

飼料の制限が豚肉脂質および脂肪組織の脂肪酸組成に及ぼす影響

誌名	日本養豚学会誌 = The Japanese journal of swine science
ISSN	0913882X
著者	石田, 光晴 銅道, 百里 鈴木, 啓一 清水, 俊郎
巻/号	36巻4号
掲載ページ	p. 152-159
発行年月	1999年12月

飼料の制限が豚肉脂質および脂肪組織の脂肪酸組成に及ぼす影響

石田光晴・銅道百里・鈴木啓一*・清水俊郎*

宮城県農業短期大学, 仙台市太白区旗立, 982-0215

*宮城県畜産試験場, 宮城県岩出山町, 989-6445

(1999年7月5日受付)

要 約 飼料の制限が豚肉脂質および脂肪組織に及ぼす影響について検討した。ランドレース×大ヨークシャー×デュロック (LWD) 6頭を1区として、飼料給与量別に不断給餌(100%)区、不断給餌の80%制限および60%制限区の3区に分け、と殺24時間後に第12,13胸椎に位置する胸最長筋(ロース)を採取した。ロース、皮下脂肪、筋間脂肪の脂肪酸組成およびコレステロールの含量を測定した。ロース脂肪含量は3区ともほぼ同様の値を示し、飼料給与量の違いによる影響は認められなかった。ロース全脂質脂肪酸では、100%区から60%区にかけてパルミトオレイン酸とリノール酸は低下したが、他の脂肪酸には差がなかった。ロース中性脂質脂肪酸組成では、3区の脂肪酸はほぼ同様の値を示し影響はみられなかったが、ロース極性脂質では、ミリスチン酸、パルミチン酸、パルミトオレイン酸、リノール酸、不飽和度に有意差($P<0.01$)が得られた。コレステロール含量は、100%区、80%区、60%区の順に高い値を示したが有意差はなかった。さらに、食肉市場で正常または軟脂と判定された去勢豚4頭(LWD)をそれぞれ1区として、ロース、皮下脂肪、腎臓脂肪の脂肪酸組成およびコレステロールの含量を測定した。ロース脂肪含量は、軟脂区が正常区よりやや低い値であったが有意差はなかった。ロース全脂質の脂肪酸組成では、軟脂区のオレイン酸とリノール酸が有意($P<0.05$)に高く、軟脂の発生原因と推測された。コレステロールは、軟脂区は正常区より顕著に低く、有意差($P<0.01$)が得られた。

結 言

豚肉の脂質性状、特に脂肪酸の変動要因として、肉用豚の品種、系統、性などの遺伝的要因と月齢、体重などの生理的要因、飼料、環境温度、制限給餌、疾病やストレスなどの環境的要因があげられるが、これらの要因が互いに重複して影響している。

この中の飼養環境では、制限給餌と環境温度の影響が大きい。一般的には、栄養水準の低下に結びつくような飼料給与量の制限は脂肪の性状に影響を与える。制限給餌によって体脂肪の蓄積が遅くなるとともに、脂肪酸のパルミチン酸(C16:0)含量が減少し、オレイン酸(C

18:1)及びリノール酸(C18:2)含量が増えて脂肪が軟化する¹⁻⁴⁾。しかし、筋肉内脂肪への影響はほとんどないという報告がある⁵⁾。また、豚が飼育される環境温度が上がると、脂肪のヨウ素価は減少し、飽和脂肪酸が多い硬い脂肪となり、冬季のような気温が低い場合には、不飽和度が大きくなり脂肪は軟らかくなる⁶⁾。環境温度が低い場合には、適温条件と比べてエネルギーの消費が激しくなり、適温時と同一の飼料給与量では脂肪組織へ配分されるエネルギー量は低下し、結果的には制限給餌と比べて見かけ上似た条件になり、脂肪性状に影響を与えるものと推測される。

本研究では、肥育用飼料の給与量を変えて、従来よく

Effects of Feed Restriction on Fatty Acid Composition of Meat and Adipose Tissues in Pig

M. ISHIDA, Y. DOUDOU, K. SUZUKI* and T. SHIMIZU*

Miyagi Agricultural College, 2-2-1 Hatatate, Sendai-shi 982-0215

* Miyagi Prefectural Animal Industry Experimental Station, Iwadeyam-cho, Miyagi-ken 989-6445, Japan.

