)などがよく用いられている。一方、不乾性油であるツバキ油、ヒマシ油などは食用油の他に化粧品、工業製品、あるいは医薬品の原料として利用されている³⁾。多くの種子は発芽のためのエネルギー源として主に炭水化物、脂質及びタンパク質を貯蔵しており、エネルギー収率が高い脂質を多く含んでいる^{4,5)}。本研究で使用するヤマモモ(学名: *Myrica rubra* SIEB. et Zucc.vc.)はヤマモモ科ヤマモモ属の常緑果樹である。中国や日本を原産地とし、現在は中国の江蘇省、浙江省や日本の関東以南の山地など暖かい土地で自生、栽培されている。品種は20種類ほどあり、野生種では果実の色が白い“しらこやまもも(白粉山桃:学名; (白粉山桃:学

名: *Myrica cerifera* L.)”、栽培品種としては大粒で酸味の強い“瑞光”、酸味の弱い“森口”及び“秀光”など有名である^{6,7)}。ヤマモモの根粒は窒素固定を行なう放線菌の一種であるフランキアを共生させているため、栄養の乏しい土地でも育成できる⁸⁾。そのため、食用としての栽培のほか、緑化のための植樹としても用いられている。成木は20mほどになる高木で、幹は太くなると灰色の樹皮に覆われる。この樹皮は楊梅皮と呼ばれ、漢方薬として用いられている。果実は直径1.5~2cmの球形で、表面に粒状の突起が密生しており、6月~7月頃に緑色から暗赤色に熟す^{9,10)}。また、果実、樹皮及び葉からはクエン酸、フラボノイドのアントシアニン及びミリストリンが多く含まれており、疲労回復効果、抗酸化作用、及び抗アレルギー作用などが報告されている^{11,12)}。多汁質で甘味と酸味が強く、生食以外に、ジャムやゼリー、果実酒などに加工される際に、種子は大量に廃棄されて

^{†1} リリース科学工業株式会社

^{†2} 近畿大学大学院システム工学研究科

^{†3} 近畿大学工学部化学生命工学科

Rilis Co., Ltd

Graduate School of Systems Engineering, Kindai University
Department of Biotechnology and Chemistry,
Faculty of Engineering, Kindai University



Fig. 1 *Myrica rubra* SIEB. et Zucc.VC.



Fig. 2 *Myrica rubra* SIEB. et Zucc.VC. (Bayberry fruit)

いるのが現状である。

そこで著者らの研究では、広島キャンパス内に生育(移植後 25 年経過)しているヤマモモ種子中から得られる種子の工業的有効利用を目的とし、種子中の油脂の脂肪酸成分の分析と化学的特性について検討した。また、工業的利用を目的とした試験として、油脂の消臭効果及び抗菌活性試験を行ない、その用途開発を検討したので、これらの結果について報告する。

2. 実験操作

2.1. 試料の調製

近畿大学広島キャンパス（広島県東広島市高屋）内に

生育 (Fig.1) している樹齢約 30 年 (植林) を経過しているヤマモモの木 (高さ約 5m 程度) に生っている果実 (Fig. 2) を 2015 年 7 月上旬頃に採取した。水洗後、日向で十分乾燥した種子 2.7kg を得た。種子を破碎し n-ヘキサン 5L に 2 週間浸漬した。濾過処理した後、溶媒を留去し淡黄色の油脂 274.2g を得た。

2.2. 脂肪酸組成の分析

2.2.1. 油脂のメチルエステル化

2.1)の項で得られた油脂 0.02g に 0.5M 水酸化ナトリウム-メタノール混合溶液 1mL を加えた。内温 110±5°C で 30 分加熱した。その後、常温下に、三フッ化ホウ素-メタノール混合試薬を 0.5mL 加え、内温 110±5°C で 1 時間加熱した。反応終了後、ジエチルエーテルで反応物を抽出し、水洗後無水硫酸ナトリウムで乾燥、溶媒を留去し 0.016g を得た。

