

## 감마지방산의 급여가 돼지의 혈액지질 및 고기부위별 지방산조성에 미치는 영향

강환구 · 박병성<sup>†</sup>

강원대학교 동물생명공학과

### Effects of Dietary $\gamma$ -Fatty Acids on the Fatty Acid Composition of Pork and Plasma Lipids in Swine

Hwan Ku Kang and Byung-Sung Park<sup>†</sup>

Dept. of Animal Biotechnology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

#### Abstract

We report that the gamma linolenic acid content of pork is higher in finishing pigs fed diets containing hemp seed oil, evening primrose oil or borage oil as the sources of gamma linolenic acid. Thirty-six three crossing swines (Landrace×Yorkshire×Duroc), 80 kg in body weight, were randomly separated into four treatment groups with three pens per treatment and three animals per pen. The finishing swines were fed the experimental diets for 35 days until they reached the market weight of 110 kg. The animals were assigned to the four experimental diets: control diet containing 5.00% tallow, T1 containing 5.00% hemp seed oil (hemp seed oil 40:soybean oil 60), T2 containing 5.00% evening primrose oil (primrose oil 40:soybean oil 60) and T3 containing 5.00% borage oil (borage oil 40:soybean oil 60). The plasma triacylglycerol and total cholesterol content of the swine in the gamma fatty acids-fed groups were significantly ( $p<0.05$ ) lower than those in the control group. No gamma linolenic acid was detected in the plasma of the control group, while the level of gamma linolenic acid treatment groups was significantly ( $p<0.05$ ) higher than the control in the order of T3, T2 and T1. Moreover, the level of gamma linolenic acid increased with increasing number of feeding days. There was a significant difference between the treatment groups ( $p<0.05$ ). There was a difference in the amount of saturated fatty acid and polyunsaturated fatty acid accumulated in the pork according to the treatment groups or the parts of the pork meat. The level of n-3 fatty acid of pork was highest in T1, which had been fed the hemp seed oil, followed in order by T3 and T2 ( $p<0.05$ ). The content of gamma linolenic acid in pork was highest in T3, which had been fed the borage oil, followed in order by T2 and T1 ( $p<0.05$ ). In particular, the level of gamma linolenic acid in pork increased in the order of the back fat, pork belly, ham and loin.

**Key words:** hemp seed oil, evening primrose oil, borage oil, plasma cholesterol, pork, gamma fatty acid

#### 서 론

감마리놀렌산(gamma linolenic acid, 18:3n-6)의 혈액 콜레스테롤 감소 및 다양한 생리활성 효과가 보고되면서 감마 지방산이 차세대 기능성지방산으로 새롭게 부각되고 있다. 감마지방산이란 오메가 6계열 지방산의 모지방산인 리놀레산(linoleic acid, 18:2n-6)으로부터 대사된 중간 생성물질로서 감마리놀렌산과 디호모감마리놀렌산(dihomo-gamma linolenic acid, 20:3n-6)을 의미한다(1-3). 감마리놀렌산은 혈액 콜레스테롤을 낮추는 효과 이외에도 아토피성피부염, 골다공증, 고혈압 방지, 여성의 생리통 격감, 피부노화 방지, 류마티스성 관절염 등의 생리활성이 새롭게 밝혀졌다(4-8). 사람과 동물에서 감마리놀렌산의 생체대사는  $\Delta^6$ -desaturase에 의해서 급속히 빠른 속도로 진행되기 때문에 리놀레

산이 풍부한 옥수수기름, 대두유 등의 식물성 기름을 충분히 섭취하여도 대부분의 조직에서 감마리놀렌산의 함유량은 매우 낮다(6,9-11). 감마리놀렌산의 축산물에 그 함유량은 극히 낮으며 사람 모유에 리터당 50 mg이 함유되어 있으며, 영국 등 유럽에서는 사람의 건강증진을 위하여 일일 40~80 mg의 감마리놀렌산 섭취를 권장하고 있으며 세계영양학회는 사람의 일일 영양소 권장량에 포함을 검토하고 있다(5,12-14). 현재 국내외적으로 감마지방산은 건강보조식품 및 화장품 소재로서 널리 이용되고 있고(10) 축산식품 응용 분야에 있어서도 감마지방산을 강화한 계란(EP157619A85/201098541), 닭고기(J0124705A89/101028945) 생산기술에 관한 특허가 이미 출원되었으나(10), 국내에서 감마지방산을 이용한 기능성 축산식품 생산에 관한 보고는 거의 알려진 바가 없다. 새로운 기능성 축산물 생산을 위한 지질 신소재

