

機能性等特色ある豚肉の生産技術の確立

田辺 勉・辻本賢二郎・小林直樹・伊達 毅

The Production of Pork Rich in DHA Using Mackerel Oil

Tsutomu TANABE, Kenjiro TSUJIMOTO, Naoki KOBAYASHI and Tsuyoshi DATE

要 約

県内の缶詰工場において、缶詰の製造過程で生じるサバ油を市販の肥育後期豚用飼料に混合給与し、豚胸最長筋へのドコサヘキサエン酸（DHA）の移行効果を検討した。また、サバ油の給与利用を簡便にするための固形化やトップドレッシングによる給与法の有効性についても検討した。

その結果、サバ油を微粒二酸化ケイ素（微粉末シリカ）に混合・吸着させ固形化することによりサバ油の取り扱いが容易になった。また、固形化したサバ油を肥育後期豚用飼料に添加給与することにより、胸最長筋中脂肪のDHA含量を有意に増加させることができた。しかし、サバ油の飼料への添加割合を油量として重量比で1%から5%まで変化させても、脂肪酸組成に占めるDHAの割合の変化は平均1.0%が1.2%に増加した程度であった。

また、現地実証試験として、固形化サバ油を用い、肥育後期豚用飼料に対し油量として重量比2%をトップドレッシングした結果、胸最長筋中脂肪におけるDHA含量は、無添加の0.4%に対してサバ油添加により0.8%と有意に増加した。サバ油の固形化とトップドレッシングは、簡便なサバ油の添加給与方法として有効である。

I 緒 言

食生活の改善や栄養補助を目的に、多くの健康補助食品が販売され、その利用者も増加している。その多くが美容への関心とともに、「メタボリックシンドローム」に象徴される肥満や、増加し続ける生活習慣病の発生要因の一つとして脂質（脂肪）が注目されてきたことと深く関係している。日本人の食の欧米化により、植物性脂肪に多いリノール酸等のn-6系列脂肪酸の摂取量が3倍に増加したのに対し、魚介類に多いn-3系列脂肪酸は殆ど変っていない¹⁾。このn-6系列脂肪酸とn-3系列脂肪酸の摂取比率を改善することで抗アレルギー効果や生活習慣病予防効果が期待できるといわれている^{2)~4)}。

一方、畜産分野においては食品残渣や農林水産副産物の有効利用を目指した、いわゆるエコフィードが施策として取り組まれている。この様な社会的背景を踏まえ、当场では2002年以来、油脂系素材の利用に関し研究を行ってきた^{5)~12)}。本研究は、サバ油の豚への給与に係る試験の続報である。

県内の缶詰工場で生産されるサバ油は、食品等への加工にはコストが掛かるため現在は廃棄されているが、日本人に摂取量の増加が望まれるn-3系列脂肪酸としてイコサペンタエン酸（EPA）が9%、ドコサヘキサエン酸（DHA）が14%含まれている¹³⁾。

しかし、これを利用するには、酸化による油の劣化への配慮が必要である。また、給与方法

は、飼料工場で肥育後期豚用飼料に配合するよりも農家段階で配合する方が実用的である。そこで、抗酸化力を有する資材との併用効果や、サバ油の簡便な給与方法について検討する。

II 試験方法

サバ油は、特に記述のある場合を除き、サバ油 5 に対し微粒二酸化ケイ素（微粉末シリカ）2 の割合で混合吸着させ固形化したものを使用した。供試豚は当场産 LW 種を用い、群飼、不断給餌、自由飲水とした。肥育試験における調査項目は発育成績、胸最長筋（ロース）の肉質成績および脂肪酸組成とした。

肉質分析には、第 4～10 胸椎部分のロース芯を採材し供した。

脂肪酸組成は、Folch らの方法¹⁴⁾により試料を調製し、ガスクロマトグラフィー（GC-6890 Agilent Technologies）を用いて分析した。カラムは、キャピラリーカラム（SPTM-2560 100m×0.25mm、Supelco）を用い、測定条件は注入温度 250℃、カラム温度 140～240℃とし、キャリアガスは窒素を、検出器は水素炎イオン化検出器を使用した。標準試料は C4:0 から C22:6 間の 37 種の脂肪酸とした。

