

豚の飼料と脂肪組成に関する研究

とくに脂肪の化学的特性について

古賀克也・福永隆生

Studies on the Relationship between the Diet and the Composition of the Body Fats of Swines

Especially on the Several Chemical Properties of Fats

Katsuya KOGA and Takao FUKUNAGA

(Laboratory of Animal Biochemistry)

緒 言

反芻動物では反芻胃において水素添加反応が行われるため組織の脂肪の性質は飼料の影響をあまり受けないが¹⁾ 豚や二三の動物では蓄積脂肪の性質は飼料の性質により著しく影響される。²⁾³⁾⁴⁾ 魚村地帯や養蚕地帯で飼養される豚は生魚屑や蛹粕の多量給与のため脂肪組織が黄褐変し悪臭を伴い、いわゆる黄豚になることがある。この結果肉蓄の商品価値は極度に低下する。黄豚発生の状態、組織学的所見並びに飼い直しについては詳細な知見が得られている。⁵⁾⁶⁾⁷⁾ 丹羽⁵⁾によれば黄豚の発現は蚕蛹粕を飼料中に50%混入すると飼養期間3カ月乃至4カ月でみられるが30%混入では7カ月でもみられない。しかし後者の飼養では組織学的には黄豚特有の変化が認められている。化学的な面からは黄豚の黄褐色色素の発現は α -tocopherol 欠乏に伴う高級不飽和脂肪酸の生体内酸化、次で起る色素沈着に基づくとされている。⁸⁾しかしながら悪臭並びに色素発現の機構にはなお問題が残されているようである。従って黄豚発現機構探究の基礎資料を得るため本報告ではとくに蚕蛹混入率の低い飼料並びに硬軟両脂肪が期待される飼料などで飼養された豚の蓄積脂肪について化学的特性を調べ二三の知見を得た。

材料並びに実験方法

1) 供試材料 生後7カ月令の同腹豚(品種;パークシャ, 去勢豚)5頭を供試豚とし60日間第I表のごとき組成の異なる配合飼料でそれぞれ飼養した。5頭のうち2頭に組成Hの飼料を他の2頭には組成Sのものを残りの1頭には組成Yの飼料を与えた。

Y飼料に混入した蚕蛹は干蛹すなわち乾燥蛹の粉末である。飼料の配合は1日給与量においてDCPが372, TDNが2310となるように調製されたものである。水は1日2回給餌後与えた。なお

Table I. Composition of diets (per day, a swine)

H-division			S-division			Y-division		
	kg	%		kg	%		kg	%
Barley	2.17	61.8	Rice barn	1.39	46.5	Rice barn	0.79	28.3
Wheat bran	1.27	36.2	Corn	1.33	44.5	Corn	1.66	59.5
Soybean meal	0.07	2.0	Fish meal	0.27	9.0	Silkworm pupae	0.34	12.2
Total	3.51	100.0	Total	2.99	100.0	Total	2.79	100.0

Each of diets was prepared to be DCP; 372, TDN; 2310 respectively.

60日間の飼養期間のうち、終期の20日間は飼料の量を各区ともにそれぞれ10%増加して給与した。実験開始時の豚の個体重並びにその後の日数経過に伴う体重増加は第II表に示した通りであり各個

Table II. Changes in individual weight of swines with the passage of the day in three trials

Individual mark	Day			
	0	10	30	60
H ₁	76	89	101	121
H ₂	55	63	87	104
S ₁	76	95	107	128
S ₂	67	74	88	109
Y	59	70	83	103

Five littermate male swines which had passed seven months after birth were fed for 60 days on diet H, S and Y represented in Table I.