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: bspark@kangwon.ac.kr  
Phone: 82-33-250-8615, Fax: 82-33-251-7719

로서 n-3와 n-6계열 특수지방산의 함량이 풍부한 유지급원의 공급으로 동물의 조직 내 기능성지방산의 축적을 쉽게 유도할 수 있다(15). 감마리놀렌산은 삼씨유에 6~8%, 달맞이꽃 종자유에 7~10%, 까막까치밥나무유에 15~20%, 서양자초유에 18~25%가 함유되어 있다. 그러나 닭고기, 쇠고기, 돼지고기, 우유 및 계란과 같은 축산식품에는 거의 함유되어 있지 않으므로 일상적인 섭취가 어려운 실정이다(3,10,14,16, 17). 본 연구는 비육말기 돼지사료 내 서로 다른 감마지방산 급원의 첨가가 돼지 혈액지질 및 고기부위별 감마리놀렌산의 함량에 미치는 효과를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 시험동물 및 실험설계

생체 중 80 kg의 3원 교잡종(Landrace×Yorkshire×Duroc) 거세수돼지 36마리를 이용해서 시판체중인 110 kg 도달 시까지 35일 동안 시험사료를 급여하였다. 실험설계는 4처리×3반복(반복당 3두)으로 완전임의 배치하였고, 4개의 실험 처리구는 대조구(우지), T1(삼씨유 40:대두유 60), T2(달맞이꽃종자유40: 대두유 60) 그리고 T3(서양자초유 40: 대두유 60)로 구분하였다. 여기서 감마지방산 급원의 경제성을 고려하여 감마지방산 함유 기름과 대두유를 40:60의 비율로 혼합·첨가하였음을 밝혀둔다.

### 시험사료 및 사양관리

시험사료는 옥수수, 분쇄 밀, 대두박 등의 일반 곡류사료 원료를 이용하여 배합하였으며, 시험사료 내 첨가되는 지방의 수준은 5%로 고정하였고 단지 지방의 종류만을 서로 다르게 배합하였고, 모든 처리구의 사료는 미국의 NRC에 의해서 제시된 돼지의 영양소 요구량(18)을 충족 또는 약간 높게 배합하였다(Table 1). 시험사료에 첨가되는 식물성 기름은 불포화지방산의 산화방지를 위해서 기름 리터당 항산화제로서 BHT(butylated hydroxytoluene)를 일반적인 사용수준인 650 mg을 첨가하였고, 배합된 모든 사료 내 조단백질(15.00%)과 에너지(ME 3,180 kcal/kg) 함량을 동일한 수준으로 조절하였다. 시험사료의 지방산 조성은 Table 2와 같으며, 우지를 첨가한 대조구는 포화지방산 31.62%, 고도불포화지방산 68.38%를 차지하였고, 삼씨유를 함유하는 T1은 포화지방산 11.49%, 고도불포화지방산 88.51%, 감마리놀렌산 0.29%, 달맞이꽃 종자유를 함유하는 T2는 포화지방산 8.08%, 고도불포화지방산 91.92%, 감마리놀렌산 0.37%, 서양자초유를 함유하는 T3는 포화지방산 14.98%, 고도불포화지방산 85.02%, 감마리놀렌산 0.64%를 차지하였다. 배합된 시험 사료는 서늘한 장소에 보관하였으며, 물과 시험사료는 자유섭취(ad libitum)하도록 하였다. 동물을 포함한 모든 실험절차는 저자의 유럽실험동물 취급면허(SCT-w94058)에서 제시된 과학적이고 윤리적인 규정을 따랐다.

**Table 1. Formular and nutrient content of experimental diets for finishing swine (80~110 kg)** (%)

Ingredients	Control	T1	T2	T3
Yellow corn, ground	62.32	62.32	62.32	62.32
Wheat bran	9.80	9.80	9.80	9.80
Soybean oil meal	20.20	20.20	20.20	20.20
Tallow	5.00	-	-	-
HO mix oil <sup>1)</sup>	-	5.00	-	-
EPO mix oil <sup>2)</sup>	-	-	5.00	-
BO mix oil <sup>3)</sup>	-	-	-	5.00
Limestone flour	1.09	1.09	1.09	1.09
Tricalcium phosphate	0.78	0.78	0.78	0.78
Common salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Vitamin-min. mix <sup>4)</sup>	0.48	0.48	0.48	0.48
Choline chloride	0.03	0.03	0.03	0.03
Total	100	100	100	100
Calculated values <sup>5)</sup>				
Crude protein (%)	15.0	15.0	15.0	15.0
DE (kcal/kg) <sup>6)</sup>	3,180	3,180	3,180	3,180

<sup>1)</sup>HO mix oil: mixed oil (hemp seed oil 40:soybean oil 60).

