

豚の飼料と脂肪組成に関する研究

とくにガスクロマトグラフィーによって
分析した脂肪酸組成について

小川清彦・西山久吉・中西喜彦

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

On the Analysis of Fatty Acid Composition in
Swine Fat by Gas-Liquid Chromatography

Kiyohiko OGAWA, Hisayoshi NISHIYAMA and
Yoshihiko NAKANISHI

(Laboratory of Animal Reproduction)

緒 言

近年食肉需要の増大と農業経営改善の両面から肉畜肥育の緊急性が高まりつつある。これに伴い肉質に対する評価が一層論議されるようになってきた。いうまでもなく肉質を左右する重要な要因の一つは脂肪である。とくに食肉として重要な位置を占めている牛、豚の脂肪については、種々の報告や綜説がなされており、また飼料との関係についても論ぜられてきた¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾。本実験は、黄豚化あるいは軟脂肪をつくと称せられる飼料ならびに硬脂肪をつくる対照飼料を、豚の飼養標準に合わせて配合給与し、それぞれの体脂肪の脂肪酸組成をガスクロマトグラフィーによって分析するとともに飼料中の脂肪酸組成と比較した。

本実験を遂行するに当って、ガスクロマトグラフィーの操作ならびに脂肪抽出等について、種々御指導をいただいた本学教授小島正秋博士ならびに宮崎大学農学部日高敏郎氏に衷心より謝意を表す。

実 験 方 法

本研究に供試した豚は昭和39年10月15日、鹿児島大学農学部附属牧場で生産された同腹のパークシ

Table 1. Amounts of feeds taken per head (Expressed in kg of dry matter)

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

Each of Rations was prepared to be DCP; 372 g, TDN; 2310 g respectively

本研究は文部省機関研究費によって行なわれたものである。

ャー種去勢豚5頭で、生後約7カ月令から供用した。これら供試豚は3区に分け、H区(2頭)、S区(2頭)およびY区(1頭)とした。各区における給与飼料の配合割合はTable 1のとおりである。

いずれも豚の飼養標準に合わせDCP:372g, TDN:2310gになるように配合されている。H区は硬い脂肪を生産する大麦、ふすまを、S区は軟脂肪を生産する米ぬか、玉蜀黍を、Y区には黄豚形成飼料の一つと考えられる乾燥さなぎを多く混合した。飼料は10日目ごとに調製しTable Iに従って給与したが、最後の20日間は10%の飼料量を増加して給与した。実験は昭和40年5月28日から60日間、上記飼料を給与し、10日毎に体重測定を行ない成長の状態を観察した。飼料は1日2回、午前9時と午後4時に水を加えて給与し、給水は給餌後に行なった。60日後に種豚登録協会の個体審査要領に従って生体各部位の測定を行ない、1日間絶食後、屠殺解体した。屠体は左半丸について種豚登録協会の屠体審査要領に従って、屠体各部を切断し重量ならびに長さ、脂肪層の厚さなどを測定した。その後、loin部位(内層、外層)、leaf, ham, bacon, shoulder部位の脂肪を採取した。

採取した脂肪は、各部位毎に肉挽機でひいた後、定温器中で熔融し(約60°C)、目の荒い濾紙で濾過して共栓広口ビンに集めた。これに酸化防止のためN₂ガスを封入して密閉して-20°Cで保存し、逐次脂肪酸分析に供した。また、各区の飼料中脂肪についてもエーテル抽出を行ない脂肪酸分析に用いた。