研究されている脂肪組織だけでなく、食肉としての豚肉の脂質栄養性(脂肪酸組成とコレステロール含量)に及ぼす影響を調べた。さらに、枝肉市場で正常豚肉と軟脂豚肉と判定されたものの違いを明らかにし、制限給餌との関連性について検討した。

材料および方法

1. 試料の採取

実験1 宮城県畜産試験場で飼育されたランドレース雌豚に大ヨークシャー雄豚を交配したF1雌豚(LW)にデュロック種雄を交配して生産したLWD去勢豚6頭を1区として、体重が30kgに達してから100kgを越えるまで、給与量別に3区を設け、それぞれの生体重、枝肉重量、枝肉歩留、と体重、ロース長、と体幅、皮下脂肪厚などの枝肉成績を得て、屠殺24時間後に第12, 13胸椎に位置する胸最長筋(ロース芯)とその周囲の脂肪組織を採取した。供試豚は単飼、自由飲水とし、肥育前期(30~70kg)には肥育前期用飼料、肥育後期(70~105kg)には肥育後期用飼料を給与した。実験区分は、対照区は不断給餌(100%)とし、試験区として不断給餌の80%量および60%量を給与する80%区および60%区を設定した。給与飼料量は前報¹⁾の不断給餌による摂食量を基にして各区の飼料給与量を設定し、実際の飼料摂食量を表1に示した。なお、と畜時の生体重は、食肉市場に出荷した場合を考慮していずれの区とも105kg前後とした。

実験2 宮城県内の食肉市場(3月に出荷)で正常豚及び軟脂豚と格付されたLWD去勢豚各4頭ずつ、第12, 13胸椎に位置する胸最長筋(ロース)とその周囲の脂肪組織を採取した。

2. ロース芯全脂質の抽出と分画

ロース芯試料20gを精秤しクロロホルム:メタノール混液(2:1v/v)によって全脂質を得た⁸⁾。次いで、クロロホルム5mlを加えて全脂質を溶解し、ねじ口試験管に移して冷蔵保存した。得られた全脂質をシリカゲルクロマトグラフ(ミリポア社, セップバック500mg)によって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とコレステロールの抽出

皮下脂肪内層および外層、筋間脂肪、ロース芯の全脂質、分画した中性脂質および極性脂質に5%硫酸メタノールを5ml加え、90°C, 5時間加熱した。それぞれ冷却後、生理的食塩水5mlと石油エーテル2ml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供した。コレステロールの抽出は、全脂質試料に1N-水酸化カリウム・エタノール溶液を5ml加え、90°C, 1時間加熱した。ケン化後、蒸留水5ml, 石油エーテル2mlを加えてよく振り、静置して分離させた。5 α -コレステランを内部標準物質として加え、ガスクロマトグラフ分析に供した。

4. ガスクロマトグラフィーの条件

脂肪酸分析には、水素炎イオン化検出器(FID)付き日立G-3000型ガスクロマトグラフを用いた。カラム充填剤はDB-WAX(0.3mm×30mガラスキャピラリーカラム)、検出器の温度300°C, カラム温度210°C恒温、キャリアーガスの種類と流速は窒素, 30ml/分とした。コレステロールの分析は、水素炎イオン化検出器(FID)付き日立263-30型ガスクロマトグラフを用いた。カラム充填剤は5%シリコンGE SE-30クロモソルブWAW-DMCS(3mm×1mステンレスカラム)、検出器の温度300°C, カラム温度250°C恒温、キャリアーガスの種類と流速は窒素, 30ml/分とした。

5. 重量の計算方法

各脂肪酸及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た。得られた割合をSASにて分散分析を行った。

結果および考察

1. 枝肉成績(実験1)

各区の枝肉成績を表2に示した。終了体重が105Kg以上になるまでの総平均日齢は100%区176.2日, 80%区205.0日, 60%区233.7日, 飼料制限開始後の肥育日数は96.0日, 126.0日, 154.2日となり、それぞれ100%区から60%区にかけて増加し有意差(P<0.01)が認め

表1. 一日平均飼料摂取量(kg/日)

	制限給餌区		
	不断給餌区	100%	80%
肥育前期(30~70kg)	1.99±0.32	1.73±0.03	1.44±0.02
肥育後期(70~105kg)	3.43±0.27	2.46±0.10	2.53±0.56
全期間(30~105kg)	2.65±0.25	2.11±0.07	1.92±0.16

