n-3 系脂肪酸を高度に含む魚油添加飼料給与による 豚肉脂質および呈味成分への影響

石田光晴*・今野義博*・鈴木啓一**・小川ゆう子**・阿部博行**

The Effects of Fish Oil-enriched with n-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Lipids and Tasty Compounds of Pork Loin

Mitsuharu ISHIDA*, Yoshihiro KONNO*, Keiichi SUZUKI**,
Yuuko OGAWA** and Hiroyuki ABE**

* Miyagi Agricultural College, Hatatate 2-2-1, Taihaku, Sendai-shi, Miyagi 982-02

** Miyagi Prefecture Animal Industry Experiment Station,
Iwadeyama, Miyagi 989-64

n-3 Polyunsaturated fatty acids (PUFAs) enriched with fish oil were supplied to pigs and the effects of PUFAs on fatty acid composition, cholesterol level and tasty compounds (pH, total peptides, total free amino acids and inosinic acid) in the pork loin were investigated. Thirty-six LWD pigs were divided into 6 groups (6 animals each). In experiment 1, 2.5% purified fish oil was added to the basic diet from 85 kg body weight for group A and from 75 kg body weight for group B, and group C was fed with the basic diet only (control). In experiment 2, from 85 kg body weight 0.8% vitamin E was supplied with the basic diet for group D, and 0.8% vitamin E plus 2.5% sardine oil for group E, and group F was same to the group C in experiment 1. After slaughtering these pigs, loins were cut from the 12th dorsal vertebrae. Among each groups in either experiment 1 or 2, there is no difference in the lipid levels of the loins. The cholesterol levels of loins from pigs fed with fish oil supplements (groups A, B and E) were significantly ($p < 0.05$) lower than those from pigs that fed without fish oil (groups C, D and F). The fatty acid composition and proportion of unsaturated fatty acids in neutral lipid did not differ from each groups in either experiment 1 or 2. The n-3 PUFAs compositions in polar lipids in groups A, B and E were significantly ($p < 0.05$) higher than those in groups C, D and F. The n-3 PUFAs in dietary fish oil transferred to the meat and the n-6/n-3 ratio became significantly ($p < 0.05$) higher, but the levels of pH, total peptides, total free amino acids and inosinic acid were unchanged. The addition of fish oil or vitamin E to the diet did not affect on the flavor of the pork.

(Received May 10, 1996)

魚油に多く含まれている高度不飽和脂肪酸 (PUFA) は、 α -リノレン酸 (ALA)、エイコサペンタエン酸 (EPA)、ドコサヘキサエン酸 (DHA) などの n-3 系列と、リノール酸、アラキドン酸 (AA) などの n-6 系列に大別できる。n-3 系列と n-6 系列は一般に互いに拮抗する作用をもっていて、これらの摂取量の適切なバランスを保つことが重要であるが、近年は n-6 系列 PUFA に

偏った食の欧米化の傾向にあり、特に若年層に著しい¹⁾。血栓症による脳梗塞や心筋梗塞、動脈硬化、高血圧などの成人病やアトピー性皮膚炎や花粉症などのアレルギー疾患の増加はこのような食事の変化に基づくと言われて¹⁾。また、n-3 系列の EPA は血小板凝集作用や血液中の中性脂肪、およびコレステロール低下作用などが、同じく DHA は学習能向上作用、明度識別能向上作用、

* 宮城県農業短期大学畜産科畜産物利用学研究室 (〒982-02 仙台市太白区旗立 2-2-1)

** 宮城県畜産試験場原種豚造成科 (〒989-64 宮城県玉造郡岩出山町南沢字樋渡 1)

抗腫瘍作用、抗アレルギー作用などの生理作用を持つことが明らかにされている¹⁾²⁾。そのため、近年 n-3 系列の PUFA に富んだ魚食が見直されている。一方、畜産食品は飽和脂肪酸やコレステロールを多く含んでおり、それらを過剰に摂取すると、動脈の硬化によって血管が詰まりやすくなり、心臓や脳に血液が届かず、それぞれの細胞が死滅する心筋梗塞や脳梗塞を引き起こしやすい³⁾。