上記の各脂肪は次のような方法で鹼化およびメチルエステル化を行なった。まず、ナス型フラスコに約100mgを秤量し、20mlの0.5N-KOHを入れ、2時間加水分解を行なった後、これを分液ロート(100~150mlのもの)に入れ、蒸留水50mlを加えフェノールフタレンを滴下する。これに濃HClを加えて中和し(約1.5cc)さらに過剰のHClを0.5cc加える。ついで25mlの石油エーテル液で3回洗った後、これを集め、25mlの冷再蒸留水で3回洗う。石油エーテル層を三角フラスコ(共栓100cc)に入れ、これに過剰の無水Na₂SO₄を加え、一夜脱水した後、ガラスフィルターで減圧し溶媒をとばし乾固する。ついで、これに2.5mlの12%BF₃・メタノール液を加え、3分間温浴中で煮沸した後、これを100~150mlの分液ロートに20mlの水を入れて移し、30mlの石油エーテルを加える。ついで水を20ml追加し、強く振盪し分離した石油エーテル層を三角フラスコ(共栓)にとる。無水Na₂SO₄で一夜脱水後ガラスフィルターで濾過する。ついで石油エーテルを温浴上(60°C)でとばす。こうして得られたものを脂肪酸分析用Sampleとして用いる。通常1mlの石油エーテルに溶解し、アンプル中に封入して逐次分析した。

気液ガスクロマトグラフィーは、島津のGC-1B型で、HFD-1型の水素イオン化ディテクターを使用した。カラムはU字型のstainless steel製で、内径4mm、長さ3m(75cm×4)で、カラム充填剤としてSuccinate Polyester 25%(担体は60~80 meshのShimalite)を用い、流速は60ml/min、恒温槽温度は200°C、ディテクター温度は230°C、試料導入槽温度は270°Cとした。石油エーテルに溶かした脂肪酸のメチルエステルをHamilton microsyringeを使って0.4~0.6μl注入した。ガスクロマトグラム上のピークは、そのretention timeをstandardの脂肪酸メチルエステルのそれと比較することによって同定した。他のassignmentは炭素数対retention timeのlogarithmのplotに基づいておこなった。得られたクロマトグラムからの脂肪酸の定量は、ピークの高さとピークの高さの1/2の点における幅との積でもとめた。各々の成分量は、全ピーク面積のパーセンテージで表わした。

実験成績および考察

実験開始時の体重および以後の成長経過はTable 2のとおりである。これによると各区の成長は、

Table 2. Gain in body weight during the trial

Lot	Sex	Age in days							
		0	10	20	30	40	50	60	
H 1	♂	kg	76	89	95	101	112	113	121
		kg	55	63	75	87	97	98	104
S 1	♂	kg	76	95	105	107	119	120	128
		kg	67	74	86	88	99	100	109
Y 1	♂	kg	59	70	75	83	87	95	103

ほぼ同じ傾向を示し、とくに区による優劣は認められない。すなわち実験開始時の order が実験終了時まで大きな変化なく続いている。

つぎに 60日間飼養後、屠殺前日の生体における各測定項目は Table 3 のとおりである。

Table 3. Several measures of pigs

Lot	Body weight	Withers height	Body length	Chest girth	Chest depth	Shin circum	Width of fore quarters	Chest width	Width of hind quarters
H 1	kg	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
	121	66.0	118.0	116.5	38.0	16.5	30.0	28.8	24.0
H 2	kg	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
	104	65.5	116.5	112.0	35.5	16.0	30.3	27.0	23.2
S 1	kg	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
	128	68.4	120.5	125.0	39.0	16.8	34.0	29.0	29.1
S 2	kg	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
	109	62.0	110.0	112.3	36.0	16.2	29.5	28.0	26.7
Y 1	kg	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
	103	63.6	110.0	114.0	34.5	15.4	30.3	29.6	23.5

Table 4. Several measures of carcass

Lot	Body weight at fasting	Length of carcass	Length of back loin		Width of dressed carcass	Thickness of fat			Belly fat	
			I	II		Shoulder	Back	Loin	Fore	Hind
H 1	kg	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
	112	94.0	76.2	66.4	36.8	5.5	3.2	5.5	2.5	5.5
H 2	kg	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
	96	91.8	74.6	66.0	36.6	5.3	3.0	4.0	4.0	2.8
S 1	kg	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
	120	95.2	77.8	65.0	39.4	6.6	4.1	5.4	5.4	4.8
S 2	kg	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
	110	90.2	74.2	64.4	36.0	5.7	3.4	4.7	4.7	4.5
Y 1	kg	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
	95	89.0	73.1	63.3	36.2	5.8	3.3	4.5	4.5	5.3