表 2. 制限給餌豚の枝肉成績; 実験 1

	制限給餌区		
	100%	80%	60%
全飼育日数 (日)	176.2±12.3 A	205.0±13.0 B	233.7±5.4 C
制限給餌日数 (日)	96.0±11.9 A	126.0± 9.0 B	154.2±7.2 C
屠殺時生体重 (kg)	106.9± 2.4	107.7± 1.0	106.1±1.2
屠殺後体重 (kg)	103.3± 3.0	104.1± 1.7	103.5±1.3
枝肉歩留まり (%)	76.6± 1.3	75.9± 1.1	75.3±0.9
屠体長 (cm)	93.7± 3.1 A	98.6± 3.4 B	98.6±1.8 B
屠体幅 (cm)	36.0± 1.0	36.6± 1.0	36.4±1.0
コース長 (cm)	50.1± 2.4 A	54.3± 2.9 B	55.0±2.2 B

平均値±標準偏差 A, B; 異符号間で有意差あり (P<0.01)

られた。これは、飼料給与量の違いによって豚の発育速度が遅くなったことによる。と体重は約 103.5 kg, 歩留は 75.3%~76.6% となり、ほとんど差はなかった。と体長は 93.7 cm~98.6 cm, と体巾は 36.0 cm~36.6 cm, ロース長は 50.1 cm~55.0 cm となり、と体長とロース長において、100%区と80%区および60%区の間で有意に増加し (P<0.01), 飼料摂取量の影響が認められた。

2. ロース芯全脂質およびコレステロール含量 (実験 1)

ロース芯試料の脂肪含量とコレステロール含量を表 3 に示した。脂肪含量は 2.88%~2.97% となり 3 区ともほぼ同様の値を示しており、飼料摂取量の違いによる影響は認められなかった。コレステロール含量は、100%区は平均 61.58 mg/100 g, 80%区は 84.11 mg, 60%区は 95.30 mg となり、100%区, 80%区, 60%区の順に平均値は高い値を示したが、有意差は得られなかった。この傾向は実験 2 とは異なっており、飼料摂取と生体内のエネルギー消費および脂質合成の関係について、さらなる研究が望まれる。

3. 脂肪酸組成 (実験 1)

ロース全脂質, 中性脂質および極性脂質の脂肪酸組成を表 4-1 に、筋肉間脂肪, 皮下脂肪内層および外層の各脂肪酸組成を表 4-2 に示した。ロース全脂質では、主な脂肪酸であるパルミチン酸は 24.37%~25.63%, ステアリン酸 13.64%~14.14%, オレイン酸 48.56%~50.25%, リノール酸 5.30%~8.32% であった。リノール酸とパルミトオレイン酸には、100%区と他の区の間で有意差 (P<0.01) が認められた。100%区から60%区にかけてパルミトオレイン酸とリノール酸は低下しているが、他の脂肪酸や不飽和度は3区ともほぼ同じ値を示した。U/S比は 1.49~1.55 となり有意差は得られなかった。中性脂質では、主な脂肪酸であるパルミチン酸は 24.44%~

26.21%, ステアリン酸 13.45%~13.86%, オレイン酸 50.23%~52.10%, リノール酸 4.16%~5.88% であった。各脂肪酸は3区ともほぼ同じ値を示し有意差がなく、飼料給与量の違いによる影響は認められなかった。極性脂質では、ミリスチン酸 1.06%~2.44%, パルミチン酸 24.41%~27.74%, パルミトオレイン酸 1.47%~2.54%, リノール酸 37.33%~40.02%, 不飽和度 57.14%~59.59% であった。これらはいずれも有意差 (P<0.01) が認められた。全脂質とは異なり、パルミチン酸は100%区から80%区にかけて低下し、80%区から60%区にかけて増加していた。不飽和度の100%区と60%区はほぼ同様な値を示し、100%区と80%区および60%区の間で有意差があり、80%区が最も高い値を示し、飼料給与量の違いによる影響が認められた。

筋肉間脂肪では、ミリスチン酸 1.20%~1.69%, パルミチン酸 22.64%~26.65%, オレイン酸 44.22%~45.44%, リノール酸 9.28%~14.14%, 不飽和度 55.05%~61.09%, U/S比 1.23~1.57 であった。これらに有意差 (P<0.01) が認められ、飽和脂肪酸は100%区と60%区の間で低下していき、不飽和脂肪酸は逆に増加した。皮下脂肪内層では、パルミチン酸 22.58%~25.40%, ステアリン酸 14.27%~18.00%, オレイン酸 44.81%~47.50%, リノール酸 9.13%~12.84%, 不飽和度 55.21%~61.95%, U/S比 1.25~1.64 であった。飽和脂肪酸は100%区と60%区の間では低下し、不飽和脂肪酸は増加した。パルミチン酸, ステアリン酸, 不飽和度およびU/S比において有意差 (P<0.01) が認められた。100%区と80%区では、ほぼ同様な値を示したが、100%区と60%区および80%区と60%区の間でそれぞれ有意差 (P<0.01) があり、飼料給与量の違いによる影響が認められた。皮下脂肪外層では、ミリスチン酸は 1.39%~