したがって、畜産食品中に n-3 系脂肪酸を適度に増加させることは、これからの食生活に有効であると考えられ、すでに、魚油等を飼料に混合し、n-3 系脂肪酸を多量に含む鶏卵⁴⁾や豚肉⁵⁾の生産方法について報告がされている。しかし、これらの報告では、魚油や脂肪酸カルシウムを飼料に添加することにより、家畜の蓄積脂肪や食肉・鶏卵中の n-3 系脂肪酸が増加することを示しているが、投与した家畜の食肉のコレステロールや呈味性への影響については言及していない。

本研究では、人間の体に良いといわれる n-3 系高度不飽和脂肪酸の EPA や DHA を高度に含む魚油を肉用豚の飼料に混合して、n-3 系脂肪酸が豚肉にどの程度蓄積するのか明らかにし、さらにコレステロールおよび呈味成分への影響について検討した。

実験方法

1. 試料の採取

実験に用いた肉用豚は、宮城県畜産試験場で飼育されたランドレース×大ヨークシャー×デュロック (LWD 三元交雑種) 36 頭を、6 頭を 1 区として給与油脂の種類および添加時期によって 2 期 3 区に分け、生体重 110 kg 前後で屠殺した。屠殺 1 日後に第 12 胸椎に位置する胸最長筋 (*M. longissimus thoracis*; ロース) を採取した。

実験 1 A 区: 体重が 85 kg に達してから普通飼料に市販の n-3 系脂肪酸の割合が高い精製魚油を 2.5% 添加, B 区: 体重が 70 kg に達してから普通飼料に A 区と同じ精製魚油を 2.5% 添加, C 区 (コントロール): 普通飼料のみ給与した。

実験 2 D 区: 体重が 85 kg に達してから普通飼料にビタミン E を 0.8% 添加, E 区: 体重が 85 kg に達してから普通飼料に市販イワシ魚油 2.5% およびビタミン E を 0.8% 添加, F 区 (コントロール): 普通飼料のみ給与した。

2. 脂質の抽出および分画

試料約 30 g を精秤して、FOLCH らの方法⁶⁾に準じてクロロホルム: メタノール混液 (2: 1v/v) で全脂質を抽出した。クロロホルム 10 ml を加えて全脂質を溶解し、

ねじ口試験管に移し分析時まで冷蔵保存した。さらに、脂肪酸調製前に、シリカゲルカラムクロマトグラフィーで中性脂質と極性脂質に分画した。

3. 脂肪酸メチルエステルの調製

分画した中性脂質および極性脂質の溶媒を窒素気流で蒸発させた後、5% 硫酸メタノールを 5 ml 加え、90℃ で 3 時間加熱した。冷却後、生理的食塩水 5 ml と石油エーテル 2 ml を加えてよく振り、分離後の石油エーテル層の一部をガスクロマトグラフによる分析に供した。

4. コレステロールの抽出

全脂質試料 2 ml のクロロホルムを蒸発後、1N 水酸化カリウム-エタノール溶液を 5 ml 加え、90℃、1 時間ヒートブロックで加熱ケン化後、蒸留水 5 ml、石油エーテル 2 ml を加えてよく振とうした。静置後、上層を別の試験管に移し、再び石油エーテル 2 ml を入れよく振って、上層を先の試験管に合わせた。その溶液に無水硫酸ナトリウムを加えてよく振って脱水、遠心分離後、その上清に内部標準物質として 5 α -コレステランを加え、ガスクロマトグラフ分析試料とした。

5. ガスクロマトグラフィーの条件

水素炎イオン化検出器 (FID) 付きの日立 263-30 型ガスクロマトグラフを用いて、次の条件で分析した。

(1) 脂肪酸

充填剤ユニソール 3000 ユニポート C, 3 mm×3 m ガラスカラム, 検出器温度 280℃, カラム温度 230℃, キャリアーガス (N₂) 30 ml/分とした。