Lot	Back portion of ham			Loin	Bacon	Shoulder	Ham	Half side (left)
	Fore	Middle	Hind					
H 1	cm	cm	cm	kg	kg	kg	kg	kg
	4.5	3.9	5.7	6.2	9.1	14.4	12.0	43.0
H 2	cm	cm	cm	kg	kg	kg	kg	kg
	4.0	2.9	4.1	6.7	5.8	12.8	10.0	36.4
S 1	cm	cm	cm	kg	kg	kg	kg	kg
	5.4	4.6	6.2	8.2	8.0	16.2	13.2	47.5
S 2	cm	cm	cm	kg	kg	kg	kg	kg
	4.7	3.6	4.9	6.3	7.2	13.3	11.0	39.2
Y 1	cm	cm	cm	kg	kg	kg	kg	kg
	4.0	3.4	4.3	6.0	6.6	12.8	10.4	38.7

Table 5. Summary of the gas chromatographic analysis of the methyl esters of the saturated and unsaturated fatty acid components of the depot fat triglycerides.

Fatty acid	Site		Outside loin		Inside loin		Leaf		Ham		Bacon		Shoulder					
	Lot Number of animal		H	S	Y	H	S	Y	H	S	Y	H	S	Y	H	S	Y	
			2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	
					%		%		%		%		%					
C ₁₂	2.0	1.1	0.3	0.2	1.7	2.0	0.7	4.3	6.8	0.9	1.3	3.0	0.4	0.4	1.0	1.3	3.0	0.2
C ₁₄	1.9	1.7	2.0	1.6	1.6	1.4	1.7	2.3	3.7	1.8	1.5	1.7	1.7	2.2	1.9	1.7	1.8	1.7
C ₁₆	27.9	24.9	27.5	28.5	24.1	22.9	29.3	23.7	24.4	28.0	23.6	26.2	28.0	25.0	24.9	27.7	22.7	24.5
C ₁₈	14.4	12.1	11.4	17.1	15.0	16.4	18.4	15.7	15.4	15.7	12.5	12.1	13.5	11.3	11.6	13.9	12.8	10.9
Total of Saturated Fatty acid	46.2	39.8	41.2	47.4	42.4	42.7	50.1	46.0	50.3	46.4	38.9	43.0	43.6	38.9	39.4	44.6	40.3	37.3
C ₁₆ ¹⁼	2.3	2.2	2.1	2.0	1.7	2.4	2.0	2.3	2.4	2.3	2.5	2.5	2.8	2.8	4.1	3.3	2.9	3.1
C ₁₅ ¹⁼	39.4	39.7	36.5	38.9	38.1	37.7	37.2	35.1	31.9	40.6	41.0	38.6	42.6	42.2	38.5	40.3	38.5	37.6
C ₁₈ ²⁼	10.3	16.6	14.7	10.2	15.9	12.8	9.0	15.2	12.1	9.0	15.8	12.4	9.6	14.1	13.3	10.2	15.7	17.9
C ₁₇ ¹⁼	1.8	1.7	5.5	1.5	1.9	4.4	1.7	1.4	3.3	1.7	1.8	3.5	1.4	2.0	4.7	1.6	2.6	4.1
Total of Unsaturated Fatty acid	53.8	60.2	58.8	52.6	57.6	57.3	49.9	54.0	49.7	53.6	61.1	57.0	56.4	61.1	60.6	55.4	59.7	62.7

H; Lot of the ration producing harder fat.

S; Lot of the ration producing softer fat.

Y; Lot of the ration containing silkworm pupae meal.

この成績を見ても、S区およびY区の成長が、とくにH区に劣っているとは考えられない。屠体各部の重量ならびに長さなどを測定した成績は Table 4 のとおりである。

これによると肩、背の脂肪層がS区、Y区で厚い傾向が認められるが、脂肪の色調は、いずれも白色で、3区に全く差は認められなかった。また臭気についても同様で異臭をもつものはなかった。これらから飼養標準に合わせて配合した場合、各区の飼料は試験豚の発育や肉眼的にみた屠体の肉質にはほとんど差異を生ぜしめ得なかったものといえる。丹羽ら(1962)¹¹⁾は、さなぎ粕を給与して実験的に黄豚を作成しているが、その場合も、さなぎ粕 30%、さなぎ油 3%、同 5%を混じたものを 120 日間給与した場合に、きわめて軽い黄豚を生じた程度である。従って本実験のように TDN、DCP を合わせて、乾燥さなぎ混合飼料を作成した場合、その割合が 12%程度に抑えられるので、肉眼的差異が認められなかったのは、むしろ当然の結果ともいえる。つぎに豚体各部構成脂肪酸および各実験区の飼料中構成脂肪酸の分析結果は Table 5 および Table 6 のとおりである。

Table 6. Summary of the gas chromatographic analysis of the methyl esters of fatty acid components in the ether extractable portions of the ration.