統計処理は、分散分析法により行った。

1 サバ油添加量増加の影響

既報により報告した、肥育後期豚用飼料へのサバ油 2.5% 添加による豚胸最長筋中への DHA 移行量の増加を図るため、肥育試験 1 として、肥育後期豚用飼料へのサバ油添加量を 5% に上げ、その影響を調査した。サバ油は、肥育後期豚用飼料と飼料攪拌機を用いて混合し、試験区の豚に対し出荷までの 44 日間給与した。対照区は肥育後期豚用飼料のみの給与とした。いずれの区も、去勢豚、雌豚各 2 頭ずつで構成した。

2 抗酸化資材の効果の検討

資材の抗酸化効果を把握するため、サバ油に対し、茶葉粉末 20%、ビタミン E 剤 20%（ビタミン E 相当 10%）またはハーブ粉末（商品名

；アロマックス K）10% を加え、30℃ の恒温器内に静置し、混合物の過酸化価（POV）を、ヨウ素滴定法を用いて経時的に測定した。

3 抗酸化資材の併用添加効果の検討

肥育試験 2 として、市販肥育後期豚用飼料に対し、油量として重量比 1% となるよう固形化サバ油を添加し、さらに抗酸化資材として、飼料に対し重量比で、茶葉粉末 0.2%、ビタミン E 剤 0.1% またはハーブ粉末 0.1% となるよう添加し、飼料攪拌機で混合し、出荷までの 23 日間給与した。対照区には、肥育後期豚用飼料に微粒二酸化ケイ素を添加したものを給与した。各区 2 頭の去勢豚を供試した。

4 簡易な給与方法の検討

肥育試験 3 は、坂井農業高校の協力を得て現地実証とした。簡便にサバ油を給与するため、肥育後期豚用飼料にサバ油を、肥育後期豚用飼料に対し、油量として重量比 2% となるよう飼料にトップドレッシングし、出荷までの 27 日間給与した。対照区は肥育後期豚用飼料のみの給与とした。サバ油給与区は去勢豚 6 頭、対照区は去勢豚 5 頭とした。

III 結果

1 サバ油添加量増加の影響

試験区と対照区の間には発育、肉質成績の差は認められず、良好であった(表 1)。

表 1 発育・肉質成績 (サバ油 5% 添加試験)

	去勢		雌	
	対照区	サバ油区	対照区	サバ油区
D.G	1.2	1.2	1.0	0.9
飼料要求率	3.2	2.8	2.7	2.5
水分 (%)	73.8	74.5	74.1	74.2
加熱損失 (%)	30.3	28.2	30.6	32.1
剪断力価 (kg)	3.4	2.2	3.1	3.0

脂肪酸組成については、主要な脂肪酸であるパルミチン酸、ステアリン酸、オレイン酸では対照区と試験区間に有意な差は認められなかった(表 2)。EPA や DHA は、サバ油を添加することにより有意に増加した。

表2 脂肪酸組成 (サバ油5%添加試験)

	対照区	サバ油区
パルミチン酸	24.5	23.5
ステアリン酸	12.2	11.4
オレイン酸	45.0	42.5
EPA	— ^a	0.4 ^b
DHA	— ^a	1.2 ^b

※ 異符号間に有意差あり (p<0.05)

2 抗酸化資材の効果の検討

サバ油に抗酸化資材を添加することにより、油脂の劣化の指標である過酸化価 (POV) の上昇は抑制され、その強度は、ビタミンE剤 10%混合、ハーブ粉末 10%混合、茶葉粉末 20%混合の順であった (図1)。対照として行ったサバ油のみの POV の推移は、7日目では 52 mEq/kg であり、抗酸化資材添加区と差はないが 14 日目では 171 mEq/kg を示し明らかに劣化が認められた。