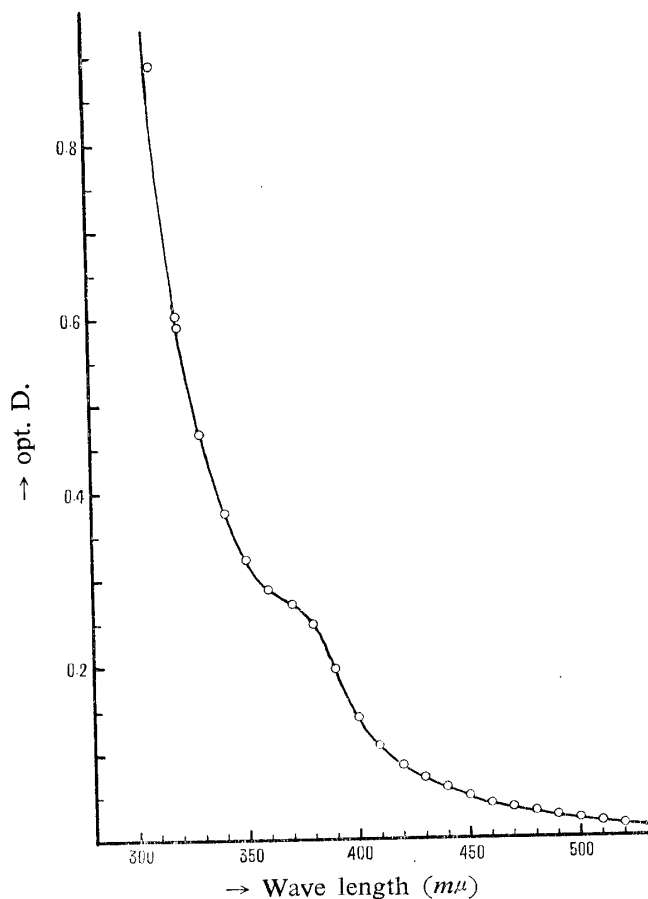


Fig. 1. Absorption spectrum of the saponified solution of acetylated fats.

Fats were acetylated by common method and the acetylated fats 5gm. were saponified by methanolic 1N-KOH with reflux, cooled and then 20 ml of water added. 5 ml were taken from the solution, diluted 10 times and the absorption spectrum of the solution was measured by Hitachi EPU-2A spectrophotometer.

体の実験飼養中の成長状態はほぼ順調であることが窺知される。

2) 分析用脂肪の調製 第I表の飼料で60日間飼養した豚は24時間絶食させたのち電気屠殺した。解体後半丸(右側半体)より shoulder (肩部), loin (背部) 上層および下層, bacon (胴部), ham (臀部), leaf (腎ぞう周囲部) の各脂肪組織を採取し磨細後、約 60°C で熔解し次で保温濾過した。それを共栓広口壺に入れ窒素ガス送入後封塞して -20°C で冷蔵保存し分析に供した。

3) 酸価, 鹼化価, 沃素価並びにアセチル価の測定 これらの測定はすべて常法⁹⁾に準じた。豚脂のアセチル価は小さいことが予想されるので試料脂肪は常法の2倍量の約 20 gm を精密に秤量して使用した。

4) アセチル化脂肪の鹼化後の着色度測定 予備実験の結果アセチル化脂肪の鹼化物の着色度(淡黄褐色ないし褐色)が H, S, Y の3区間で差異がみられたので次の方法により着色度を測定した。常法により得られたアセチル化脂肪約 5 gm を正確に秤量しメタノール性 1N-KOH 40 ml を用いて鹼化し冷却後水 20 ml を加えて常温で1時間ないし1.5時間放置する。これより 5 ml を採り 10 倍に希釈し日立製 EPU-2A 型分光光度計で吸収スペクトルを測定した。その結果第1図のごとく 370 mμ 近傍に shoulder を認めた。

従て 370 $m\mu$ における吸光度で着色度を表わした. なおこの希釈液の吸光度は希釈後 2 時間ないし 3 時間までは変化しないが 1 昼夜経過すれば約 10 % 減少する.

5) 融点測定 脂肪の融点は毛細管法¹⁰⁾ によって測定した. 固体脂肪を約 60°C の定温器中に入れ完全に融解させよく振盪後, 棒状毛細管に約 5 mm ないし 8 mm の長さに吸入させた. それを約 24 時間室温放置後検体吸入部と反対の端を熔閉し水を浴として融点を測定した. 表示温度は完全に溶け終るときの値である.