Fatty acid Lot	C ₁₀	C ₁₂	C ₁₄	C ₁₆	C ₁₆ ¹⁼	C ₁₈	C ₁₈ ¹⁼	C ₁₈ ²⁼	C ₁₈ ³⁼	C ₂₀ ¹⁼	C ₂₀ ²⁼
H	0.48	0.27	5.09	29.64	trace	3.54	26.45	31.97	trace	2.66	trace
S	0.18	0.14	5.11	20.41	0.88	3.19	37.06	30.24	trace	2.27	0.52
Y	0.27	0.23	5.00	21.96	1.42	4.77	35.72	22.44	trace	8.19	trace

H; Lot of the ration producing harder fat.

S; Lot of the ration producing softer fat.

Y; Lot of the ration containing silkworm pupae meal.

また Table の内容を、より理解し易くするために、loin の外層および内層と leaf の構成脂肪酸および給与飼料中脂肪酸のガスクロマトグラムを Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4 に示した。

これによると豚体各部沈着の主なる飽和脂肪酸は C₁₆ (パルミチン酸) であり、主なる不飽和脂肪酸は (C₁₈¹⁼ オレイン酸) である。これは大武ら (1962)⁴⁾ が述べているとおりである。C₁₆ および C₁₈ (ステアリン酸) は、各部位ともH区に多く、S区、Y区に少ない。C₁₈¹⁼ (オレイン酸) は、H区、S区に比較的多く含まれている傾向があった。C₁₈²⁼ (リノール酸) は各部ともS区に多い。C₂₀¹⁼ はY区に多い傾向が顕著である。飽和脂肪酸の割合は常にH区が多く、不飽和脂肪酸は大部分の部位においてS区が最も多い。つぎに飼料中の脂肪酸組成をみれば、主な構成脂肪酸は各区とも C₁₆, C₁₈¹⁼, C₁₈²⁼ でH区は C₁₆ が多く、S区に C₁₈¹⁼ が多い。Y区は C₂₀¹⁼ が多い傾向がある。豚体各部でY区において C₂₀¹⁼ が、H区において C₁₆ の割合が大きいことは、上述のように飼料中に C₂₀¹⁼, C₁₆ が比較的多く含まれていることに由来するものと思われる。部位間の差を飽和度の点で見ると、loin 外層は loin 内層より不飽和度が高く、leaf では他のどの部位よりも不飽和度が低い。各部位脂肪の融点が leaf, loin 内層, loin 外層の順に低くなる現象を裏付けている。これらの傾向は、クロマトグラムを見れば一層明らかで、各区とも、体表に近い部位ほど C₁₈²⁼, C₁₈¹⁼ が多いことが示されている。これは SINK ら (1964)⁶⁾ が飽和脂肪酸は皮下部位にくらべ、腎周辺に選択的に沈着し、しかも皮下では外層よりも内層に選択的に沈着し、不飽和脂肪酸は、その逆であるといっている事実と一致する。また、不飽和脂肪酸の割合は Y区、S区が共に H区に比較して高い値を示しているが、斎藤ら (1962)¹²⁾ も、さな