2.2.2. ガスクロマトグラフィー (GC) 及びガスクロマトグラフ質量分析計 (GC-MS) による成分分析

2.2.1)の項でメチルエステル化した試料を GC (GC-14B, 株式会社島津製作所製) 及び GC-MS (GC-17A, QP-5000, 株式会社島津製作所製) を用いて分析した。GC の分析条件はカラム: TC-1 (0.25mm×30.0m i.d.), カラム温度: 150°C (5 分保持) ~2°C/min~270°C (15 分保持), インジェクション温度: 250°C, キャリアガス: He で行なった。GC-MS の分析条件は、カラム: TC-1 (0.25mm×30.0m i.d.), カラム温度: 150°C (10 分保持) ~3°C/min から 270°C (45 分保持), インジェクション温度: 250°C, キャリアガス: He で行なった。

2.3. 香気成分の分析

2.1)の項で得た油脂成分中の香気成分の分析をセプトム付きバイアル瓶 (15mg) に入れ、SPME 法 (40°C/30 分間加熱し、ファイバー: Carboxen / PDMS Stable Flex, Film Thickness ; 85m) を用いた GC-MS (GC : 7890A, MSD : Agilent 5975C, Agilent 社製) で香気成分の分析を行なった。なお、分析条件はカラム: DB-WAX (0.25mm×60.0m i.d.), カラム温度: 40°C (5 分保持) ~5°C/min ~220°C (39 分保持), キャリアガス: He で行なった。

2.4. 化学的特性の測定

2.4.1. 酸価

2.1)の項で得た油脂 2.0g を秤量し、ジエチルエーテル: エタノール=2:1 の混合液 20mL を加えて溶解した混合溶液に 1%フェノールフタレイン指示薬を加え、0.1M 水酸化カリウム-エタノール混合溶液で滴定する酸価試験を既報の方法¹³⁾に従って行った。

2.4.2. けん化価

2.1)の項で得た油脂 2.0g を秤量し、0.5M 水酸化カリウ

ム・エタノール混合溶液 25mL を加え、1 時間穏やかに加熱還流した。反応後冷却し、フェノールフタレイン指示薬を加え、0.5M 塩酸水溶液で滴定する試験を既報の方法¹³⁾に従って行った。

2.4.3. よう素価

2.1)の項で得た油脂に対するヨウ素価は Wijs 法を用いて行なった。すなわち、油脂 0.08g を秤量し四塩化炭素溶液 2mL に溶解し、Wijs 溶液 (ヨウ素 8.7g と三塩化ヨウ素 7.9g を酢酸に溶解後、混合させ酢酸で 1L に調整したもの) 5mL を加えた。ついで、10%ヨウ化カリウム溶液 4mL と水 20mL を加え、0.1M チオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定するよう素価試験を既報の方法¹³⁾に従って行った。

2.4.4. 不けん化物の定量

2.1)の項で得た油脂 5.0g を秤量し、1M 水酸化カリウム-エタノール混合溶液 50mL に溶解した後、1 時間穏やかに加熱還流した。反応終了後、ジエチルエーテルで反応物を抽出した。重量変化が本試験で使った油脂重量に対して 0.1%以下を示した場合恒量とみなし、ジエチルエーテル 2mL とエタノール 10mL の混合溶液に溶解し、フェノールフタレイン指示薬を加え、0.1M 水酸化カリウムを溶解したエタノール混合溶液で滴定する不けん化物定量試験を既報の方法¹⁴⁾に従って行った。

2.5. タンパク質の定量

BCA 法^{15~17)}により 2.1)の項で得た油脂と検量線用 BSA 溶液 (2mg/mL) を 96 穴マイクロプレートにそれぞれ 8 段階 2 倍希釈系列 (1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64, 1/128) を 25L 調整した。この希釈列に PBS を 25L 加え振とう後、BCA タンパク質分析キットの試薬 A と試薬 B を 100 : 1 の混合溶液 225L 加え攪拌した。37°C で 1 時間反応させた後、マイクロプレートリーダーを用いて吸光度 560nm で測定した。