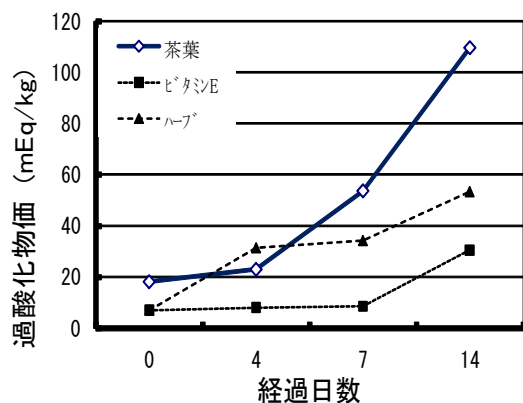


図1 過酸化価 (POV) の推移

3 抗酸化資材の併用添加効果の検討

3種類の抗酸化資材を肥育後期豚用飼料にサバ油とともに添加給与した結果を表3に示す。各資材間あるいは資材添加の有無による豚の発育性への影響は認められなかった。嗜好性が劣る茶葉の飼料要求率が高かったが有意なものではなかった。肉質にも影響は認められなかった。

脂肪酸組成を調査した。サバ油の添加により DHA は有意に増加したが、資材添加による影響は認められなかった (図2)。

表3 発育・肉質成績 (抗酸化資材併用試験)

	対照区	茶葉区	ビタミンE区	ハーブ区
D.G	0.9	1.2	0.9	0.9
飼料要求率	3.9	4.3	3.8	3.6
水分 (%)	74.0	74.2	74.2	74.6
加熱損失 (%)	26.9	30.1	28.8	29.4
剪断力価 (kg)	2.3	2.2	2.1	2.0

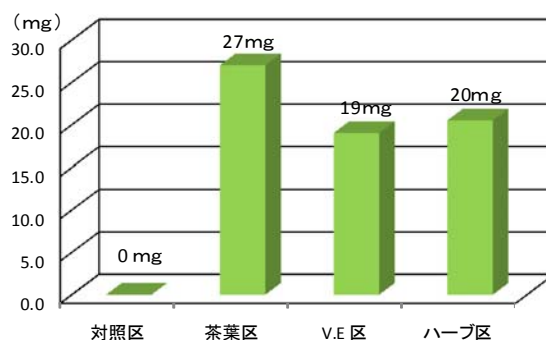


図2 胸最長筋100gあたりのDHA含量

4 簡易な給与方法の検討

固形化したサバ油を、肥育後期豚用飼料にトップドレッシングする簡便な方法で給与した場合、発育成績 (表4) や肉質成績 (表5) に影響は認められなかった。

脂肪酸組成は、サバ油の添加により、胸最長筋中の DHA 含量は有意に増加した (表6)。また、脂肪融点について調査した結果、サバ油を添加給与しても胸最長筋周辺の背脂肪内層の脂肪融点は変わらなかった (表6)。

表4 発育成績 (トップドレッシング試験)

	体重 (kg)		D.G	枝肉重量 (kg)	歩留 (%)
	開始時	出荷時			
対照区	90.1	114.8	1.1	80.7	70.3
サバ油区	93.2	117.5	0.9	78.3	66.6

表5 肉質成績 (トップドレッシング試験)

	水分 (%)	ドリップ (%)	加熱損失 (%)	加圧保水力 (%)	剪断力価 (kg)
対照区	74.6	5.7	32.2	0.8	3.6
サバ油区	74.9	4.7	31.9	0.9	2.7

表6 脂肪酸組成 (トップドレッシング試験)

	対照区	サバ油区
パルミチン酸	20.9	22.0
ステアリン酸	13.7	13.8
オレイン酸	36.7	39.8
EPA	—	—
DHA	0.4 ^a	0.8 ^b
脂肪融点 (°C)	39.7	40.8

※ 異符号間に有意差あり (p<0.05)

IV 考 察

サバ油の取扱いを容易にし作業の効率化を図るため、微粒二酸化ケイ素に吸着させ固形化したものを肥育後期豚用飼料に添加し豚に給与すると、胸最長筋中の脂肪組織内のDHA含量は有意に高くなるが、発育成績や肉質成績には悪影響を与えることはなかった。

また、一般に魚油系資材の利用に当たり懸念される事項として脂肪融点の低下があげられるが、脂肪融点の低下はみられなかった。加えて坂井農業高校の行事への一般参加者(10歳未満から60歳代までの男性28名、女性29名)を対象に予備的に実施した官能検査においてもサバ油添加給与の影響は認められなかった(データ未掲載)。