<sup>2)</sup>EPO mix oil: mixed oil (evening primrose oil 40:soybean oil 60).

<sup>3)</sup>BO mix oil: mixed oil (borage oil 40:soybean oil 60).

<sup>4)</sup>Contained per kg mixture: vitamin A, 5,500 IU; vitamin D3, 550 IU; vitamin E, 15 IU; riboflavin, 5 mg; pantothenic acid, 10 mg; niacin, 40 mg; vitamin B12, 0.01 mg; folic acid, 0.9 mg; biotin, 0.05 mg; pyridoxine, 3 mg; menadione sodium bisulfate, 3 mg; thiamin, 3 mg; iodine, 1 mg; manganese, 60 mg; zinc, 40 mg; copper, 4 mg; cobalt, 100 mg; iron, 40 mg; selenium, 0.09 mg.

<sup>5)</sup>Calculated from NRC (1998).

<sup>6)</sup>Digestible energy.

**Table 2. Fatty acid composition of experimental diets<sup>1)</sup>**

Fatty acid	Control	T1	T2	T3
-----% of total fatty acids-----				
C14:0	1.25	0.56	0.30	0.12
C16:0	22.27	7.98	6.19	10.21
C16:1n-7	1.59	1.56	0.60	0.24
C18:0	8.10	2.95	6.50	4.65
C18:1n-9	39.01	16.48	16.47	26.68
C18:2n-6	27.78	44.53	54.33	39.24
C18:3n-6	- <sup>2)</sup>	0.29	0.37	0.64
C18:3n-3	-	25.65	15.24	18.22
C22:1n-9	-	-	-	-
C22:4n-6	-	-	-	-
SFA <sup>3)</sup>	31.62	11.49	12.99	14.98
PUFA <sup>4)</sup>	68.38	88.51	87.01	85.02
Total	100	100	100	100

<sup>1)</sup>Groups: refer to Table 1.

<sup>2)</sup>Not detected.

<sup>3)</sup>Saturated fatty acid.

<sup>4)</sup>Polyunsaturated fatty acid.

### 사양 성적조사 및 혈액 채취

돼지의 성장에 따른 각 단계별 사양 성적 즉, 사료섭취량, 증체량 및 사료효율은 실험 개시일 및 종료일에 측정하였다. 혈액의 채취는 실험 개시 후 10일 간격으로 헤파린 처리된 25 G 주사기를 이용하여 귀 정맥(ear vein)으로부터 혈액

10 mL를 채취하였고, 채취된 혈액은 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 혈장을 분리하였다. 분리된 혈장은 액체 질소 가스에 급속냉동(-196°C)한 다음 생화학적 분석 시까지 냉동 보관하였다.

**혈액 지질 및 돼지고기의 지방산**

혈액 내 중성지방과 총콜레스테롤 함량은 상업용 효소키트 (Bioclinical system auto kits, BCS, Korea)을 이용하여 분석하였다. 지방산 분석은 Folch 등(19) 및 Morrison과 Smith의 방법(20)을 변형하여 실시하였으며 이를 간단히 기술하면 다음과 같다. 우선 혈액 5 mL를 100 mL 삼각플라스크에 취하거나 또는 100 mL 원심관에 돼지고기 부위별 시료 10 g을 취한 다음, 혼합 유기용매(chloroform:methanol=2:1) 24 mL와 0.88% KCl 용액 6 mL를 각각 첨가하였다. 혈액은 삼각플라스크에서 잘 혼합하였고, 돼지고기는 호모게나이저를 이용해서 2,500 rpm에서 3분간 격렬하게 교반하여 균질화하였다. 균질물을 다시 3,000 rpm에서 15분간 원심분리 후 지질층(하층)을 얻었다. 최종적으로 질소가스를 이용하여 서서히 지질층의 유기용매를 완전히 날린 다음 지질을 얻었다. 추출된 지질 분획 중 4~5 mg을 검화용 반응용기에 넣고 0.5 N methanolic NaOH(2 g NaOH/100 mL methanol) 용액 1 mL를 가하여 15분간 가열한 후 냉각한다. 냉각 후 methylation용 reagent인 boron trifluoride methanol 2 mL를 가한 후 다시 15분간 가열한다. 실온까지 충분히 냉각시킨 다음 다시 1 mL의 heptane과 2 mL의 NaCl 포화용액을 가하여 1분간 혼합 후 실온에서 30분간 방치한다. 상등액 1~2 µL를 취해서 지방산 분석용 가스크로마토그래피 (ACEM 6000 model, 영인과학, 서울)에 주입하여 지방산을 분석하였다. 지방산 분석에 사용한 표준 용액은 미국 Supelco사의 PUFA No.2, Animal source를 이용하였다. 분석에 사용된 컬럼은 FFAP capillary column(30 m×0.25 mm I.D., 0.25 µm film thickness)이었다. 기기의 분석조건은 detector(FID) 250°C, oven temperature(initial 160°C, 분당 증가율 1.5°C, final 230°C), injector temperature 230°C 그리고 carrier gas는 nitrogen(1 mL/min)을 이용하였고 split ratio는 10:1로 유지하였다.