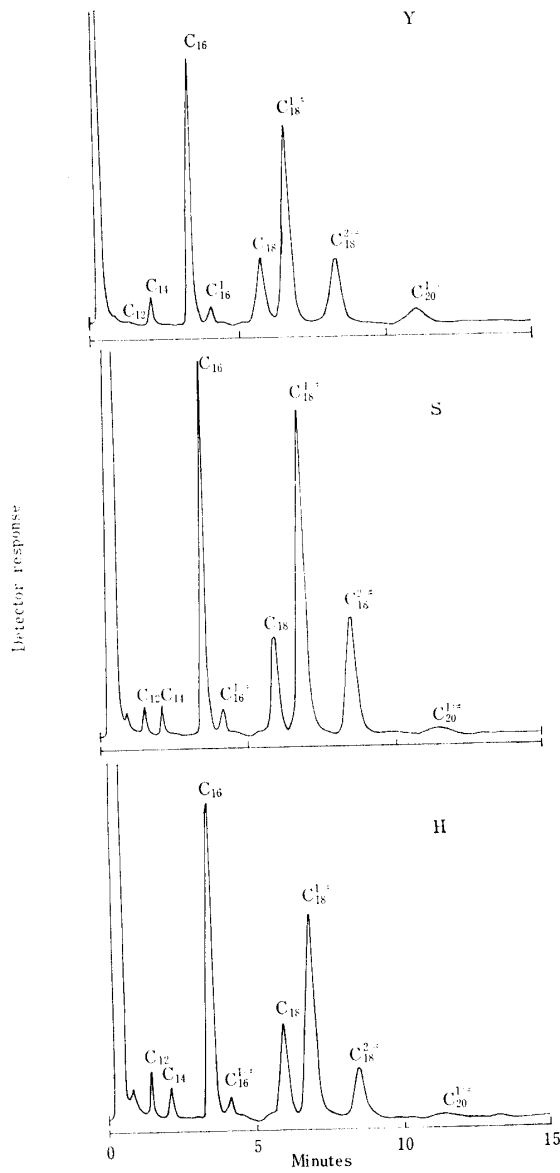


Fig. 1. Separation of components of loin fat (outside layer) by gas-liquid chromatography, under same conditions

Y : Lot of the ration containing silkworm pupae meal.
 S : Lot of the ration producing softer fat.
 H : Lot of the ration producing harder fat.

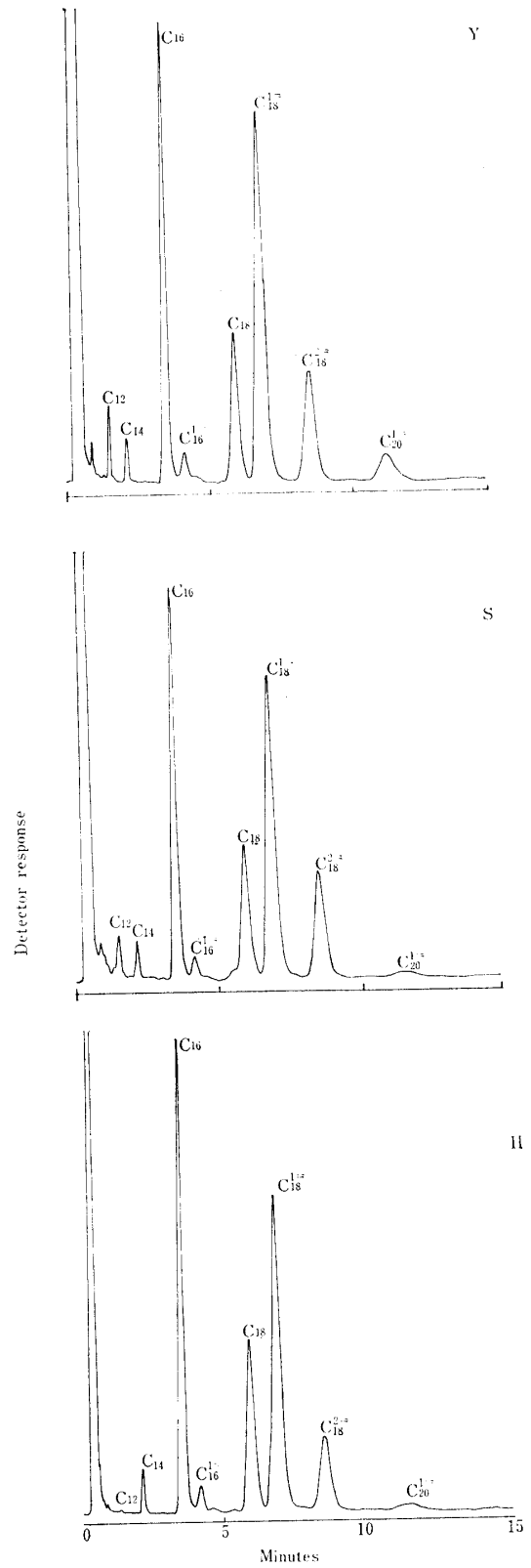


Fig. 2. Separation of components of loin fat (inside layer) by gas-liquid chromatography, under the same conditions.