実験結果並びに考察

1) 脂肪の色, 臭および味 採取した脂肪の色, 臭および味には部位別並びに飼料区別の差異は認められず何れも白色, 無臭, 無味であった.

2) 酸価, 鹼化価およびエステル価 これらの値には第 III, IV および V 表に示したごとく部位別の差異が一部みられるが飼料区別の差異は認められなかった. 酸価は何れの部位の脂肪も小さくとくに leaf 脂肪は H₁ を除けば 0.24~0.39 であって他の部位のものに比し著しく小さい. このことは腎ぞう周囲の脂肪には遊離脂肪酸含量が極めて少いことを示している. 鹼化価についてみれば leaf 脂肪は 193.2~194.7 であり他の部位の脂肪よりごくわずかに大きい. 鹼化価と酸価からエステル価を算出すれば第 V 表の通りであって腎ぞう周囲の脂肪は他の部位の脂肪よりエステル価がわずかに高く構成脂肪酸の平均分子量がやや小さいことを示唆する.

Table III. Acid values of the fat of swines fed H, S and Y diets

Individual mark	Parts	Shoulder	Loin (upper layer)	Loin (under layer)	Bacon	Ham	Leaf
H ₁		0.59	0.56	0.69	0.58	0.72	0.57
H ₂		0.51	0.88	0.79	0.58	0.56	0.30
S ₁		0.66	0.86	0.61	0.57	0.55	0.24
S ₂		0.56	0.76	0.67	0.62	0.54	0.35
Y		0.50	0.64	0.71	0.48	0.46	0.39

Table IV. Saponification values of the fat of swines fed H, S and Y diets

Individual mark	Parts	Shoulder	Loin (upper layer)	Loin (under layer)	Bacon	Ham	Leaf
H ₁		192.6	191.9	192.9	192.0	191.9	193.8
H ₂		193.4	193.0	194.0	193.0	193.2	194.7
S ₁		191.2	190.8	193.3	192.0	191.5	193.6
S ₂		191.8	192.9	192.8	192.8	193.0	193.1
Y		193.0	192.0	192.3	192.8	192.4	193.2

Table V. Ester values of the fat of swines fed H, S and Y diets

Individual mark	Parts	Shoulder	Loin (upper layer)	Loin (under layer)	Bacon	Ham	Leaf
H ₁		192.0	191.3	192.2	191.4	191.2	193.2
H ₂		192.9	192.1	193.2	192.4	192.6	194.4
S ₁		190.5	189.9	192.7	191.4	191.0	193.4
S ₂		191.2	192.1	192.1	192.2	192.5	192.8
Y		192.5	191.4	191.6	192.3	191.9	192.8

3) 沃素価 部位別に沃素価を比較すれば一定の傾向はみられないが飼料区間には一部差異が認められた. 例えば第 VI 表に示したごとく H 区の shoulder では約 56~57, loin 下層部では 53~54,

Table VI. Iodine values of the fat of swines fed H, S and Y diets

Individual mark	Parts	Shoulder	Loin (upper layer)	Loin (under layer)	Bacon	Ham	Leaf
H ₁		55.7	56.8	54.4	58.2	55.8	55.5
H ₂		57.5	53.9	53.2	59.9	55.0	54.6
S ₁		59.4	55.1	53.4	58.3	56.9	56.0
S ₂		58.3	52.8	54.9	58.0	56.5	56.2
Y		61.0	56.6	59.4	55.8	58.6	55.8

ham では 55~56 であり S 区の shoulder では約 58~59, loin 下層部では 53~55, ham では 57 である。しかしながら Y 区の shoulder では 61, loin 下層部では 59, ham では同じく 59 であり Y 区の脂肪の沃素価がわずかながら高い。loin 上層部並びに leaf でも Y 区の脂肪の沃素価は他の区のものと同様であるかあるいはわずかに高い。