表 3. ロース全脂質およびコレステロール含量; 実験 1

	不断給餌区		制限給餌区	
	100%	80%	80%	60%
全脂質 (%)	2.95 ± 1.19	2.79 ± 1.39	2.88 ± 0.65	
コレステロール (mg/100g)	61.58 ± 26.73	84.11 ± 35.73	95.30 ± 43.66	

平均値 ± 標準偏差

表 4-1. ロース脂肪酸組成; 実験 1

脂肪酸組成	不断給餌区		制限給餌区	
	100%	80%	80%	60%
全脂質				
C 14 : 0	1.52 ± 0.39	1.31 ± 0.09	1.59 ± 0.37	
C 16 : 0	25.63 ± 1.54	24.63 ± 0.37	24.37 ± 1.01	
C 16 : 1	3.42 ± 0.44 A	2.75 ± 0.41 B	2.96 ± 0.19 B	
C 18 : 0	13.64 ± 1.38	14.14 ± 0.91	13.37 ± 0.94	
C 18 : 1	50.25 ± 1.96	48.56 ± 1.52	49.75 ± 1.36	
C 18 : 2	5.30 ± 1.44 A	8.32 ± 1.27 B	7.68 ± 1.40 B	
C 18 : 3	0.24 ± 0.09	0.30 ± 0.11	0.29 ± 0.07	
T.U.	59.21 ± 3.01	59.93 ± 0.67	60.67 ± 1.55	
U/S	1.49 ± 0.21	1.50 ± 0.04	1.55 ± 0.10	
中性脂質				
C 14 : 0	1.57 ± 0.35	1.50 ± 0.07	1.52 ± 0.13	
C 16 : 0	26.21 ± 1.53	24.98 ± 0.74	24.44 ± 1.24	
C 16 : 1	3.78 ± 1.06	2.85 ± 0.35	3.03 ± 0.20	
C 18 : 0	13.86 ± 1.19	13.82 ± 0.75	13.45 ± 1.05	
C 18 : 1	50.23 ± 3.11	50.72 ± 1.13	52.10 ± 1.35	
C 18 : 2	4.16 ± 1.12	5.88 ± 1.32	5.18 ± 0.91	
C 18 : 3	0.20 ± 0.09	0.26 ± 0.06	0.29 ± 0.07	
T.U.	58.37 ± 2.68	59.71 ± 0.82	60.61 ± 2.00	
U/S	1.41 ± 0.15	1.48 ± 0.05	1.54 ± 0.12	
極性脂質				
C 14 : 0	1.06 ± 0.25 A	2.44 ± 0.51 B	1.79 ± 0.19 C	
C 16 : 0	27.74 ± 1.15 Aab	24.41 ± 1.75 Ba	27.15 ± 2.43 ABb	
C 16 : 1	1.47 ± 0.43 A	2.54 ± 0.52 B	2.34 ± 0.29 B	
C 18 : 0	14.04 ± 0.53	13.57 ± 0.47	13.17 ± 1.59	
C 18 : 1	17.55 ± 0.68	16.55 ± 1.06	17.76 ± 1.81	
C 18 : 2	37.47 ± 2.43 A	40.02 ± 1.54 B	37.33 ± 3.52 AB	
C 18 : 3	0.66 ± 0.23	0.48 ± 0.17	0.46 ± 0.15	
T.U.	57.14 ± 1.56 A	59.59 ± 2.35 B	57.90 ± 3.22 AB	
U/S	1.34 ± 0.09	1.48 ± 0.14	1.39 ± 0.18	

平均値 ± 標準偏差 T.U./; 全不飽和脂肪酸

U/S : 全不飽和脂肪酸/全飽和脂肪酸

A, B, a, b; 異符号間で有意差あり (A, B; P < 0.01 a, b; P < 0.05)