**통계분석**

본 실험의 처리구별 반복 측정치를 SAS(strategic application software)의 통계 package(21)의 GLM(general linear model)에 입력, 평균과 표준편차 값을 구하고 분산분석을 실시한 후, Duncan의 다중검정방법을 통해 95% 수준의 신뢰구간에서 처리구 평균 간의 통계적인 유의차를 검정(p<0.05)하였다.

**결과 및 고찰**

**사양성적 및 혈액 지질**

생체 중 80 kg의 비육말기 돼지를 출하체중인 110 kg 도

**Table 3. Effect of dietary  $\gamma$ -fatty acids on feed intake, body weight gain and feed efficiency in finishing swine (80~110 kg)<sup>1)</sup>**

Item	Control	T1	T2	T3	PSE <sup>3)</sup>
Feed intake (kg/day)	2.65	2.67	2.59	2.66	0.0123
Body weight gain (kg/day)	0.91	0.92	0.89	0.90	0.0843
FCR <sup>2)</sup>	2.91	2.90	2.91	2.96	0.1310

<sup>1)</sup>Groups: refer to Table 1.

<sup>2)</sup>FCR: feed conversion ratio, feed intake/body weight gain.

<sup>3)</sup>Pooled standard error of mean values (n=36).

달 시까지 실험사료를 급여하였을 때 조사된 사양성적은 Table 3에서 보는 바와 같다.

일일 사료섭취량, 증체량 및 사료효율은 각 처리구간 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 이는 비육말기 돼지에서 지방급원을 달리 하더라도 사료 내 첨가되는 에너지수준을 동일하게 조절했기 때문으로 볼 수 있다.

실험사료 급여시작 후 10일 간격으로 측정된 돼지 혈액지질의 분석결과는 Table 4와 같다.

돼지의 혈액 100 mL당 중성지방 함량은 실험사료 급여일수가 지남에 따라서 우지를 섭취한 대조구가 증가한 반면에 감마지방산 급원을 섭취한 처리구는 유의적인 감소경향을 나타내었다(p<0.05). 실험사료 급여 30일째 결과를 서로 비교해보면 대조구는 혈액 100 mL당 65.05 mg으로서 가장 높았고, 처리구를 대조구와 비교하면 T1, T2, T3가 혈액 100 mL 당 각각 29.86 mg, 26.61 mg, 27.76 mg 낮아졌으며 이는 각각 31.42%, 40.90%, 42.67% 유의적인 감소효과를 나타내었다(p<0.05). 돼지의 혈액 100 mL당 총콜레스테롤 함량은 중성지방 함량의 변화와 비슷하였으며 실험사료 급여일수가 지남에 따라서 우지를 섭취한 대조구가 증가한 반면에 감마지방산 급원을 섭취한 처리구는 유의적인 감소경향을 나타내었다(p<0.05). 실험사료 급여 30일째 우지를 섭취한 대조구는 혈액 100 mL당 115.04 mg으로서 가장 높았으며 감마지방산 처리구를 대조구와 비교해보면 T1, T2, T3가 혈액 100 mL당 각각 19.74 mg, 19.74 mg, 28.85 mg 낮아졌으며 이는 각각 17.15%, 17.16%, 25.07% 유의적인 감소효과를 나타내었다(p<0.05).