(2) コレステロール

充填剤に 5% シリコン GE SE-30 クロモソルブ W AW-DMCS, 3 mm×1 m ガラスカラム, 検出器温度 280℃, カラム温度 230℃, キャリアーガス (N₂) 30 ml/分とした。

(3) 重量の計算方法

各脂肪酸およびコレステロールの面積を半値巾法で測定し、標準物質の面積と比較し、SAS にて分散分析を行った。

6. 呈味成分の分析

(1) 分析試料の抽出

試料約 5 g を精秤し、10% 過塩素酸 20 ml を加えてホモジナイザーで均質化した。ピーカーに移して 30 分間冷蔵庫に置き、3000 rpm で 20 分間遠心分離し、上清液を別のピーカーに移した。沈殿物に再び 10% 過塩素酸 20 ml を加えてよく攪拌し、冷蔵庫に 30 分間置き、遠心分離を行い上清液を合わせた。この上清液をろ過し、100 ml 定容としてタンパク質分解物質 (ペプチドおよび遊

離アミノ酸) 分析試料とした。

イノシン酸分析には、タンパク質分解物質抽出と同じ操作で別に用意した上清液を 1N 水酸化カリウムで pH 6.5~6.8 に調整して 30 分間放置した後、3 000 rpm で 5 分間遠心分離し、上清液を 100 ml 定容とした。

(2) ペプチド全量の測定⁷⁾

試料溶液 0.2 ml を小型の試験管に取り、炭酸ナトリウム-硫酸銅溶液 1 ml を添加混合した。室温で 10 分間以上放置し、フェノール試薬を 0.1 ml 加えすばやく混合した。30 分以上経過してから 2 000 rpm で 5 分間遠心分離し、750 nm で吸光度を測定した。標準溶液には牛血清アルブミンを用いた。

(3) 遊離アミノ酸全量の測定⁸⁾

試料溶液 0.02 ml に酢酸ナトリウム緩衝液 2 ml を加えよく攪拌した後、ニンヒドリン溶液 3 ml を加えてよく混ぜた。この溶液をオートクレーブを用いて 120℃、1 気圧で 5 分間加熱し呈色させた。生じたニンヒドリン呈色の吸光度を 570 nm で測定した。標準溶液には牛血清アルブミンを用いた。

(4) イノシン酸の測定

前記定容とした試料の一部を 0.45 μm メンブランフィルターを通して、日立高速液体クロマトグラフ L-6 000 型を用いて分離、250 nm で吸光度を測定し、外部標準法でイノシン酸 (IMP) を定量した。液相用の緩衝液は、0.04 M リン酸二水素カリウム-0.06 M リン酸一水素カリウム (pH 6.5~6.8) とし、カラムは和光純薬製逆相 C 18 カラムを使用した。

7. 食味試験⁹⁾

食味試験は、各試験区の供試肉 (第 10~11 胸椎) をホットプレートで炒めたものと、90℃ で 5 分間煮たものを、うま味、酸味、香り、歯ざわり、総合風味について 7 名で 5 点法 (5 点-最も好ましい、4 点-好ましい、3 点-普通、2 点-好ましくない、1 点-最も好ましくない) により評価した。

実験結果及び考察

1. 飼料の脂質性状

精製魚油とイワシ油の脂肪酸組成を Table 1 に示した。精製魚油は n-3 系高度不飽和脂肪酸である EPA (20:5) が約 15%, DHA (22:6) が約 11% 含まれていた。イワシ油は EPA が約 1.2%, DHA が約 2.6% であったが、同じく n-3 系脂肪酸のエイコサペンタエン酸が約 12% 含まれていた。P/S 比は、それぞれ 1.44, 0.56, n-6/n-3 比は 1.12 と 0.44 となった。普通飼料の主な中性