表 4-2. 蓄積脂肪脂肪酸組成; 実験 1

脂肪酸組成	不断給餌区		制限給餌区	
	100%	80%	60%	
筋肉間脂肪				
C 14 : 0	1.69±0.21 A	1.63±0.41 A	1.20±0.11 B	
C 16 : 0	26.65±1.22 A	25.35±0.64 B	22.64±0.93 C	
C 16 : 1	1.56±0.28	1.56±0.16	1.51±0.26	
C 18 : 0	16.61±1.78	16.67±1.03	15.16±1.48	
C 18 : 1	44.22±1.35 ABa	42.93±1.58 Ab	45.44±1.05 Bb	
C 18 : 2	9.28±1.12 A	11.87±0.66 B	14.14±2.17 C	
T.U.	55.05±2.46 Aa	56.36±1.44 Ab	61.09±1.72 Bab	
U/S	1.23±0.12 A	1.30±0.07 A	1.57±0.12 B	
皮下脂肪内層				
C 14 : 0	1.39±0.22	1.30±0.19	1.20±0.12	
C 16 : 0	25.40±2.06 A	24.79±1.40 A	22.58±1.95 B	
C 16 : 1	1.28±0.17	1.22±0.17	1.61±0.62	
C 18 : 0	18.00±1.60 A	17.25±1.10 A	14.27±1.07 B	
C 18 : 1	44.81±2.46	45.28±2.25	47.50±2.51	
C 18 : 2	9.13±1.24	10.67±1.03	12.84±3.98	
T.U.	55.21±3.77 A	57.16±2.02 A	61.95±2.86 B	
U/S	1.25±0.19 A	1.32±0.10 A	1.64±0.20 B	
皮下脂肪外層				
C 14 : 0	1.42±0.12 A	1.60±0.43 A	1.39±0.52 B	
C 16 : 0	24.90±1.52 A	23.80±1.09 A	20.52±0.66 B	
C 16 : 1	1.47±0.14	1.86±0.59	1.81±0.24	
C 18 : 0	15.35±1.74 A	13.45±1.57 B	11.07±0.80 C	
C 18 : 1	46.84±1.66 A	46.41±1.78 A	49.26±1.59 B	
C 18 : 2	10.02±1.66 A	12.90±2.77 B	15.95±1.78 C	
T.U.	58.33±3.23 A	61.16±1.98 B	67.02±0.96 C	
U/S	1.41±0.18	1.58±0.12	2.03±0.09	

平均値±標準偏差 T.U./; 全不飽和脂肪酸

U/S : 全不飽和脂肪酸/全飽和脂肪酸

A, B, a, b ; 異符号間で有意差あり (A, B ; P<0.01 a, b ; P<0.05)

1.60%, パルミチン酸 20.52%~24.90%, ステアリン酸 11.07%~15.35%, オレイン酸 46.41%~49.26%, リノール酸 10.02%~15.95%, 不飽和度 58.38%~67.02%であった。これらに有意差 (P<0.01) が認められた。全脂質, 皮下脂肪内層と同じように 100% 区と 60% 区の間では飽和脂肪酸が低下し, 不飽和脂肪酸は増加していた。100% 区と 80% 区で有意差が認められたのは, ステアリン酸とリノール酸, 100% 区と 60% 区で有意差が認められたのは, ミリスチン酸, パルミチン酸, ステアリン酸, オレイン酸およびリノール酸, 80% 区と 60% 区で有意差が認められたのは, ミリスチン酸, パルミチン

酸, ステアリン酸, オレイン酸およびリノール酸であった。このように顕著な差は, 飼料摂取量の違いだけでなく, 体表面に近い部位では, 身体深部よりも気温の影響を受けやすいことから外気温の変動も関係していると考えられる。

以上のことから, すべての部位において飼料摂取量の違いによる各脂肪酸組成への影響が認められた。前述したように, 豚にとって栄養水準の低下に結びつくような給与量の制限は脂肪の性状に影響を与える。制限給餌によって, 脂肪の蓄積が遅くなるとともにオレイン酸およびリノール酸含量が増えて, 脂肪は軟化した。すなわち,

脂肪蓄積量を減少させるほど飼料給与量を抑制すれば、体脂肪は相対的に不飽和脂肪酸を増し軟化する。これは、無制限給餌によって飽和脂肪酸優勢である脂肪酸合成が低下し、また、飼料中の油脂の不飽和脂肪酸、特にリノール酸の選択的蓄積があり、さらに、エネルギー不足の時には脂肪組織中の飽和脂肪酸が消費される傾向にあるため、全体として飽和脂肪酸が減少し軟化すると考えられている⁹⁾。