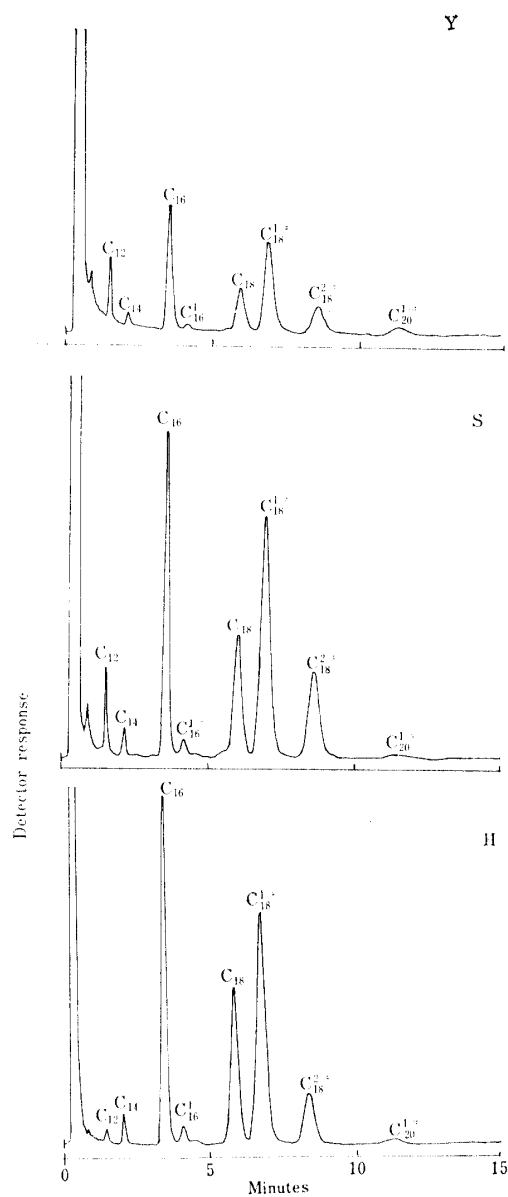


Fig. 3. Separation of components of leaf fat by gas-liquid chromatography, under the same conditions.

Y : Lot of the ration containing silkworm pupae meal
 S : Lot of the ration producing softer fat.
 H : Lot of the ration producing harder fat.