Table 1 Fatty acid composition (%) of fish oil

Fatty acid	Purified fish oil	Fish oil (sardine oil)
14:0	6.88	9.42
16:0	18.07	24.14
16:1	8.12	14.02
18:0	4.83	8.17
18:1	19.22	21.05
18:2 (n-6)	7.29	4.73
20:4 (n-6)	15.38	2.33
20:5 (n-3)	1.22	1.17
22:5 (n-3)	8.26	12.40
22:6 (n-3)	10.74	2.57
TUFA	70.23	58.27
PUFA	42.89	23.20
P/S	1.44	0.56
n-6/n-3 ratio	1.12	0.44

TUFA: Total unsaturated fatty acids

PUFA: Polyunsaturated fatty acids

P/S: Polyunsaturated fatty acids/Saturated fatty acids

n-6/n-3 ratio: Total n-6 fatty acids/Total n-3 fatty acids

脂質脂肪酸組成はオレイン酸 27%, リノール酸 25%, パルミチン酸 14%, 極性脂質脂肪酸組成はリノール酸が 30%, オレイン酸 23%, パルミチン酸 12% であり、n-3 系脂肪酸の EPA, DHA 等は検出限界値より低く、認められなかった。

2. ロース中の全脂質およびコレステロール含量

ロース全脂質含量を Table 2 に示した。実験 1 において、体重が 85 kg に達してから精製魚油を添加した A 区では平均が 2.55%, 体重が 70 kg に達してから精製魚油を添加した B 区では 2.90%, コントロールの C 区では 3.10% となった。実験 2 において、体重が 85 kg に達してからビタミン E を添加した D 区では平均 2.50%, 体重が 85 kg に達してから魚油およびビタミン E を添加した E 区では 3.06%, コントロールの F 区では 1.76% となった。実験 1, 2 とも区間に有意差はなかった。

ロース中のコレステロール含量を Table 2 に示した。実験 1 において、ロース 100 g 中に A 区 58 mg, B 区 45 mg, C 区 84 mg であった。A, B 区間には差がなく、最も多かったのはコントロールの C 区であり、A および B 区との間に有意差 (P<0.05) が認められた。実験 2 にお

Table 2 Concentration of total lipid and cholesterol level in loin

Experiment 1	A group	B group	C group
Total lipid (%)	2.55±0.98	2.90±0.76	3.10±1.20
Cholesterol (mg/100 g)	58.21±2.75 ^a	45.32±7.80 ^a	83.55±9.80 ^b

Experiment 2	D group	E group	F group
Total lipid (%)	2.50±0.70	3.06±0.72	1.76±0.44
Cholesterol (mg/100 g)	54.24±5.70 ^a	34.55±4.45 ^b	62.10±4.80 ^a

A group ; Addition of 2.5% purified fish oil to basic diet from 85 kg body wt.

B group ; Addition of 2.5% fish oil to basic diet from 75 kg body wt.

C group ; Basic diet only (Control)

D group ; Addition of 0.8% vitamin E to basic diet from 85 kg body wt.

E group ; Addition of 2.5% fish oil and 0.8% vitamin E to basic diet from 85 kg body wt.

F group ; Basic diet only (Control)

a, b ; Means with different superscripts letters between groups are significantly different at $P < 0.05$.

いて、D区 54 mg、E区 39 mg、F区 64 mg であった。実験 1 と同様に魚油を混合した E 区が有意 ($P < 0.05$) に低く、D区と F区には差がなかった。コレステロールは、生体膜などの構成脂質、副腎皮質ホルモンや各種の性ホルモンの前駆体、胆汁酸の原料などとして人体に必要な成分である³⁾。しかし、前述したように、摂取過剰な場合、心筋梗塞などの疾病の原因として、人にとって有害なものと考えられるようになった³⁾。また、逆に血清コレステロール値の低い人は脳出血にかかりやすいことから、コレステロールレベルは多すぎても少なすぎてもいけないものである¹⁰⁾。すでに、EPA や DHA による血清コレステロールの低下作用が認められている²⁾ことから、末端組織である筋肉（食肉）中のコレステロールレベルも低下したものと考えられる。