黄豚脂肪の脂肪酸組成は対照豚に比較すれば高級不飽和脂肪酸とくに C₁₆-酸, オレイン酸, リノール酸が多いとされている。¹¹⁾ 脂肪分は腸壁細胞を通るには遊離脂肪酸として吸収されるほか一部は脂肪粒子としても吸収されるようである。¹²⁾ SEWELL and MILLER¹³⁾ が幼豚の脂肪利用性について得た成績によればオレイン酸とリノレン酸の吸収率は極めて高くステアリン酸の吸収率は逆に相当低い。

蚕蛹油は高級不飽和酸とくにオレイン酸とリノレン酸含量が多いので Y 区の脂肪の沃素価が高いのは蛹粉混入率の少ない飼料での短期間飼養にもかかわらず蛹体中の脂肪および不飽和脂肪酸が体組織へ移行蓄積したためと考えざるをえない。

4) アセチル価 第 VII 表に示した通りアセチル価については飼料区間の差異が明らかに認められた。すなわち 6 部位のすべてについて Y 区の脂肪のアセチル価が最も大きく次で S 区, H 区脂肪の順である。ただし leaf 脂肪についてはその差異は非常に小さく現われている。純粋なトリグリセリドはアセチル価が 0 であるが実際の油脂にはジグリセリド, ステロールなどが存在するから若干のアセチル価を示すものである。⁹⁾ ステロール類は豚脂にくらべ融点が相当高いので本実験に用いた脂肪には試料の調製法からみてステロールの混在はほとんど考えられない。酸価には飼料区間の差異が認められないにもかかわらず Y 区の脂肪のアセチル価が他区に比し大きい値を示しているのはジグリセリドの含量の差によるものか, あるいはグリセリド中の不飽和酸基の組織内酸化に基づくオキシ酸基形成量の差によるものと思われる。

Table VII. Acetyl values of the fat of swines fed H, S and Y diets

Individual mark	Parts	Shoulder	Loin (upper layer)	Loin (under layer)	Bacon	Ham	Leaf
H ₂		2.3	2.3	2.3	2.4	2.3	2.3
S ₂		2.6	3.1	2.8	2.4	2.6	2.4
Y		2.8	3.5	3.3	2.7	3.3	2.5

5) アセチル化脂肪の鹼化後の着色度 前述したごとくアセチル化脂肪の鹼化後の溶液は H, S 両区のもの淡黄褐色に, Y 区のもの褐色に着色することが認められたので 370 mμ における吸光度でその着色度を表わした。その結果は第 VIII 表の通りである。

6 部位の脂肪のすべてについて着色度は Y 区のもの最も大きく次で S 区, H 区の順である。アセチル化脂肪の鹼化条件と同様の方法でオレイン酸並びにステアリン酸を鹼化したところ前者は濃褐色を呈し, 後者は微黄色に着色したにすぎなかった。西沢ら¹⁴⁾¹⁵⁾は脂肪酸とトイッチェル氏油脂分解

Table VIII. Colour intensities of the saponified solution of acetylated fats

Individual mark	Parts	Shoulder	Loin (upper layer)	Loin (under layer)	Bacon	Ham	Leaf
H ₂		0.240	0.282	0.250	0.262	0.307	0.288
S ₂		0.307	0.325	0.497	0.437	0.360	0.367
Y		0.629	0.594	0.573	0.641	0.545	0.438

Colour intensities were represented by optical density at 370 m μ . Procedure for the measurement was same as marginal note of Fig. 1.

剤とを加熱するさいに起る着色が脂肪酸の種類に大きく影響されることおよび着色は沃素価が高い脂肪酸ほど大きいことを認めている。著者はさらにアセチル化脂肪の鹼化時の着色度に与える空気の影響を知るため空気存在下における封管鹼化と窒素ガスによる封管鹼化を行い吸光度を測定したところ前者の値が0.610であるのに対し後者は0.530であった。以上の結果からアセチル化脂肪の鹼化時の着色は不飽和脂肪酸に基づくと推定されるしこの着色反応には空気の存在は促進的役割を果すが必ずしも不可欠なものではないことがうかがわれる。さらに着色度の強弱がアセチル価の大小と類似の傾向を有することは注目すべきである。西沢ら¹⁵⁾はヒマン油脂肪酸を油脂分解剤と加熱する時の着色増加が極めて低いことからOH基が着色の原因に対し強い保護作用を有するものと指摘しているが、これと実験条件は異なるが著者の得た結果は趣きを異にしており着色機構を追究するさい留意すべき点である。