**Table 4. Effect of dietary  $\gamma$ -fatty acids on plasma triacylglyceride (TAG) and total cholesterol (TC) concentrations in finishing swine (80~110 kg)<sup>1)</sup>** (mg/dL)

Item	Day	Control	T1	T2	T3	PSE <sup>2)</sup>
TAG	10	57.63 <sup>a</sup>	52.21 <sup>ab</sup>	45.86 <sup>b</sup>	45.80 <sup>b</sup>	1.9305
	20	63.45 <sup>a</sup>	44.07 <sup>b</sup>	40.79 <sup>b</sup>	36.23 <sup>b</sup>	3.3622
	30	65.05 <sup>a</sup>	35.19 <sup>a</sup>	38.44 <sup>b</sup>	37.29 <sup>b</sup>	3.8827
TC	10	112.67 <sup>a</sup>	115.24 <sup>a</sup>	109.25 <sup>a</sup>	99.24 <sup>b</sup>	2.2071
	20	113.87 <sup>a</sup>	92.92 <sup>bc</sup>	99.70 <sup>b</sup>	88.21 <sup>c</sup>	3.1667
	30	115.04 <sup>a</sup>	95.30 <sup>bc</sup>	95.95 <sup>b</sup>	86.19 <sup>c</sup>	3.3976

<sup>1)</sup>Groups: refer to Table 1.

<sup>2)</sup>Pooled standard error of mean values (n=36).

<sup>a-c</sup>Values within the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

**Table 5. Changes in the composition of major fatty acid in plasma from swine fed experimental diets<sup>1)</sup>**

Fatty acid	Days	-----% of total fatty acids-----				
		Control	T1	T2	T3	PSE <sup>2)</sup>
SFA <sup>4)</sup>	10	39.01 <sup>a</sup>	37.52 <sup>b</sup>	37.36 <sup>b</sup>	37.54 <sup>b</sup>	0.2819
	20	40.88 <sup>a</sup>	37.10 <sup>b</sup>	35.49 <sup>c</sup>	34.40 <sup>c</sup>	0.7658
	30	42.88 <sup>a</sup>	35.99 <sup>b</sup>	33.74 <sup>c</sup>	33.42 <sup>c</sup>	0.6655
PUFA <sup>5)</sup>	10	60.99 <sup>b</sup>	62.48 <sup>a</sup>	62.64 <sup>a</sup>	62.46 <sup>a</sup>	0.2719
	20	59.12 <sup>c</sup>	62.90 <sup>b</sup>	64.51 <sup>a</sup>	65.60 <sup>a</sup>	0.7734
	30	57.12 <sup>c</sup>	64.01 <sup>b</sup>	66.26 <sup>a</sup>	66.58 <sup>a</sup>	0.5765
GLA <sup>6)</sup>	10	- <sup>3)</sup>	0.98 <sup>c</sup>	3.21 <sup>b</sup>	5.65 <sup>a</sup>	0.6909
	20	-	1.02 <sup>c</sup>	3.02 <sup>b</sup>	5.71 <sup>a</sup>	0.6959
	30	-	1.25 <sup>c</sup>	3.09 <sup>b</sup>	5.01 <sup>a</sup>	0.5375

<sup>1)</sup>Groups: refer to Table 1.<sup>2)</sup>Pooled standard error of mean values (n=36).<sup>3)</sup>Not detected.<sup>4)</sup>Saturated fatty acid.<sup>5)</sup>Polyunsaturated fatty acid.<sup>6)</sup>Gamma linolenic acid (18:3n-6).<sup>a-d</sup>Values within the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

실험사료를 섭취하는 기간 동안 조사한 혈액 내 감마지방산 조성의 변화는 Table 5와 같다.