3. ロース中の中性脂質脂肪酸組成

ロース中の中性脂質脂肪酸組成を Table 3 a, b に示した。実験 1 では、主な脂肪酸であるパルミチン酸 (16:0) 25.3~26.8%、ステアリン酸 (18:0) 11.4~13.2%、オレイン酸 (18:1) 50.1~53.1%、不飽和度 58.5~61.7% であり、いずれも区間に有意差はなかった。実験 2 においても、パルミチン酸 25.9~26.6%、ステアリン酸 12.1~12.6%、オレイン酸 51.1~52.2%、不飽和度 58.8~60.2% であり、いずれも区間に有意差がなかった。これらの結果から、飼料に含まれる n-3 系脂肪酸は食肉中性脂質にはほとんど移行せず、崎元ら¹¹⁾の結果とその傾向はよく

類似していた。

4. ロース中の極性脂質脂肪酸組成

極性脂質の脂肪酸組成を Table 4 a, b に示した。リノール酸 (18:2) 以上の脂肪酸について考察すると、実験 1 では、リノール酸 23.0~28.0%、アラキドン酸 5.15~6.44%、エイコサペンタエン酸 0.86~5.91%、ドコサペンタエン酸 (22:5) 1.47~4.96%、ドコサヘキサエン酸 1.62~3.76% であった。魚油を投与した A, B 区では、エイコサペンタエン酸、ドコサペンタエン酸およびドコサヘキサエン酸ともにコントロールの C 区よりも高水準で含まれ、有意差 ($P < 0.05$) が認められた。このことから、魚油中に含まれている n-3 系脂肪酸が飼料として肉用豚に投与されることによって、中性脂質よりも極性脂質に移行することが明らかになった。一方、リノール酸は有意 ($P < 0.05$) に低下した。不飽和度は 52.3~55.3%、P/S 比は 3 区とも差はなかった。n-6/n-3 比は、A 区と B 区の間には差はなかったが、C 区は顕著 ($P < 0.05$) に低く、明らかに投与の影響が認められた。

実験 2 では、リノール酸 26.5~33.1%、アラキドン酸 6.31~8.99%、エイコサペンタエン酸 0.73~3.89%、ドコサペンタエン酸 0.36~2.04%、ドコサヘキサエン酸 0.59~3.89% であった。魚油を添加した E 区は、エイコサペンタエン酸、ドコサペンタエン酸およびドコサヘキサエン酸が D, F 区よりも有意 ($P < 0.05$) に高く含まれ、実験 1 と同様に、飼料から食肉に移行することが認められ

Table 3 a Fatty acid composition (%) of neutral lipids of loin in Exp. 1

Fatty acid	A group	B group	C group
14 : 0	1.52±0.14	1.30±0.09	1.33±0.15
16 : 0	26.77±2.80	25.30±1.03	25.50±1.75
16 : 1	3.77±0.52	3.37±0.21	2.96±0.98
18 : 0	13.20±1.92	12.99±1.40	11.41±1.68
18 : 1	50.07±3.71	51.69±0.58	53.07±1.72
18 : 2	4.68±1.53	5.35±1.25	5.76±1.87
TUFA	58.52±4.65	60.41±1.55	61.67±2.70

TUFA : Total unsaturated fatty acids

Table 3 b Fatty acid composition (%) of neutral lipids of loin in Exp. 2

Fatty acid	D group	E group	F group
14 : 0	1.74±1.02	1.54±0.14	1.34±0.34
16 : 0	25.87±1.13	26.12±0.82	26.55±7.80
16 : 1	3.16±0.42	3.31±0.43	2.90±0.53
18 : 0	12.17±1.08	12.59±1.78	12.08±1.14
18 : 1	52.19±1.58	51.21±1.66	51.09±5.17
18 : 2	4.87±0.82	5.24±1.60	4.70±0.87
TUFA	60.22±1.83	59.75±2.51	58.82±6.25