本研究では、飼料給与量を低下させることで、脂肪組織だけでなく筋肉内脂肪の不飽和脂肪酸も増加した。この場合、制限給餌区の出荷体重までの肥育期間が不断給餌区よりも1~2カ月延長したため、その影響も考慮しなければならないが、一般にエネルギー給与が十分な場合の肥育では、体重増加に伴い飽和脂肪酸の割合が増加すると言われている。本実験の結果では逆に不飽和脂肪酸が増加したことから、この期間の延長による影響は小さかったのではないかと推測される。一方、飼料摂取を制限した区では、発育成績や枝肉成績を考慮に入れなければならないが、不断給餌に比較して、オレイン酸やリノール酸といった不飽和脂肪酸が増加していることを考えると、人への栄養条件を考慮した場合、軟脂豚となって格落ちしなければ不飽和脂肪酸が増加することは望ましいことになる。なぜなら、近年、不飽和脂肪酸の摂取が人の循環器系疾患等に有効であることが示されているからである¹⁰⁾。

4. 軟脂豚のロース芯全脂質およびコレステロール含量 (実験2)

ロース芯の全脂質とコレステロール含量を表5に示した。正常区の脂肪含量は平均2.57%、軟脂区は平均2.24%となり、軟脂区が正常区よりやや低い値となったが有意差は得られなかった。脂肪含量は、動物の種類、組織の違い、年齢、飼養条件、と体部位によって異なっている。そして、体脂肪の性状は給与飼料の質や量による影響が大きい。分析試料は、食肉市場で購入したため給与飼料の質や量、飼養条件などはわからないが、正常

表5. ロース全脂質およびコレステロール含量 ; 実験2

	正常区	軟脂区
全脂質 (%)	2.57 ± 0.89	2.24 ± 0.47
コレステロール (mg/100g)	94.30 ± 14.90 A	37.81 ± 14.50 B

平均値±標準偏差 A, B; 異符号間で有意差あり (P < 0.01)

豚と軟脂豚における脂肪含量の違いは認められなかった。コレステロールは、正常区は平均94.30 mg/100g、軟脂区は平均37.81 mg/100gとなり、軟脂区は正常区より顕著に低く有意差 (P < 0.01) が得られた。正常区と軟脂区における脂肪含量の違いが認められず、この様にコレステロール含量に顕著な差があるのは脂質の代謝に影響があったと考えられ、軟脂豚において、コレステロールが生体内で十分に合成できなかったのではないかと推測される。

5. 軟脂豚の脂肪酸組成 (実験2)

ロース芯の全脂質、中性脂質および極性脂質の脂肪酸組成を表6-1に、腎臓周囲脂肪、皮下脂肪内層および外層の脂肪酸組成を表6-2に示した。ロース全脂質の主な脂肪酸であるパルミチン酸は正常区で25.19%、軟脂区で24.54%、ステアリン酸13.38%、13.58%、オレイン酸47.90%、44.26% およびリノール酸7.90%、11.67%であった。この中でオレイン酸とリノール酸に有意差 (P < 0.05) が認められたが、不飽和度に差がなかった。このことから、前述の報告のとおり、本実験の軟脂豚はリノール酸含量が高いことによるものと考えられた。中性脂質では、パルミチン酸は正常区で25.42%、軟脂区で25.24%、ステアリン酸13.34%、13.05%、オレイン酸49.25%、47.28% およびリノール酸6.68%、8.79%であった。リノール酸で軟脂区が正常区より高い値を示しているが、いずれも有意差は認められなかった。極性脂質では、ステアリン酸は正常区で12.58%、軟脂区で13.62%、オレイン酸19.02%、17.28%、リノール酸31.32%、29.73% および不飽和度81.50%、80.62%であった。ステアリン酸は有意差が認められた。しかし、全脂質では軟脂豚に多いリノール酸と不飽和度が正常区の方がわずかに高い値を示したことから、極性脂質における軟脂豚と正常豚の違いは認められなかった。

腎臓周囲脂肪では、パルミチン酸は正常区で25.79%、軟脂豚で24.70%、リノール酸11.28%、14.09%、リノレン酸0.65%、0.94% および不飽和度59.65%、60.95%であった。これらの脂肪酸はいずれも有意差 (P < 0.01) が認められた。軟脂区が正常区よりも不飽和脂肪酸含量、リノール酸が多く、軟脂豚と正常豚の違いが顕著に表れた。皮下脂肪内層では、パルミチン酸は正常区で24.96%、軟脂区で23.73%、リノール酸12.31%、16.03%、リノレン酸0.71%、0.93%、不飽和度58.07%、60.90% およびU/S比1.39、1.60であった。いずれも有意差 (P < 0.01) が認められ、軟脂豚が高い値を示した。また、皮下脂肪外層においても同様な傾向が得られた。腎臓周囲脂肪と同様に軟脂豚と正常豚の違いが顕著に表れ