6) 融点 第IX表に示した融点は完全に溶け終るときの温度であり溶け始めるのは表示の値の約3°C低い温度である。部位別に比較すれば各区ともにleaf脂肪が最も高く、次でloin脂肪でありshoulder, bacon, hamの脂肪の間には差異はほとんど認められない。飼料区別に比較すればY区のhamおよびbacon部位の脂肪を除けば6部位ともにH区の脂肪の融点が最も高く次でS区脂肪、Y区

Table IX. Melting points of the fat of swines fed H, S and Y diets

Individual mark	Parts	Shoulder	Loin (upper layer)	Loin (under layer)	Bacon	Ham	Leaf
H ₁		43.5°C	46.0°C	46.4°C	44.5°C	44.5°C	48.8°C
H ₂		44.2	45.5	46.7	44.4	44.3	48.5
S ₁		41.4	44.2	44.2	41.3	42.0	48.2
S ₂		41.4	44.2	43.5	41.2	41.2	48.2
Y		40.8	43.0	43.0	41.5	41.8	47.2

Capillary method was used for measuring.

脂肪の順である。S区の脂肪は予想されたごとくH区の脂肪より融点が低かったがY区の脂肪はS区のものよりさらに低融点を示した。このような融点の差は混合グリセリドの各脂肪酸組成に差異があることを示唆するものである。

ELLIS ら²⁾は各種添加脂肪源の豚の体脂肪におよぼす影響を調べているがそのさいの成績によれば融点と沃素価とは逆の関係を示している。著者の実験では飼料区間に明らかに融点の差が現われているにも拘らず沃素価には三区間にわたっては融点の高低と逆の関係は見られずわずかにY区と他の2区との間に逆の関係が認められたにすぎない。S区脂肪はH区脂肪より融点は低いが沃素価にはほとんど差はみられない。しかしアセチル価並びに着色度はS区脂肪がH区脂肪より大である。このように本実験では融点とアセチル価並びにアセチル化脂肪の鹼化後の着色度との間に明らかに負の相関関係が認められたのである。体脂肪の化学的性質におよぼす飼料の影響に関する研究では一般には融

点，鹼化価，沃素価が測定されヒマシ油を除けば一般油脂のアセチル価は小さいので測定されていないが本実験結果から判断すればアセチル価の変動は重視すべきことと思われる。

要 約

硬軟両脂肪が期待される配合飼料（H 飼料および S 飼料）と蚕蛹混入の配合飼料（Y 飼料）を 60 日間与えてえた豚の蓄積脂肪について若干の化学的特性を調べ下記の結果を得た。脂肪は shoulder, loin 上層および下層，bacon, ham および leaf の 6 部位から採取した。

- 1) 採取脂肪はそれぞれ白色，無臭および無味であった。
- 2) 酸価，鹼化価およびエステル価については部位別の差が一部みられるが飼料区間の差異は認められない。leaf 脂肪の酸価は他の部位のものに比し小さく鹼化価およびエステル価はやや大きい。
- 3) 沃素価については部位別の変動は明瞭でないが飼料区間の差異が一部認められる。すなわち Y 区の shoulder, loin 下層，ham 部の脂肪の沃素価は H, S 区のものより高い。
- 4) アセチル価は 6 部位の脂肪のすべてについて Y 区が最も大きく次で S 区，H 区脂肪の順である。
- 5) アセチル化脂肪の鹼化後の溶液の着色度は 6 部位のすべてについて Y 区が最も大きく次で S 区，H 区の順である。
- 6) Y 区の ham および bacon 部脂肪を除けば各部位ともに H 区脂肪の融点が最も高く次で S 区，Y 区の脂肪の順である。部位別に比較すれば三飼料区ともに leaf 脂肪が最も高く次で loin であり shoulder, bacon および ham の間にはほとんど差を認めない。