TUFA : Total unsaturated fatty acids

た。また、リノール酸は有意 ($P<0.05$) に低下した。不飽和度は 55.7~61.6%, P/S 比は 1.63~1.32 であり区間に差がなかった。n-6/n-3 比は魚油およびビタミン E を添加した E 区が最も高く有意 ($P<0.05$) であった。

以上の結果は、崎元ら¹¹⁾の結果とも一致し、n-3 系脂肪酸の増加と共にリノール酸の低下が認められた。前述したように、リノール酸やアラキドン酸などの n-6 系列の高度不飽和脂肪酸は、多く摂取すると血栓症による脳梗塞や心筋梗塞などの原因となる¹⁾。一方、リノレン酸、エイコサペンタエン酸、ドコサヘキサエン酸などの n-3 系列の高度不飽和脂肪酸は学習能向上作用、抗アレルギー作用などの生理作用を持つことが明らかにされている¹²⁾。本実験から、明らかに精製魚油およびイワシ魚油の添加による影響が現れ、n-3 系脂肪酸は高い濃度で筋肉脂質中に認められ、かつコレステロール含量の低下をもたらした。脂質の栄養学的な改良を計ることができた。

5. 呈味成分分析

呈味成分である全ペプチド、全遊離アミノ酸、イノシ

ン酸および pH を Table 5 a, b に示した。実験 1 では、pH は 3 区とも平均 5.5 とほぼ同じであった。牛血清アルブミンの値を 100 としたペプチド指数は 8.06~14.41 および遊離アミノ酸指数は 110.4~167.6, IMP 0.09~0.10 μmol となり、区間に有意差はなかった。実験 2 では、pH は 5.3~5.7 となった。ペプチド指数は 8.96~11.62, 遊離アミノ酸指数は 111.9~184.3, IMP 0.09~0.07 μmol となり、同様に有意差はなかった。実験 1, 2 とも pH やペプチド、遊離アミノ酸、IMP はほとんど差がないことから飼料による影響はないと考えられた。

6. 食味試験

食味試験の結果を Table 6 a, b に示した。ボイルした場合は焼いた場合よりも全体的に味わいが薄くなったようであるが、いずれの項目とも有意差はなかった。焼いた場合の総合風味ポイントは 2.81~3.29, ボイルでは 2.24~2.88 となった。両実験区とも魚油の匂いは感じられなかった。肉用豚に魚油やビタミン E を適正添加することで、食肉のうま味、酸味、香り、歯ざわり、匂い、

Table 4 a Fatty acid composition (%) of polar lipids of loin in Exp. 1

Fatty acid	A group	B group	C group
14 : 0	1.80±1.11	1.68±0.89	1.67±0.84
16 : 0	23.82±1.90	23.18±0.69	21.89±2.37
16 : 1	0.64±0.16	0.91±0.46	0.65±0.33
18 : 0	15.68±1.54	20.21±1.63	18.83±3.66
18 : 1	15.16±1.46	14.10±1.62	17.76±2.33
18 : 2	25.45±1.84 ^a	23.04±2.25 ^a	28.00±1.29 ^b
20 : 4	5.78±0.98	5.51±0.73	6.44±1.16
20 : 5	4.32±1.53 ^a	5.19±1.44 ^a	0.86±0.12 ^b
22 : 5	4.96±3.55 ^a	2.63±1.11 ^a	1.47±0.18 ^b
22 : 6	2.47±0.70 ^a	3.76±1.55 ^a	1.62±0.36 ^b
TUFA	58.77±1.85	54.75±0.87	56.81±3.52
PUFA	42.98±2.64	39.93±2.38	38.40±4.60
P/S	1.08±0.14	0.89±0.07	0.92±0.16
n-6/n-3 ratio	2.89±0.99 ^a	2.73±0.93 ^a	8.75±0.85 ^b

TUFA : Total of unsaturated fatty acid

PUFA : Polyunsaturated fatty acids

P/S : Polyunsaturated fatty acid/Saturated fatty acid

n-6/n-3 ratio : Total n-6 fatty acids/Total n-3 fatty acids

a, b ; Means with different superscripts letters between groups are significantly different at P<0.05.