2.6. 悪臭成分の消臭効果試験

測定に使用した悪臭成分の初期濃度 (ppm) をアンモニア 150.00, トリメチルアミン 20.00, 酢酸 50.00, イソ吉草酸 50.00, アセトアルデヒド 100.00, 2-ノネナール 30.00, 硫化水素 20.00, メチルメルカプタン 5.00, アリルメチルスルフィド 29.00, ジメチルジスルフィド 4.00 及びジメチルトリスルフィド 1.00 になるように、既報の方法¹⁸⁾に従ってそれぞれの成分を調整した。

2.6.1. ガス検知管 (市販品) による消臭効果の測定

2.1)の項で得た油脂 0.05g を三角フラスコに入れ、それぞれの初期濃度に調整した 7 種類の悪臭成分 (アンモニア, トリメチルアミン, 酢酸, イソ吉草酸, アセトアルデヒド, 硫化水素及びメチルメルカプタン) を封入し反

応させた。封入下で 1 時間放置後、ガス検知管 (北川式ガス検知管;光明理化学(株)製) で悪臭濃度を測定する既報の方法¹⁸⁾に従って行った。

2.6.2. 2-ノネナール及び硫黄化合物の検出 (消臭活性)

2.1)の項で得た油脂 0.05g を三角フラスコに取り、2.6)の項で初期濃度に調整した 2-ノネナール溶液ならびに 4 種類の硫黄化合物 (アリルメルカプタン, アリルメチルスルフィド, ジメチルジスルフィド及びジメチルトリスルフィド) を封入して 1 時間反応した。その後、GC 分析 (GC-2014AF, 株式会社島津製作所製; 分析条件は、カラム : Packed Column (3.2mm×2.1m i.d.), カラム温度 : 120°C, キャリアガス : N₂ (50mL/min), 検出器 : FID) を行う既報の方法¹⁸⁾に従って行った。

2.7. 抗菌活性試験

供試菌株として、枯草菌, 大腸菌, 黄色ブドウ球菌及び緑膿菌を用いて、ペーパーディスク法 (8mm 濾紙) による抗菌活性試験を 2.1)の項で得た油脂の濃度を 50μL に調整し、35°C で 24 時間培養後、育成阻止円の半径を求める既報の方法^{21,22)}に従って行った。

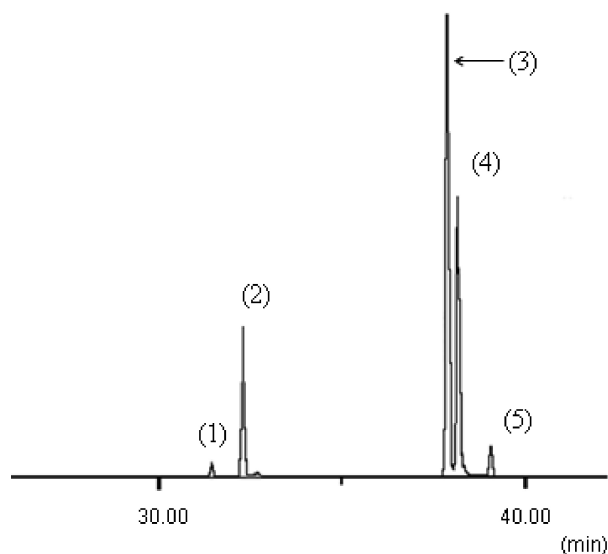


Fig. 3 GC Chromatogram of *Myrica rubra* SIEB. et Zucc.VC. (Bayberry seed oil).

3. 結果及び考察

樹齢 25 年を経ている広島キャンパス内に生育しているヤマモモから採取した完熟果実の種子中の油脂分析を行った結果を Table 1 に示す。その中で酸価が高い数値 (25.9) を示したことから油脂の加水分解が懸念されることから、約 2 週間 (室温遮光下に保管) 後に再度、測定したところ 26.4 の値を示した。このことから抽出後の経過による加水分解が主原因ではなく、油脂そのものの性状であるものと考えた。油脂の GPC 分析では, triglyceride

Table 1. Chemical properties of bayberry seed oil.