表 6-1. ローソ脂肪酸組成; 実験 2

脂肪酸組成	正常区	軟脂区
全脂質		
C14:0	1.48±0.20	1.65±0.34
C16:0	25.19±1.01	24.54±1.15
C16:1	3.46±0.18	3.34±0.55
C18:0	13.38±0.76	13.58±0.67
C18:1	47.90±1.08 A	44.26±0.63 B
C18:2	7.90±1.68 a	11.67±1.60 b
T.U.	59.96±1.75	60.10±1.26
U/S	1.50±0.11	1.51±0.08
中性脂質		
C14:0	1.62±0.18	1.67±0.14
C16:0	25.42±0.90	25.24±0.36
C16:1	3.68±0.20	3.98±0.24
C18:0	13.34±0.46	13.05±0.45
C18:1	49.25±1.16	47.28±1.87
C18:2	6.68±1.52	8.79±0.99
T.U.	59.61±1.31	60.04±0.73
U/S	1.48±0.08	1.51±0.05
極性脂質		
C16:0	5.92±0.46	5.76±0.63
C16:1	22.64±1.19	24.53±1.66
C18:0	12.58±0.23 a	13.62±0.71 b
C18:1	19.02±4.55	17.28±1.70
C18:2	31.32±0.80	29.73±2.01
C20:4	8.52±2.47	9.09±0.56
T.U.	81.50±0.63	80.62±0.92
U/S	3.05±0.38	2.86±0.11

平均値±標準偏差 T.U./; 全不飽和脂肪酸
U/S: 全不飽和脂肪酸/全飽和脂肪酸
A, B, a, b; 異符号間で有意差あり (A, B; P<0.01
a, b; P<0.05)

た。不飽和脂肪酸含量では腎臓周囲脂肪 60.95%, 皮下脂肪内層 60.90%, 皮下脂肪外層 65.55% となっており明らかに皮下脂肪外層が高い値を示し, 皮下脂肪外層が最も軟らかいと考えられた。

軟脂豚は触感で体脂肪組織 (特に腹・背部, 腎臓周囲の脂肪組織) が軟らかいものをいい, 異常肉質の一つとして以前から大きな問題となっている⁹⁾。軟脂豚が発生する原因には, 給与飼料の質や量, 制限給餌, 環境温度などがある。給与飼料の質によって体脂肪の性状が大きく影響を受けることはよく知られており, 特に油脂の種類と量が重要な要因であり, 油脂が多いほど脂質の生合成が抑制され, 飼料中の不飽和脂肪酸が脂肪組織に多く

表 6-2. 蓄積脂肪脂肪酸組成; 実験 1

脂肪酸組成	正常区	軟脂区
腎臓周囲脂肪		
C14:0	1.75±0.36	1.62±0.20
C16:0	25.79±1.00 A	24.70±0.92 B
C16:1	2.71±0.67	2.63±0.30
C18:0	12.83±0.57	12.73±0.95
C18:1	45.01±0.97	43.30±1.64
C18:2	11.28±1.25 A	14.09±1.01 B
C18:3	0.65±0.10 a	0.94±0.05 b
T.U.	59.65±1.12 A	60.95±1.91 B
U/S	1.48±0.07	1.57±0.13
皮下脂肪内層		
C14:0	1.25±0.14	1.30±0.19
C16:0	24.96±0.39 a	23.73±0.65 b
C16:1	1.35±0.53	1.31±0.24
C18:0	15.73±1.21	14.06±1.66
C18:1	43.71±1.24	42.64±2.01
C18:2	12.31±0.83 A	16.03±0.83 B
C18:3	0.71±0.09 a	0.93±0.14 b
T.U.	58.07±1.51 a	60.90±1.67 b
U/S	1.39±0.09 a	1.60±0.12 b
皮下脂肪外層		
C14:0	1.42±0.20	1.34±0.05
C16:0	23.83±0.99 a	21.71±0.44 b
C16:1	2.47±0.67	2.50±0.62
C18:0	12.10±0.06	11.41±1.13
C18:1	46.99±1.36	46.01±0.99
C18:2	12.48±0.52 A	16.10±0.49 B
C18:3	0.71±0.02 a	0.94±0.20 b
T.U.	62.64±1.37 a	65.55±1.08 b
U/S	1.68±0.09 b	1.91±0.09 a