Table 4 b Fatty acid composition (%) of polar lipids of loin in Exp. 2

Fatty acid	D group	E group	F group
14 : 0	1.61±1.06	2.13±0.50	1.91±1.19
16 : 0	19.91±1.46	21.37±2.35	22.03±2.60
16 : 1	0.63±0.27	0.65±0.31	0.69±0.37
18 : 0	16.49±0.96	18.87±1.76	14.70±3.11
18 : 1	16.75±1.05	14.68±0.69	17.35±1.05
18 : 2	33.10±1.81	26.48±2.32	32.70±2.73
20 : 4	8.99±0.95	6.06±1.49	6.13±1.63
20 : 5	1.58±1.00 ^a	3.89±2.46 ^b	0.73±0.27 ^a
22 : 5	0.36±0.09 ^a	1.99±1.18 ^b	2.04±1.51 ^a
22 : 6	0.59±0.39 ^a	3.89±2.72 ^b	1.73±0.96 ^a
TUFA	61.99±1.79	57.64±3.02	61.39±5.34
PUFA	44.62±1.90	42.31±3.25	43.32±6.10
P/S	1.18±0.10	1.01±0.16	1.12±0.30
n-6/n-3 ratio	19.49±8.35 ^a	3.83±1.59 ^b	11.85±2.55 ^a

TUFA : Total of unsaturated fatty acid

PUFA : Polyunsaturated fatty acids

P/S : Polyunsaturated fatty acid/Saturated fatty acid

n-6/n-3 ratio : Total n-6 fatty acids/Total n-3 fatty acids

a, b ; Means with different superscripts letters between groups are significantly different at P<0.05.

Table 5 a pH and the concentration of total peptides, total free amino acids, inosinic acid (IMP) of loin in Exp. 1

Tasty compounds	A group	B group	C group
pH	5.5 ± 0.1	5.5 ± 0.1	5.5 ± 0.1
Peptides*	8.06 ± 2.48	13.55 ± 3.19	14.41 ± 4.74
Free fatty acids*	110.42 ± 36.41	167.59 ± 43.60	125.49 ± 17.05
IMP (μmol)	0.09 ± 0.02	0.10 ± 0.02	0.09 ± 0.01

* Index value of total peptides and total fatty acids value of bovine serum albumin as 100

Table 5 b pH and the concentration of total peptides, total free amino acids, inosinic acid (IMP) of loin in Exp. 2

Tasty compounds	D group	E group	F group
pH	5.6 ± 0.1	5.7 ± 0.1	5.3 ± 0.1
Peptides*	10.93 ± 3.25	11.62 ± 3.87	8.96 ± 1.68
Free fatty acids*	111.85 ± 27.56	184.29 ± 53.55	139.26 ± 24.51
IMP (μmol)	0.07 ± 0.01	0.08 ± 0.02	0.09 ± 0.01

* Index value of total peptides and total fatty acids value of bovine serum albumin as 100

Table 6 a Mean scores of flavor test in Exp. 1

Classification	A group		B group		C group	
	Baked	Boiled	Baked	Boiled	Baked	Boiled
Umami	2.90	2.80	3.50	3.27	2.89	2.82
Acidity	3.51	3.19	3.24	3.14	3.13	3.03
Smell	3.17	3.29	3.09	2.98	3.50	3.09
Texture	3.52	3.52	3.14	2.95	3.09	3.24
Total flavour	2.93	2.68	2.84	2.57	2.86	2.77