本実験の供試豚の飼養管理は本学，家畜繁殖学教室の西山久吉教授，小川清彦助教授および中西喜彦助手によって行われたものであり，ここに深甚の謝意を表す。また終始，実験に助力した当教室の加納恭子嬢に感謝する。なお本研究は本学安川正敏教授を代表者とする文部省機関研究費によったことを付記する。

引 用 文 献

- 1) THOMAS, J. M. : *Feedstuffs*, **36**, 18 (1964) 科学飼料, **9**, 420 (1964) より引用
- 2) ELLIS, N. R. and H. S. ISBELL : *J. Biol., Chem.*, **69**, 219~248 (1926)
- 3) ANDERSON, W. E. and L. B. MENDEL : *ibid.*, **76**, 729~747 (1928)
- 4) MARYLAND, L. A. and J. K. LOOSLI : *Animal Nutrition*, **4th ed.**, 67~69 (1956) McGraw-Hill Book Co., Inc., New York
- 5) 丹羽太左衛門：畜産体系（第 20 編），91~93 (1959) 養賢堂
- 6) 丹羽太左衛門・石井 徹・高橋 明・斉藤不二男・西尾重光・矢野幸男：農技研報告，**G-21**, 81~88 (1962)
- 7) 西尾重光：*ibid.*, **G-21**, 89~104 (1962)
- 8) 佐々木清綱監修：畜産大事典，610~610 (1964) 養賢堂
- 9) 桑田 勉：改稿油脂化学，238~244, 252~253 (1963) 岩波書店
- 10) 実験化学便覧，256~257 (1951) 共立出版社
- 11) 斉藤不二男・矢野幸男・石井徹：農技研報告，**G-21**, 105~112 (1962)
- 12) BALDWIN, E. : *Dynamic Aspects of Biochemistry*, **3rd ed.**, 245~250 (1957) Cambridge Univ., Press
- 13) SEWELL, R. F. and I. L. MILLER : *Animal Sci.*, **24**, 973~976 (1965)
- 14) 西沢恭助・奥山実：工化誌，**37**, 1334~1339 (1934)
- 15) 西沢恭助・井上隆秀：*ibid.*, **37**, 1516~1521 (1934)

Summary

Three trials were conducted to study the influences of the three diets upon the property

of the depot fat in swine. Littermate male swines, seven months after birth, were separately fed during a 60-day period on diet H, S and Y represented in Table I; especially Y-diet contained the silkworm pupae meal. The swine fed Y-diet did not get steatitis (the yellow fat disease of the swine).

Nevertheless, as will be mentioned later, some differences in chemical properties could be observed in the swine fats treated in the three trials.

Fats for the analysis were taken from the shoulder, loin (upper and under layer), bacon, ham and leaf parts.

(1) The taken fats were observed to be white in colour, odorless and tasteless, respectively.

(2) Acid value (A. V.), saponification value (S. V.) and ester value (E. V.) showed no differences worth noticing through the three divisions H, S and Y. In general, each A. V. of the depot fats was ascertained to be comparatively small, that of the leaf fat being especially so. S. V. and E. V. of the leaf fat were slightly larger than those of the five parts.

(3) Among the three trials, iodine values of the shoulder, loin (under layer) and ham fats of the swines fed Y-diet were slightly larger than those of the ones fed the other two diets.

(4) It was found that through the three trials, acetyl value of each fat in the six parts of the swines fed Y-diet is the largest, that in those fed S-diet is middle and that in H-diet is the smallest.

(5) As regards the colour intensity of the saponified solution of acetylated fat, marked differences were observed among the three trials. The tendency of the change of the colour intensity was ascertained to be the same as that of acetyl value mentioned above.

(6) Excepting the fats of bacon and ham part in Y division, the melting points of the fats in H division were fixed to be the highest, those in S division, middle and Y division, the lowest.