Chemical properties	Bayberry seed oil	Bayberry fruit oil*	Palm oil*	Camellia oil*
Acid value	25.9	—	—	≤5.0*
Saponification value	189.4	206.0 ~ 217.0	196.0 ~ 210.0	188.0 ~ 194.0
Iodine value	118.2	0.6 ~ 3.9	43.0 ~ 60.0	78.0 ~ 83.0
Unsaponifiable matter (%)	2.03	0.1 ~ 2.5	0.2 ~ 1.0	0.1 ~ 0.9
Hydroxyl value (KOH mg/g)	6.91	—	—	—
Ester value (KOH mg/g)	163.5	—	—	—

* Japan Oil Chemists' Society, Yushi kagaku benran, kaitei 3-ban, p. 99~101, Maruzen (1990).

Table 2. Fatty acid composition of *Myrica rubra* SIEB. et ZUCC. vc. (bayberry fruit) seed oil.

Fatty acid No.	Myrica rubra SIEB. et ZUCC. vc.		
	(bayberry fruit) seed oil time (min)	Soybean oil*	Corn oil*
(1)	1.2	0	0.1
(2)	12.0	5~12	7~13
(3)	52.7	50~57	40~60
(4)	28.7	20~35	25~45
(5)	5.4	2~7	2~5

* Extract it from the HP of Kaneda Co., Ltd.

が 80.5%, diglyceride が 5.4%及び脂肪酸類 (リノール酸(3)及びオレイン酸(4)等) が 14.0%含んでいることが分かった。油脂の物性の数値は各含有量から水酸基価はほぼ diglyceride で、酸価はほぼ遊離脂肪酸による英起用であることを考察した。また、油脂のメタノール抽出液及び不けん化物の主成分は脂肪酸類であり、加メタノール分解物は glyceride 由来のメチルエステル以外の脂肪酸類 (未確認) が検出された。油脂中の脂肪酸分析をメタノール抽出液 (メタノール可溶部) 及び塩基性加メタノール分解物での分析を検討した。まず、果肉を除去した種子中から得られた油脂脂肪酸組成について、メタノール抽出液の GC-MS 分析 (Agilent Technologies: Column; DB-1,0.320mm (0.25µm) × 30m, 180°C (3min) → 5°C/min → 300°C (10min), He/100kPa) により油脂中に含まれる脂肪酸組成を明らかにした。その GC-MS チャートを Fig.3 に、また、その脂肪酸組成を Table 2 に示す。その結果、ヤマモモ種子中に含まれている油脂成分は主にパルミチン酸(2)、リノール酸(3)、オレイン酸(4)及びステアリン酸(5)で組成されていることが確認され、加メタノール分解物の GC-MS 分析では、(2)の前に出現したピークはパルミトリン酸(1)であることを確認した。

一方、GC 及び HPLC (SHIMADZU:Column; Shim-pack CLC-ODS(M)5µm, φ 4.6mm×25cm, Eluent;EtOH/H₂O /AcOH=10/1/0.011(v/v/v), Col.Temp.40°C) 分析の結果か

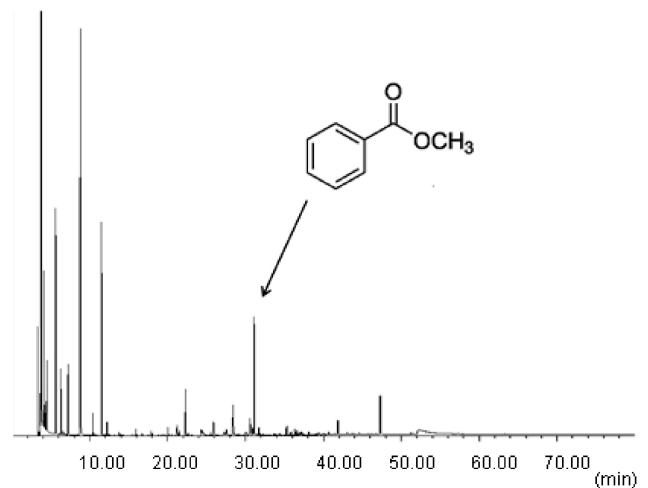


Fig. 4 GC-MS analysis of *Myrica rubra* SIEB. et Zucc.vc. (Bayberry seed oil).