Baked : by hot plate, Boiled : 5 min at 90°C

Table 6 b Mean scores of flavor test in Exp. 2

Classification	D group		E group		F group	
	Baked	Boiled	Baked	Boiled	Baked	Boiled
Umami	3.09	2.24	2.90	2.38	2.81	2.81
Acidity	2.52	1.90	3.24	2.76	2.76	2.43
Smell	2.81	2.29	2.86	2.66	2.90	2.72
Texture	3.71	3.52	3.43	3.43	3.09	3.24
Total flavour	3.14	2.24	3.29	2.76	2.81	2.88

Baked : by hot plate, Boiled : 5 min at 90°C

総合風味への影響は小さいと考えられた。したがって、食味の向上は認められなかったが、魚油を飼料に添加することにより、n-3 系高度不飽和脂肪酸が増加し、かつコレステロール濃度が低下することから、風味への悪影響はなく栄養学的な豚肉の改質を計ることができた。

要 約

n-3 系高度不飽和脂肪酸を高度に含む魚油を肉用豚に投与することによって、その食肉に n-3 系脂肪酸がどの程度蓄積するかを明らかにし、さらに、コレステロールおよび呈味成分への影響について検討した。魚油を与えた区および非投与区の肉用豚 LWD 36 頭の屠殺 1 日後に第 12 胸椎に位置する胸最長筋（ロース）を採取し、脂質の性状と呈味成分について比較した。脂肪含量は投与区、非投与区の間に有意差はなかった。コレステロール含量は、魚油を投与した区が添加しなかった区に比べると有意 ($P < 0.05$) に低くなった。中性脂質脂肪酸組成では、主な脂肪酸の組成および不飽和度はほとんど差がなかった。極性脂質脂肪酸組成は、魚油を投与した区では n-3 系脂肪酸が非投与区よりも有意 ($P < 0.05$) に高く出現し、飼料として高 n-3 系脂肪酸を肉用豚に投与することによって筋肉脂質に移行することが明らかになった。さらに、n-6/n-3 比は、魚油を添加しない区は高く、添加した区は有意 ($P < 0.05$) に低下した。呈味成分の総ペプチド、総遊離アミノ酸、イノシン酸の含量は、いずれの区ともほとんど差がなく、食味試験でも魚油やビタミン E を添加しても風味への影響はなく、豚肉の栄養学

的改質を計れた。

本研究は、畜産振興事業団による研究助成および文部省科学研究費基盤研究 B (課題番号 07556062) によって行われた。ここに感謝の意を表します。

文 献

- 1) 奥山治美：油脂の栄養と疾病（幸書房，東京），p. 169 (1990)。
- 2) 鹿山 光編：AA, EPA, DHA-高度不飽和脂肪酸（恒星社厚生閣，東京），p. 207 (1995)。
- 3) 小町喜男・香川靖雄編，コレステロール（女子栄養大出版，東京），p. 197 (1974)。
- 4) HAYASAWA, H., SHIMIZU, T., IAHIDA, S., MURAKAMI, T., MATSUZAKI, S. and AII, T.: *Anim. Sci. Technol. (Jpn.)*, **65**, 330 (1994)。
- 5) 入江正和・崎元道男・藤谷泰裕・町田 登：日畜会報，**61**, 771 (1990)。
- 6) FOLCH, J., LEES, M., and STANLEY, G.H.S.: *J. Biol. Chem.*, **226**, 497 (1957)。
- 7) 菅原 潔・副島正美：蛋白質の定量法（学会出版センター，東京），p. 95, (1979)。
- 8) 菅原 潔・副島正美：蛋白質の定量法（学会出版センター，東京），p. 174, (1979)。
- 9) 島田淳子・下村道子：調理とおいしさの科学（朝倉書店，東京），p. 189, (1993)。
- 10) 小町喜男・香川靖雄編：コレステロール（女子栄養大出版，東京），p. 176, (1974)。
- 11) 崎元道男・入江正和・藤谷泰裕・町田 登：日畜会報，**61**, 780 (1990)。

(平成 8 年 5 月 10 日受理)