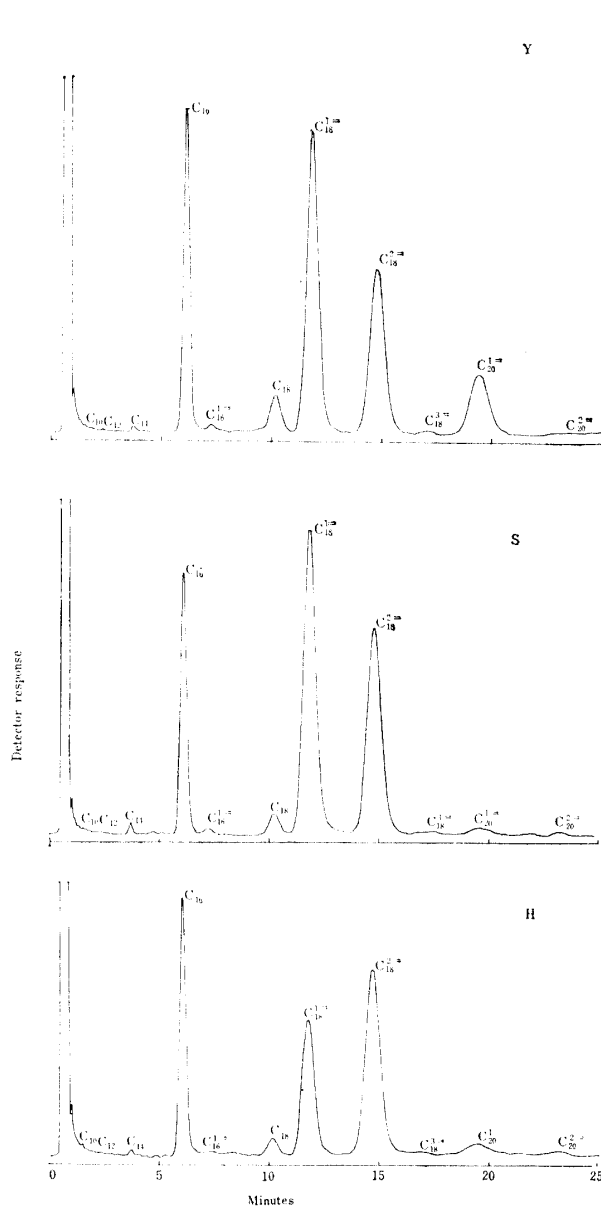


Fig. 4. Separation of components of fat in the ration by gas-liquid chromatography, under the same condition

Y : Lot of the ration containing silkworm pupae meal.
 S : Lot of the ration producing softer fat.
 H : Lot of the ration producing harder fat.

ぎ粕多給による黄豚では、全脂肪酸中の不飽和脂肪酸含量は 66.30% で対照区 (50.93%) にくらべ、かなり高いことを示している。

本実験の結果、S区、Y区、H区の豚体脂肪には肉眼的な差異は全く見られなかったが、その構成脂肪酸組成においてはS区、Y区の脂肪は飼料中の脂肪とくに、その高級不飽和脂肪酸の影響を受けていることが認められた。しかし肉眼的に黄豚化などの所見が見出されなかったことから、さなぎ粕を動物蛋白源として給与した場合でも、飼養標準に従って与えるならば生肉用に適する豚肉を生産さ

れうることを示している。もっとも、S区、Y区では不飽和脂肪酸が多く、従って融点が低く加工用としては必ずしも適当でないと思われる。

摘 要

7カ月令のバークシャー種去勢豚5頭を用い飼料と体脂肪の脂肪酸組成の関係を追求した。H区には硬脂肪をつくる飼料を、S区には軟脂肪をつくる飼料を給与し、またY区には黄豚をおこし易い乾燥さなぎを配合し、3区ともTDN、DCPを飼養標準に合わせた(Table I)。脂肪酸組成はleaf脂肪、loinの上層および下層脂肪、bacon, hamおよびshoulderの皮下脂肪を採取し、ガスクロマトグラフィで分析した。給与飼料のエーテル抽出脂肪についても、同様に分析を行ない、飼料中の脂肪酸が体脂肪の脂肪酸への移行も併せ検討した。

以上の実験成績の概要は次のとおりである。

- (1) 3区の間で成長の状態、屠体についての測定値、肉眼的所見ならびに風味には差異が認められなかった。
- (2) ガスクロマトグラムに明らかに認められる脂肪酸は C_{12} , C_{14} , C_{16} , $C_{18}^{1=}$, C_{18} , $C_{18}^{1=}$, $C_{20}^{1=}$ であったが、これらのうち C_{16} , C_{18} , $C_{18}^{1=}$ が大部分を占めていた。
- (3) 飽和脂肪酸の割合は各部位とも常にH区が多く不飽和脂肪酸の割合はS区が最も多い傾向があった。
- (4) 飼料中の脂肪酸は、Y区では $C_{20}^{1=}$, S区では $C_{18}^{1=}$, H区では C_{16} が他区のそれに比較して多い結果が得られた。
- (5) Y区における豚体脂肪は $C_{20}^{1=}$ が多く、H区では C_{16} が多いが、これは明らかに飼料中の脂肪酸組成の影響を受けているものと考えられる。
- (6) loinの外層と内層、およびleafの脂肪酸組成を比較した場合、体表面に近い部位ほど $C_{18}^{1=}$, $C_{18}^{2=}$ が多い傾向が認められる。