ら、glyceride 中の脂肪酸と遊離脂肪酸の組成はほぼ同じことを明らかにすることができた。このような結果から、ヤマモモ種子油の脂肪酸組成は、一般植物油である大豆油あるいはトウモロコシ油に近い組成を持っていることも分かった。なお、(3)及び(4)は肌への刺激が少なく、化粧品用の乳液やクリームなどによく使用されている脂肪酸であることから、ヤマモモから得られた油脂も化粧品へ

Table 3. GC-MS analysis of bayberry seed oil

Peak No.	Compound	Peak area (%)
(1)	Heptane	0.97
(2)	Ethyl acetate	1.65
(3)	Toluene	0.38
(4)	Hexanal	0.17
(5)	(-)- β -Pinene	0.07
(6)	(\pm)-Limonene	0.07
(7)	Methylheptenone	0.12
(8)	Acetic acid	0.74
(9)	Copaene	0.40
(10)	Benzaldehyde	1.57
(11)	Isocaryophyllene	0.70
(12)	Methyl benzoate	3.97
(13)	Acetophenone	0.04
(14)	Benzyl alcohol	0.12
(15)	2-Phenethyl alcohol	0.14
(16)	Methyl cinnamate	0.52
(17)	Biphenyl	0.03
(18)	Methyl hexadecanoate	0.06
(19)	Benzoic acid	0.95
-	Others	87.37
	Total	100.00

含まれており、花様の芳香と青臭さ（ヘキサナール（0.17%含む）に起因する）が混ざり合った香りを有することが分かった。

さらに今回、抽出したヤマモモ種子油に対する化学的物性の各試験を行った結果を Table 4 に示す。その結果、酸価が 25.9 となり、酸化しやすい油脂であると考えられる。また、食用の植物油原油の酸価は約 5.0 以下と規定されている²²⁾ことから、食用以外での利用方法を検討する必要があることが分かった。一方、けん化価は脂肪酸を多く含むほど高くなり、比較物質として用いた市販品のパーム油あるいはツバキ油は 194~210 のけん化価を有しているのに対して、ヤマモモ種子油のけん化価 (189.4) はこれらの中間の位置にあることから、ヤマモモ種子由来の油脂には多くの脂肪酸を含んでいることが確認できた。また、よう素価は 118.2 を示し、油脂の状態も合わせて、不乾性油であることを確認することができたことから、化粧品製造原料としての利用も可能であることが考えられる。不けん化物の定量では油脂の純度を測ることができることから、市販のパーム油あるいはツバキ油などでは、その値が 0.1~1.0%の範囲にあり、測定したヤマモモ種子油の数値は 2.03%を示した。このことから、通常の植物油の数値が 2.5%以下であることから、今回の種子由来の油脂の純度は高いものと判断した。

つぎに、ヤマモモ種子抽出の油脂中のタンパク質の定

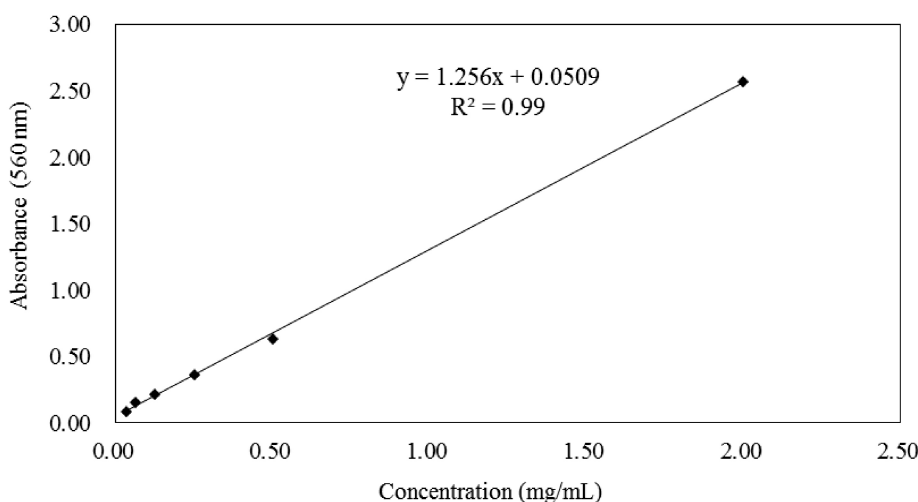


Fig. 5 Calibration curve of protein quantitative test.