여기에 제시하지는 않았지만, 혈액 내 포화지방산의 경우 실험사료의 섭취일수가 지남에 따라서 우지를 섭취한 대조구가 10일, 20일, 30일째 각각 39.01%, 40.88%, 42.88%로 증가경향을 나타냈으나, 감마지방산 섭취구는 10일, 20일, 30일째 측정하였을 때 각각 T1 37.52%, 37.10%, 35.99%, T2 37.36%, 35.49%, 33.74%, T3 37.54%, 34.40%, 33.42%로 감소하는 경향을 나타내었으며 각 처리구간 통계적 유의차가 있었다(p<0.05). 혈액 내 고도불포화 지방산의 경우 실험사료의 섭취일수가 지남에 따라서 대조구가 10일, 20일, 30일째 각각 60.99%, 59.12%, 57.12%로 감소경향을 나타내었으며, 감마지방산 섭취구가 10일, 20일, 30일째 측정하였을 때 각각 T1 62.48%, 62.90%, 64.01%, T2 62.64%, 64.51%, 66.26%, T3 62.46%, 65.60%, 66.58%로 증가하는 경향을 나타내었으며 각 처리구간 통계적 유의차가 있었다(p<0.05). 혈액 내 감마리놀렌산 함량(Table 5)은 대조구의 경우 검출되지 않았으나, 감마지방산 처리구의 경우 실험사료 급여일수가 지남에 따라서 T3, T2, T1 순으로 증가경향을 나타내었으며 각 일자별로 측정된 각 처리구별 값은 처리구간 통계적 유의차가 있었다(p<0.05). 본 실험 결과는 감마지방산을 함유하는 지질급원의 섭취가 돼지의 혈액 내 총 콜레스테롤과 혈액 중성 지방수준을 낮추는 것을 보여 준다. 사람과 동물에서 혈액지질 수준은 포화지방산 섭취에 의해서 높아질 수 있으나 포화지방산을 고도불포화지방산으로 대체하면, 혈액지질의 감소와 함께 동물의 조직 내 축적되는 콜레스테롤 함량을 낮출 수 있고 사람에서 각종 심장혈관계 질환을 예방하는데 도움이 될 수 있다(22-24). 동물실험결과  $\gamma$ -linolenic acid의 섭취가 linoleic acid에 비해서 혈액 중성지

방과 콜레스테롤 수준을 낮추는데 더욱더 효과적임이 보고되었으며(11) 본 실험결과는 이와 비슷한 경향이었다.  $\gamma$ -linolenic acid는 동물에서 혈액 콜레스테롤과 중성지방을 낮추는 효과가 linoleic acid에 비해서 크며, 특히, 사람에게서 그 효과는 150~200배 높은 것으로 알려졌다(2,11). Linoleic acid와 비교할 때  $\gamma$ -linolenic acid의 효과는 dihomogamma-linolenic acid로의 전환을 촉진시켜주며 이것은 linoleic acid의 대사체계에서 비율제한 단계인  $\Delta^6$ -desaturase 반응을  $\gamma$ -linolenic acid가 우회하기 때문으로 본다. 그 결과  $\gamma$ -linolenic acid으로부터 합성된 일부 prostaglandin(PGE1)이 콜레스테롤 대사 조절에 관여할 것으로 보고되었다. 이러한 prostaglandin은 콜레스테롤의 합성을 억제하며 콜레스테롤 세포로부터 콜레스테롤에스터의 이동을 자극한다. 따라서  $\gamma$ -linolenic acid가 혈액 콜레스테롤을 낮추는 효과가 큰 것은 비에이코사노이드와 에이코사노이드의 양쪽 모든 기능을 허용할 수 있기 때문으로 보고 있다(2,5,10,11).

#### 고기 내 지방산 함량

대두유와 함께 감마지방산 급원으로서 삼씨유, 달맞이꽃 종자유, 서양자초유를 혼합·첨가한 사료를 섭취한 비육말 기돼지에서 조사된 돈육의 부위별 지방산 조성은 Table 6~9에서 보는 바와 같다.

돈육의 포화지방산과 고도불포화지방산 함량은 각 처리구별 그리고 부위별 차이가 있었으며, 돈육의 부위별 n-3 지방산 함량은 대조구는 검출되지 않았으나 삼씨유를 섭취한 T1이 가장 높았고 T3, T2 순으로 유의적인 증가경향을 나타내었다(p<0.05). 돈육의 모든 부위에서 감마리놀렌산의 함량은 대조구의 경우 검출되지 않았고 서양자초유를 섭취한