さらに、魚油系資材利用において考慮すべき事項として酸化による魚油の劣化が挙げられる^{15,16)}。これを防ぐため通常は工業的に生産され飼料添加剤として認められている抗酸化剤を用いる。しかし近年、抗酸化力を有する茶葉などの天然由来の物質等を利用する試みが多くみられる^{17)~20)}。また抗酸化作用のみならず脂肪酸利用効率の向上効果²¹⁾や脂肪酸生理活性作用を強化する効果²²⁾も報告されている。加えて、魚油や多価不飽和脂肪酸の利用による効果も多く報告されている^{23)~25)}。

そこで、サバ油や豚肉に移行した多価不飽和脂肪酸の酸化による劣化低減や利用効率向上を図るため、サバ油と共に、抗酸化効果を確認した茶葉粉末、ビタミンE剤、ハーブ粉末を肥育後期豚用飼料に併用添加し豚に給与した。

その結果、DHAの豚胸最長筋中脂肪における含有率は、サバ油の添加によって有意に増加

はしたものの、これらの抗酸化資材を併用添加給与したことによるDHA移行率の向上等の効果は認められず、いずれの場合も、DHA含有率は1%前後に留まった。

豚胸最長筋中のDHA含量を増加させることを目的として、肥育後期豚用飼料へのサバ油の添加割合を5%まで増加したが、DHA含量は1.2%であり、飼料へのサバ油添加割合1~3%での試験結果と差は認められなかった。

また、同じ豚の試料であっても、胸最長筋中脂肪におけるDHA含量と、胸最長筋周辺の背脂肪内層のDHA含量を比較すると、背脂肪内層のDHA含量が明らかに高い(データ未掲載)。

一般に脂肪酸は、肝臓においてβ-酸化と呼ばれる代謝経路によってC2単位で切り離されアセチルCoAが生成されるとされている。個々の脂肪酸では、例えばステアリン酸のオレイン酸への不飽和化は動物体内では容易に進行するが、オレイン酸からリノール酸、さらにはα-リノレン酸への不飽和化は進まない。ところが、必須脂肪酸欠乏時にはオレイン酸由来のエICOSATRIEN酸が蓄積する。

また、リノール酸やα-リノレン酸は、不飽和化、長鎖化を繰り返して、より高度に不飽和な脂肪酸へと変えられる。さらに、これら脂肪酸のうち、γ-リノレン酸、アラキドン酸およびイコサペンタエン酸(EPA)から種々のイコサノイド(プロスタグランジンやロイコトリエンなど)がつくられ、極めて微量で各々特徴的な生理活性を発揮する。そして、このイコサノイドの産生は巧妙に調節されていて、n-3系多価不飽和脂肪酸はリノール産の不飽和化に干渉する、とされている²⁶⁾。

このことに関連して、鶏の事例であるがn-3系列脂肪酸の利用、蓄積に係る回帰式が報告されている²⁷⁾。また、n-3系列脂肪酸を多く含む飼料を給与すると、筋肉中のn-3系列脂肪酸含量は増加するが、飽和脂肪酸に対する多価不飽和脂肪酸の比率は低下するとの報告もある²⁵⁾。

本研究は、n-3系列脂肪酸の代謝機序を明らかにすることを目的にしていなかったが、得られた結果やこれらの報告から、飼料等からのDHA等多価不飽和脂肪酸の生体への移行に関しては、脂質代謝機序の管理下において、一定の水

準以下に留められている可能性が高いと考えられる。

実際の利用面に関しては、人間にとって多価不飽和脂肪酸が有する危険性と機能性の両面から適正な摂取レベルが報告されている。

それによれば、冠動脈性心疾患予防効果が得られる最少量は、EPA・DHA混合物量として0.45g/dであり、許容上限摂取量は4g/d程度と推定している¹⁶⁾。本研究における胸最長筋100g中の含量は20mg～30mg程度である。同様の研究報告としてスケソウダラ油を豚に給与した事例がある。これによるとスケソウダラ油を2%添加給与した場合、豚胸最長筋100g中に12.4mgから21.4mgのDHAの移行が確認されている²⁸⁾。これらの値は本研究の値と近似であり、魚油系資材を豚に給与する形態で利用した場合に期待できる付加価値化の程度を示唆していると考えられる。