の利用が十分可能であるものと考えられる。

つぎに、種子中の香气成分について、SPME 法を用いた GC-MS 分析を行なった成分の GC チャートを Fig.4 に、また、特定した成分とその組成比を Table 3 に示す。その結果、種子中の香气成分は安息香酸メチルが主成分として存在していることを確認できた。その他、香料成分でモノー及びセスキテルペン炭化水素化合物 ((-)- β -ピネン, (\pm)-リモネン, コパエン及びイソカリオフィレンの含有率合計 1.24%) とベンズアルデヒド (1.57%) などが

量については 2.5) の項に示した BSA 法¹⁵⁻¹⁷⁾を用いて定量試験を行なった。まず、BSA を 8 段階で 2 倍希釈した溶液を用いて検量線を作成した。その結果を Fig.5 に示すとともに、測定結果ならびに検量線から油脂中に含まれるタンパク質濃度を算出した。その結果、16 倍に希釈した油脂中のタンパク質濃度は 0.26mg/mL となり、ヤマモモ種子抽出の油脂中に含まれている濃度に換算すると、

Table 4. Deodorization effect of bayberry seed oil.

Odor	Deodorization rate (%)
Ammonia	75.0
Trimethylamine	35.0
Acetic acid	52.0
Isovaleric acid	95.4
Acetaldehyde	0.0
2-Nonenal	90.8
Hydrogen sulfide	0.0
Methyl mercaptan	0.0
Allyl mercaptan	13.8
Allyl methyl sulfide	28.2
Dimethyl sulfide	37.8
Dimethyl trisulfide	82.8

膚刺激も低減されるものという観点から新たな用途開発を目的に消臭効果試験を行った。すなわち、近年、身近なところで様々な悪臭と言われている匂い・臭いが身の回りに存在し、健全な生活環境を維持・継続するためには、天然物由来で安全な消臭効果をもたらす化学物質に注目が集まっている。そこで、入手容易な不快感などの悪臭を与える 12 種類の化学物質を用いて、それぞれの濃度を調整し、臭気の除去率から消臭効果を検討した。その結果、Table 4 に示したように住宅環境の中で苦情が多い尿臭の原因であるアンモニア、また、日常生活の中で人的に関わりの深い足の臭いの原因であるイソ吉草酸、また、人間の年齢による老化とともに嫌がられる加齢臭の原因である 2-ノネナル及び食材の一つとして広く使用されているタマネギ由来の臭気成分であるジメチルトリスルフィドに対して、とくに高い消臭の除去率を示した。