**Table 6. Fatty acid composition of loin from swine fed experimental diets<sup>1)</sup>**

Fatty acid	-----% of total fatty acids-----				
	Control	T1	T2	T3	PSE <sup>2)</sup>
C14:0	1.60 <sup>ab</sup>	2.01 <sup>a</sup>	1.25 <sup>b</sup>	1.40 <sup>b</sup>	0.1045
C16:0	24.38 <sup>b</sup>	25.17 <sup>a</sup>	21.82 <sup>d</sup>	23.15 <sup>c</sup>	0.3822
C16:1n-7	2.85 <sup>b</sup>	3.66 <sup>a</sup>	2.66 <sup>b</sup>	2.74 <sup>b</sup>	0.1422
C18:0	11.95 <sup>b</sup>	10.92 <sup>c</sup>	14.08 <sup>a</sup>	13.60 <sup>a</sup>	0.3453
C18:1n-9	39.89 <sup>a</sup>	39.28 <sup>a</sup>	40.33 <sup>a</sup>	38.80 <sup>b</sup>	0.1831
C18:2n-6	19.33 <sup>a</sup>	15.85 <sup>b</sup>	16.12 <sup>b</sup>	16.03 <sup>b</sup>	0.4409
C18:3n-6	- <sup>3)</sup>	0.53	1.03	1.22	0.1782
C18:3n-3	-	1.07 <sup>a</sup>	0.20 <sup>b</sup>	0.94 <sup>a</sup>	0.1425
C22:1n-9	-	-	1.23	1.01	0.1721
C22:4n-6	-	1.51 <sup>a</sup>	1.28 <sup>ab</sup>	1.11 <sup>b</sup>	0.1819
SFA <sup>4)</sup>	37.93 <sup>a</sup>	38.10 <sup>a</sup>	37.15 <sup>b</sup>	38.15 <sup>a</sup>	0.1402
PUFA <sup>5)</sup>	62.07 <sup>b</sup>	61.90 <sup>b</sup>	62.85 <sup>a</sup>	61.85 <sup>b</sup>	0.1352
Total	100	100	100	100	-

<sup>1)</sup>Groups: refer to Table 1.<sup>2)</sup>Pooled standard error of mean values (n=36).<sup>3)</sup>Not detected.<sup>4)</sup>Saturated fatty acid.<sup>5)</sup>Polyunsaturated fatty acid.<sup>a-d</sup>Values within the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

**Table 7. Fatty acid composition of back fat from swine fed experimental diets<sup>1)</sup>**

Fatty acid	Control	T1	T2	T3	PSE <sup>2)</sup>
-----% of total fatty acids-----					
C14:0	1.52 <sup>ab</sup>	1.34 <sup>b</sup>	1.51 <sup>ab</sup>	1.72 <sup>a</sup>	0.0638
C16:0	25.07 <sup>a</sup>	14.56 <sup>c</sup>	17.21 <sup>b</sup>	16.84 <sup>b</sup>	1.1996
C16:1n-7	3.10 <sup>a</sup>	2.81 <sup>ab</sup>	2.47 <sup>b</sup>	3.14 <sup>a</sup>	0.1096
C18:0	12.07 <sup>c</sup>	15.26 <sup>b</sup>	18.04 <sup>a</sup>	11.41 <sup>d</sup>	0.8038
C18:1n-9	34.46 <sup>c</sup>	35.81 <sup>b</sup>	34.61 <sup>c</sup>	37.32 <sup>a</sup>	0.3539
C18:2n-6	20.64 <sup>c</sup>	23.63 <sup>a</sup>	22.80 <sup>b</sup>	23.44 <sup>a</sup>	0.3657
C18:3n-6	- <sup>3)</sup>	0.54 <sup>c</sup>	1.55 <sup>b</sup>	1.88 <sup>a</sup>	0.2310
C18:3n-3	-	3.13 <sup>a</sup>	0.11 <sup>c</sup>	1.90 <sup>b</sup>	0.3962
C22:1n-9	1.80 <sup>a</sup>	1.56 <sup>ab</sup>	1.40 <sup>b</sup>	1.47 <sup>ab</sup>	0.0670
C22:4n-6	1.34 <sup>a</sup>	1.36 <sup>a</sup>	0.30 <sup>c</sup>	0.88 <sup>b</sup>	0.1359
SFA <sup>4)</sup>	38.66 <sup>a</sup>	31.16 <sup>c</sup>	36.76 <sup>b</sup>	29.97 <sup>d</sup>	1.1058
PUFA <sup>5)</sup>	61.34 <sup>d</sup>	68.84 <sup>b</sup>	63.24 <sup>c</sup>	70.03 <sup>a</sup>	1.1015
Total	100	100	100	100	-

<sup>1)</sup>Groups: refer to Table 1.  
<sup>2)</sup>Pooled standard error of mean values (n=36).  
<sup>3)</sup>Not detected.  
<sup>4)</sup>Saturated fatty acid.  
<sup>5)</sup>Polyunsaturated fatty acid.  
<sup>a-d)</sup>Values within the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