これらの結果から、機能性の発現までを考慮すると、サバ油の肥育後豚への給与により生産される豚肉には十分なDHAを移行させることは困難である。しかしながらバランスの良い食事や適度な運動が健康な生活の基本であることを考え合わせれば、サプリメント的要素を持った食品として有効であると考えられる。

また、固形化によるサバ油の取り扱いの容易さやトップドレッシングという簡便な方法により、県内養豚農家が比較的容易に取り組み、生産物の特徴付けが可能である。一方で、飼料中あるいは豚肉に移行した不飽和脂肪酸の酸化を抑制する有効な資材の検索や、コスト的に課題のある微粒二酸化ケイ素に代わる固形化資材の検討などが今後、残された課題である。

参考文献

- 1)村上みよこ. よく効くエゴマ料理. 創森社, 2001
- 2)奥山治美・小林哲幸・浜崎智仁. 油脂と油とアレルギー. 11-13. 学会センター関西, 1999
- 3)奥山治美. 油 このおいしくて不安なもの. 159-164. 農文協, 1989
- 4)奥山治美. 薬でなおらない成人病. 104-163. 黎明書房, 1999
- 5)久保長政・舟塚絹代・山口良二・加藤武市. エゴマを利用した機能性豚肉の生産 (第1報). 福井県畜産試験場研究報告, 17: 7-11. 2003
- 6)澤田弘枝・澤田芳憲・山口良二・加藤武市・立松憲次郎・奥山治美. 屑米、エゴマ種子等を給与した機能性鶏卵の生産とラットへの給与効果. 福井県畜産試験場研究報告, 17: 12-20, 2003
- 7)久保長政・山口良二. エゴマ油吸着飼料による豚肉の高品質化. 福井県畜産試験場研究報告: 18,6-12, 2004
- 8)藤井麻衣・山崎俊雄・山口良二・加藤武市. エゴマ、規格外米または大麦を利用した機能性鶏卵の生産. 福井県畜産試験場研究報告, 18: 13-20, 2004
- 9)栗原優佳子・吉田靖. エゴマを利用した α -リノレン酸含量の多い牛乳の生産. 福井県畜産試験場研究報告, 19: 1-6, 2006
- 10)田辺勉・久保長政・水口智越. 魚油を利用したEPA、DHA含量の高い豚肉の生産. 福井県畜産試験場研究報告, 19: 17-20, 2004
- 11)一川ゆかり・田辺勉・松谷隆広・水口智越. サバ油の添加給与が鶏卵のDHA含量に及ぼす影響. 福井県畜産試験場研究報告, 20: 27-34, 2007
- 12)小林直樹・田辺勉・松谷隆広・伊達毅. サバ油と抗酸化資材の併用添加が鶏卵のDHA含量に及ぼす影響. 福井県畜産試験場研究報告, 21: 33-38, 2008
- 13)科学技術庁資源調査会編. 五訂食品成分表. 398-401, 第一出版, 2001
- 14)J.Folch, M.Leets and G.H.Sloanestanley. A simple method For the isolation and purification of total lipids animal tissues from, J.Bio.Chem, 226, 497-509, 1957
- 15)佐二木順子. 多価不飽和脂肪酸の酸化と食品衛生的見地からみた魚介類の問題点. 千葉県衛生研究所研究報告, 17: 1-13, 1993
- 16)M.Saito, K.Kubo; An assessment of Docosahexaenoic acid intake from the viewpoint of safety and physiological efficacy in matured rats, Annals of Nutrition and Metabolism, 46: 176-181, 2002