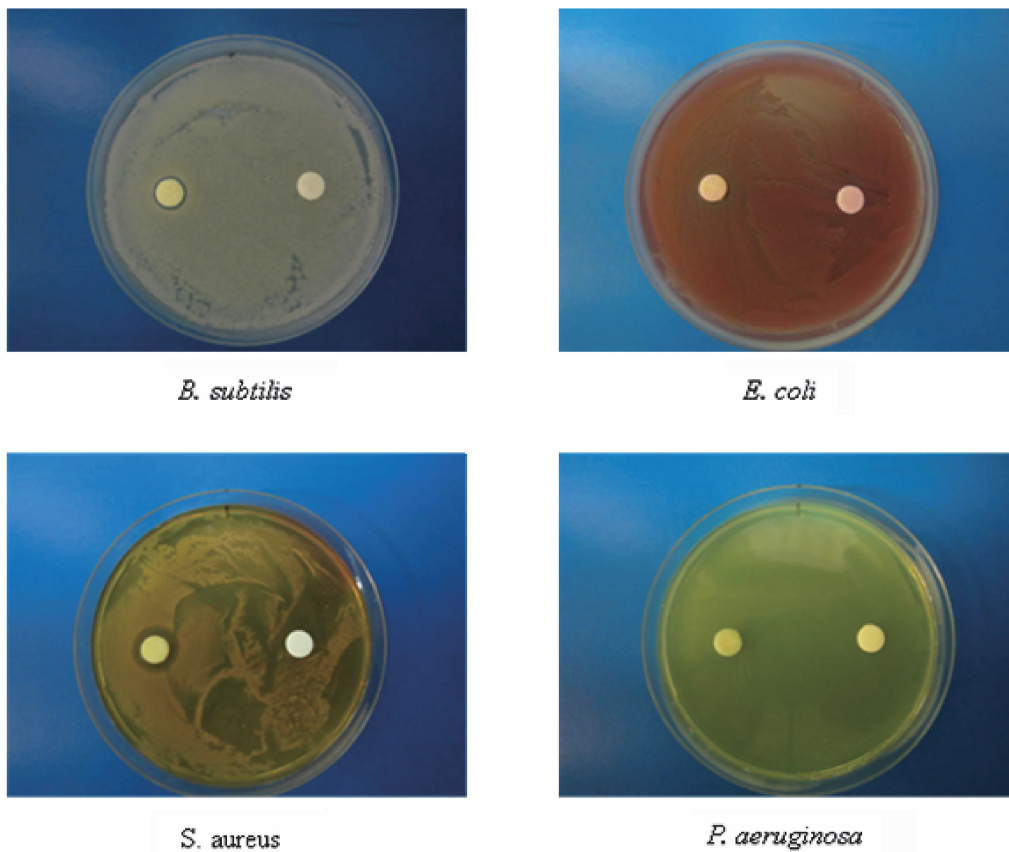


Fig. 6 Antimicrobial activity test of *Myrica rubra* SIEB. et Zucc.VC. (Bayberry seed oil)

4.20mg/mL となった。これらのことから、タンパク質と油脂は水との反応により乳化現象²³⁾が起ることが知られていることから、タンパク質を含んでいるヤマモモ種子から得られた油脂は乳化剤としての利用も期待できるものと考えられる。

植物が産生する天然物由来の油脂油という安全面と皮

このような結果から、体臭抑制に効果的な汎用品である石鹸などの原料としての利用が期待できる。また、種子油に消臭活性効果が認められたことから、更なる高付加価値を持たせることを目的に、枯草菌、大腸菌、黄色ブドウ球菌及び緑膿菌を用いて、ペーパーディスク法による抗菌性試験を行なった。その結果、ヤマモモ種子油

は枯草菌及び黄色ブドウ球菌に対し抗菌活性を発現することが確認でき、滴下量 50 μ L (試料濃度)において、1.0及び3.0mmの阻止円を示した。また、大腸菌に対しては、わずかな抗菌活性を示したが、緑膿菌に対しては期待した抗菌活性は認められなかった (Fig.6)。

4. 結言

本研究では、ヤマモモ種子由来の油脂中の脂肪酸成分の分析を試みた。その結果、主な脂肪酸としてパルミチン酸、リノール酸、オレイン酸及びステアリン酸を含んだ油脂であることを確認できた。また、タンパク質を含んでいる種子油であり、主な香気成分として安息香酸メチルとその他の成分として植物由来のテルペノイドが含まれていることも確認できた。つぎに、化学的特性の分析と種子油の用途開発を目的に消臭効果試験及び抗菌活性試験を行なった結果、油脂は不乾性油で酸価が高いことから食用としては用いることはできず、2-ノネナールあるいはイソ吉草酸などに対する除去率が高いことと抗菌活性を有していることから、石鹸や乳液などの汎用品の化粧品原料としての利用が期待できる。