文 献

- 1) BARRICK, E. R., T. N. BLUMER, W. L. BROWN, F. H. SMITH, S. B. TOVE, H. L. LUCAS and H. A. STEWART: J. Animal Sci., **12**, 899 (1953)
- 2) CRAIG, H. B., T. N. BLUMER and E. R. BARRICK: J. Animal Sci., **18**, 241 (1959)
- 3) EDWARDS, R. L., S. B. TOVE, T. N. BLUMER and E. R. BARRICK: J. Animal Sci., **20**, 712 (1961)
- 4) 大武由之: 日畜会報, **33**, 365 (1962)
- 5) 土屋平四郎・高橋 潔・浅野九郎治・西野武蔵・片寄功: 中国農試報 (B), **11**, 65 (1963)
- 6) SINK, J. D., J. L. WATKINS, J. H. ZIEGLER and R. C. MILLER: J. Animal Sci., **23**, 121 (1964)
- 7) CABEZAS, M. T., J. F. HENTGES, JR., J. E. MOORE and J. A. OLSON: J. Animal Sci., **24**, 57 (1965)
- 8) 小島正秋・山内 清・遠藤淳子・日高敏郎: 宮崎大農研究時報, **10**, 88 (1964)
- 9) HIDAKA, T., M. ENDO and M. KOJIMA: Memoirs of Faculty of Agriculture, University of Miyazaki, **4**, 21 (1965)
- 10) 土屋平四郎・西野武蔵・福原利一・山崎敏雄: 中国農試報 (B), **13**, 21 (1965)
- 11) 丹羽太左衛門・故石井徹・高橋 明・齊藤不二雄・西尾重光・矢野幸男: 農技研報告 G 21, 81 (1962)
- 12) 齊藤不二男・矢野幸男・故石井徹: 農技研報告 G 21, 105 (1962)

Summary

Five Berkshire pigs at the 7th month of birth were divided into three lots: H lot (2), S lot (2), and Y lot (1).

The pigs in H lot were fed the ration as the source of harder fat, those in S lot were fed the ration as the source of softer fat, and those in Y lot were fed the ration containing the silkworm pupae meal having a tendency to cause "yellow fat" disease in the pigs if fed in a large quantity (Table I).

The pigs were fed on the ration mentioned above for 60 days.

After their slaughter, fat samples were taken from the leaf, loin, shoulder, bacon and ham fat tissues; the loin fat being separated into the two layer samples, the inside and the outside.

All samples were analyzed for the determination of the fatty acid composition by means of gas chromatography. Similar analyses were made on fatty acids in the ether extractable portions of the diets assorted into three.

The results obtained were summarized as follows:

1) In the growth rate of the pig, and color and flavor of the fat tissue, no difference was recognized among the three lots.

2) Eight peaks were perceived in the similar patterns shown in each analysis by chromatogram, and these were identified as Laurate (C_{12}), Myristate (C_{14}), Palmitate (C_{16}), Palmitoleate ($C_{16}^{1=}$), Stearate (C_{18}), Oleate ($C_{18}^{1=}$), Linoleate ($C_{18}^{2=}$) and ($C_{20}^{1=}$), each acid being methyl esterized.

3) The amount of saturated fatty acids was largest in all the samples of H lot, and that of the unsaturated fatty acids was largest in S lot.

4) As to the composition of the fatty acids of the diet, in comparison with that of other lots, in Y lot the amount of $C_{20}^{1=}$, in H lot that of C_{16} , and in S lot that of $C_{18}^{1=}$ were larger respectively.

5) Concerning the body fat, the amount of $C_{20}^{1=}$ fraction in Y lot and that of C_{16} fraction in H lot were relatively larger than those in other lots. This means that the kind and the amount of the fatty acids of the body fat are to be influenced by those contained in the ether extractable portions of the diet.

6) The saturated fatty acids were observed to be preferentially deposited in the leaf rather than in the loin, and as to the loin sites, in the inside layer rather than the outside layer.

In unsaturated fatty acids the reverse of the saturated ones is the case, namely they prefer the loin to the leaf, and as to the loin sites, the outside layer to the inside one.