平均値±標準偏差 T.U./; 全不飽和脂肪酸
U/S: 全不飽和脂肪酸/全飽和脂肪酸
A, B, a, b; 異符号間で有意差あり (A, B; P<0.01
a, b; P<0.05)

蓄積し脂肪は軟らかくなる。また, 飼料中のリノール酸は他の脂肪酸に比べて脂肪組織に優先的に蓄積しやすく, 体脂肪中のリノール酸含量の増加に伴って脂肪は軟化するため, 体脂肪中のリノール酸含量が軟脂の有効な指標となっている。環境温度の影響では, 環境温度が低い場合には適温条件と比べてエネルギーの消費が激しくなり, さらに脂肪酸合成能は低下するため脂肪性状に影響を与える。その結果, 冬期には, 夏期よりも不飽和脂肪酸が高くなり, 軟質になりやすい。本実験の結果では,

東北地方の1~2月の気温の中で飼育後期となり、寒さのために軟脂が発生したものと考えられる。

引用文献

- 1) HILDITCH, T.P., C.H. LEA and W.H. PEDELTY, *Biochem. J.* **33**, 493-504, 1939.
- 2) SHORLAND, F.B. and P.B.D. MARE DELA, *J. Agri. Sci.*, **35**, 33-38, 1968.
- 3) GREER, S.A.N., V.W. HAYS, V.V. SPEER, J.T. MCCALL and E.G. HAMMOND, *J. Animal Sci.*, **24**, 1008-1013, 1965.
- 4) KOCH, D.E., A.F. PARR and R.A. MERKEL, *J. Food Sci.*, **33**, 176-180, 1968.
- 5) MACGRATH, W.S. Jr., G.W.V. NOOT, R.L. GILBREATH and H. FISHER, *J. Nutr.*, **96**, 461-466, 1968.
- 6) FULLER, M.F., W.R.H. DUNCAN and A.W. BOYNE, *J. Sci. Food Agr.*, **25**, 205-210, 1974.
- 7) 鈴木啓一・西 清志, 日本養豚学会誌, **29**, 70-74, 1990.
- 8) FOLCH, J., M. LEES, SLOANE-STANLEY G.H., *J. Bio. chem.*, **226**, 497-509, 1957.
- 9) 入江正和, 畜産の研究, **43**, 1049-1055, 1989.
- 10) 松尾 登・長谷川恭子編, 油脂, 女子栄養大学出版部, 東京, 162-169, 1984.

Effects of Feed Restriction on Fatty Acid Composition of Meat and Adipose Tissues in Pig

Mitsuharu ISHIDA, Yuri DOUDOU, Keiichi SUZUKI* and Toshirou SHIMIZU*

Miyagi Agricultural College, 2-2-1 Hatatate, Sendai-shi 982-0215

* Miyagi Prefectural Animal Industry Experimental Station,
Iwadeyam-cho, Miyagi-ken 989-6445

In experiment 1, effects of feed restriction on fatty acid composition and cholesterol level of meat (loin) and adipose tissues (subcutaneous fat and intermuscular fat) were investigated using 18 Land-race x White Yorkshire x Duroc barrows. The animals were allocated into three groups receiving full feeding (control), 80% and 60% of full feeding, respectively. Samples of loin (*m. longarisumus*) were collected between 12th and 13th vertebrae 24 hours after slaughtering. There was no obvious effect of feed restriction on total lipids level in loin and the values were all similar among the groups. Proportions of palmitoleic and linoleic acids in total lipids in loin decreased with feed restriction although other fatty acids stayed at the same levels. While there was no large difference in loin neutral fatty acid composition among three groups, myristic, palmitic, palmitoleic, linoleic acids, and degree of saturation in polar lipids, varied significantly ($P < 0.01$) among the groups. Cholesterol levels tended to be lower with higher feed restrictions but no statistical significance was obtained. In experiment 2, loin, perirenal, subcutaneous and intermuscular fat taken from normal and soft fat barrows determined by palpation were subjected to fatty acid composition and cholesterol analyses. Loin samples of the soft fat pigs had a slightly lower total lipids level compared with those of the normal pigs but significantly higher ($P < 0.05$) proportions of oleic and linoleic acids. This observation agrees with involvement of higher levels of oleic acid in occurrence of soft fat pigs. Compared with the normal pigs, the soft fat pigs had a largely lowered ($P < 0.01$) cholesterol level.

Jpn. J. Swine Science, **36**, 4 : 152-159

Key word : feed restriction, fatty acid composition, cholesterol, meat lipid, adipose tissues