5. 謝辞

油脂成分の分析について、ご指導いただきました豊国製油株式会社オレオ開発チームの佐藤重雄氏及び福田憲造氏に深く感謝申し上げます。

6. 参考文献

- 1) 日本油化学会協会編：「油脂化学便覧」, pp.579-583, 丸善(1971).
- 2) 山田明宏, 吉田雅俊：“油脂産業の「強み」を活かした新事業の創出～バイオプロセスから得られる油脂産業の革新的素材の創製～”, pp.1-30, 油脂産業優秀論文審査委員特別賞, (財)油脂工業会館(平成 28 年 2 月 19 日).
- 3) 油脂産業アライアンス研究会編：“油脂産業の未来～アライアンスによる油脂産業のイノベーション～”, pp.8-12, (財)油脂工業会館(2011).
- 4) Bob B. Buchanan, Wilhelm Gruissem, Russell L. Jones, 杉山達夫：「植物の生化学・分子生物学」, pp.411-413, 学会出版センター(2005).
- 5) 油脂産業と健康研究会編：“油脂産業と健康”, pp.29-33, (財)油脂工業会館(2008).
- 6) 岡崎誠, 山崎和雄, 高橋栄治：“ヤマモモ(*Myrica rubra* SIEB. et ZUCC. CV.)の接ぎ木繁殖に関する試験”, 神奈川県園芸試験場報告, 第 29 号, pp.91-96 (1982).
- 7) 真野隆司, 松山稔, 山瀬敬太郎：“里山林における果樹の栽植”, 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告(農業編), Vol.56, pp.54-59 (2008).
- 8) 山中高史, 岡部宏秋：“ヤマハンノキの根粒から分離されたフランキア菌”, 日林誌, Vol.77, No.3, pp.269-271 (1995).
- 9) 奥田拓男編：「資源・応用 薬用植物学」, p.74, (株)廣川書店(1991).
- 10) 野呂征男, 水野瑞夫, 木村猛淳：「薬用植物学」, p.105, (株)南江堂(1994).
- 11) 越島貴司, 嶋林博：“ヤマモモ抽出物のご紹介”, *FFJ JOURNAL*, Vol.220, No.3, pp.284-289 (2015).
- 12) 屋我嗣良, 内山義範, 仲宗根平男：“ヤマモモの染色性について”, 琉球大学農学部学術報告, Vol.28, pp.255-263 (1981).
- 13) 橋本俊二郎, 渡平元辰, 山藤圭子：「新版 食品化学実験」, pp.67-75, (株)講談社(2001).
- 14) 日本工業規格, 化学製品一般試験方法専門委員会編, pp.1-13, JIS0070, “化学製品の酸価, けん化価, エステル価, よう素価, 水酸基及び不けん化価の試験方法”(1992).
- 15) O. H. Lowry, N. J. Rosenbrough, A. L. Farr and R. J. Randall, “Protein measurement with the folin phenol reagen”, *J. Biol. Chem.*, Vol.193, pp. 265-275 (1951).
- 16) K. Wiechelmann, R. Braun and J. Fitzpatrick, “Investigation of the Bicinchoninic acid protein assay ; identification of the groups responsible for color formation”, *Anal. Biochem.*, Vol.175, pp.231-237 (1988).
- 17) R.E. Brown, K.L. Jarvis and K.J. Hyland, “Protein measurement using bicinchoninic acid : elimination of interfering substances”, *Anal. Biochem.*, Vol.180, pp.136-139 (1989).
- 18) Shuhsien Wu, Megumi Tokuda, Ayaka Kashiwagi, Atsushi Henmi, Yoshiharu Okada, Shinya Tachibana and Masato Nomura, *J. Oleo Sci.*, Vol.64, No.5, pp.479-484 (2015).
- 19) S. Ueda, H. Yamashita, M. Nakajima, *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, Vol.29, pp.111-116 (1982).
- 20) 岡村健司, 村上結城, 岡田芳治, 野村正人：“間伐材精油の化学成分とその生理活性について”, 近畿大学工学部「近畿大学工学部研究報告」, No.48, pp.1-11(2014).
- 21) 安藤達彦, 吉田宗弘, :「身のまわりの食品分析実験」, p.167, 三共出版(2011).
- 22) 松下雪郎：“油脂とタンパク質との相互作用”, 日本油化学会, Vol.20, No.4, pp.195-204 (1971).
- 23) 佐藤清隆：“脂質の構造と物質 – 食品物理学の立場から”, *J. Grad. Biosp. Sci., Hiroshima Univ.* (2009), Vol.48, pp.77-94.