- 17) 柴田昌利・室伏淳一・鈴木隆春・間
 渕公子・角輝夫・佐野満昭・高橋宇正.
 豚に対する茶殻の給与がふん便および
 豚肉に及ぼす影響. 静岡県中小家畜試
 研場研究報告, 9 : 31-35, 1996
- 18) Q.Guo, B.T.Richert, J.R.Burgess, D.M.Webel, D.E
 .Orr, M.Blair, A.L.Grant and D.E.Gerrard; Effect of
 dietary vitamin E supplementation and feeding
 period on pork quality, *J. Anim Sci.*, 84, 3071-3078,
 2006
- 19) Q.Guo, B.T.Richert, J.R.Burgess, D.M.Webel, D.E
 .Orr, M.Blair, G.E.Fitzner, D.D.Hall, A.L.Grant and
 D.E.Gerrard ; Effects of dietary vitamin E and fat
 supplementation on pork quality, *J. Anim Sci.*, 84,
 3089-3099, 2006
- 20) 谷田部隆・吉岡圭輔・安田正勝. 高付
 加価値豚肉生産試験. 茨城県畜産セン
 ター研究報告, 189-194, 2004
- 21) 川村治朗・山口岑雄・岩田穎三. 飼料
 への EPA・DHA および α -トコフェ
 ロール添加が鶏肉の脂肪酸組成に及ぼ
 す影響. 千葉県畜産センター研究報告,
 21 : 29-34, 1997
- 22) N.Shirai, H.Suzuki ; Effect of dietary
 docosahexaenoic acid and catechins on maze
 behavior in mice, *Annals of Nutrition and
 Metabolism*, 48, 51-58, 2004
- 23) D.D.Hong, Y.Takahashi, M.Kushiro and
 T.Ide ; Divergent effects of eicosapenta-
 enoic and docosahexaenoic acid ethyl
 esters, and fish oil on hepatic fatty acid
 oxidation in the rat *Biochimica et Bio-
 -physica Acta*, 1635, 29-36, 2003
- 24) T.Ide, Y.Takahashi, M.Kushiro
 M.Tachibana and Y.Matsushima ; Effect
 of n-3 fatty acids on serum lipid levels
 and hepatic fatty acid metabolism in
 BALB /c. KOR-Apoeshl mice deficient
 in apolipoprotein E expression *J.Nutri.
 Biochem.* 15, 169-178, 2004
- 25) S.C.Kim, A.T.Adesogan, L.Badanga and
 C.R.Staples ; Effects of dietary n-6:n-3 fatty acid
 ratio on feed intake, digestibility, and fatty acid
 profiles of the ruminal contents, liver, and
 muscle of growing lambs, *J. Anim Sci.*, 85,
 706-716, 2007
- 26) 木村修一・吉田昭 編. 食品栄養学, 58-61,
 1994
- 27) P.Cachaldora, P.GarciaRebollar,
 C.Alvarez, J.C.DE Blas and J.Mendez ;
 Effect of Type and level of fish oil
 supplementation on yolk fat composition
 and n-3 fatty acids retention efficiency
 in laying hens ; *Bri.Poultry Sci.*, 47,
 43-49, 2006
- 28) 真鍋フミカ. 水産副産物による豚肉
 の高付加価値試験. 愛媛県畜産試験場
 研究報告, 16 : 39-42, 1998

The Production of Pork Rich in DHA Using Mackerel Oil

Tsutomu TANABE, Kenjiro TSUJIMOTO, Naoki KOBAYASHI and Tsuyoshi DATE

The present study has shown what amount of mackerel oil should be added to hog in order to produce pork rich in DHA.

The addition of 5% of mackerel oil to feed increased DHA contents in a hog sirloin significantly compared to control. With 1%, 2% or 5% added mackerel oil added to feed, DHA content in a hog sirloin tended to increase as the addition rate, however, the increase was not significant.

Further, there was examined if the addition of antioxidants (tea leaves, vitamin E or herbs) to mackerel oil could be effective. In each group the DHA contents in a hog sirloin was increased significantly. Compared to the addition of 1% of mackerel oil only, the combined use of the antioxidants with mackerel oil increases DHA content, however, the increase was not significant.

Next, the effect of additional mackerel oil, it should be powdered mixed with finely divided silicon dioxide, was examined, and found increase DHA content in hog sirloin, and the increase was significant. In addition, the powdered mackerel oil was tractable.