**Table 8. Fatty acid composition of pork belly from swine fed experimental diets<sup>1)</sup>**

Fatty acid	Control	T1	T2	T3	PSE <sup>2)</sup>
-----% of total fatty acids-----					
C14:0	1.30	1.39	1.51	1.35	0.0545
C16:0	26.99 <sup>a</sup>	18.06 <sup>c</sup>	19.50 <sup>b</sup>	18.23 <sup>c</sup>	1.1110
C16:1n-7	2.76 <sup>ab</sup>	2.28 <sup>b</sup>	2.26 <sup>b</sup>	3.22 <sup>a</sup>	0.1401
C18:0	10.23 <sup>c</sup>	17.01 <sup>a</sup>	17.47 <sup>a</sup>	12.32 <sup>b</sup>	0.9306
C18:1n-9	37.23 <sup>a</sup>	33.56 <sup>c</sup>	35.38 <sup>b</sup>	37.54 <sup>a</sup>	0.4871
C18:2n-6	19.50 <sup>c</sup>	22.95 <sup>a</sup>	20.61 <sup>b</sup>	22.59 <sup>a</sup>	0.4341
C18:3n-6	- <sup>3)</sup>	0.23 <sup>b</sup>	1.42 <sup>a</sup>	1.56 <sup>a</sup>	0.2125
C18:3n-3	-	2.81 <sup>a</sup>	0.23 <sup>c</sup>	0.99 <sup>b</sup>	0.3351
C22:1n-9	1.45	1.24	1.14	1.25	0.0597
C22:4n-6	0.54 <sup>b</sup>	0.47 <sup>b</sup>	0.48 <sup>b</sup>	0.95 <sup>a</sup>	0.0646
SFA <sup>4)</sup>	38.52 <sup>a</sup>	36.46 <sup>b</sup>	38.48 <sup>a</sup>	31.90 <sup>c</sup>	0.8160
PUFA <sup>5)</sup>	61.48 <sup>c</sup>	63.54 <sup>b</sup>	61.52 <sup>c</sup>	68.10 <sup>a</sup>	0.6180
Total	100	100	100	100	-

<sup>1)</sup>Groups: refer to Table 1.  
<sup>2)</sup>Pooled standard error of mean values (n=36).  
<sup>3)</sup>Not detected.  
<sup>4)</sup>Saturated fatty acid.  
<sup>5)</sup>Polyunsaturated fatty acid.  
<sup>a-d)</sup>Values within the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

T3가 가장 높았으며 T2, T1 순으로 유의적인 증가경향을 나타내었다(p<0.05). 감마리놀렌산은 등심의 경우 대조구에 서 검출되지 않았으나 T2, T3은 각각 1.03%, 1.22%로 측정 되었고(Table 6), 등지방은 서양자초유를 섭취한 T3 1.88%, 달맞이꽃 종자유를 섭취한 T2 1.55%, 삼씨유를 섭취한 T1 0.54%로서(Table 7) 각 처리구간 통계적인 유의차가 있었다 (p<0.05). 삼겹살(Table 8)과 햄(Table 9)에서 조사된 감마 리놀렌산의 조성은 각각 T3 1.56%, 1.51%, T2 1.42%, 0.93%, T1 0.23%, 0.13%로서 높게 나타났고 각 처리 구간

**Table 9. Fatty acid composition of ham from swine fed experimental diets<sup>1)</sup>**

Fatty acid	Control	T1	T2	T3	SEM <sup>2)</sup>
-----% of total fatty acids-----					
C14:0	1.23	1.28	0.96	1.24	0.0586
C16:0	21.46 <sup>ab</sup>	20.92 <sup>bc</sup>	20.36 <sup>c</sup>	21.49 <sup>a</sup>	0.1577
C16:1n-7	2.68	2.93	2.75	2.96	0.0819
C18:0	11.44 <sup>a</sup>	10.82 <sup>b</sup>	11.39 <sup>a</sup>	11.27 <sup>ab</sup>	0.1043
C18:1n-9	38.96 <sup>c</sup>	40.62 <sup>a</sup>	39.95 <sup>b</sup>	37.82 <sup>d</sup>	0.3270
C18:2n-6	20.03 <sup>a</sup>	18.54 <sup>c</sup>	19.39 <sup>b</sup>	19.30 <sup>b</sup>	0.1756
C18:3n-6	- <sup>3)</sup>	0.13 <sup>c</sup>	0.93 <sup>b</sup>	1.51 <sup>a</sup>	0.1877
C18:3n-3	-	1.75 <sup>a</sup>	0.52 <sup>c</sup>	0.98 <sup>b</sup>	0.1961
C22:1n-9	0.45 <sup>c</sup>	1.03 <sup>a</sup>	0.71 <sup>b</sup>	0.61 <sup>bc</sup>	0.0717
C22:4n-6	3.75 <sup>a</sup>	1.98 <sup>c</sup>	3.04 <sup>b</sup>	2.82 <sup>b</sup>	0.2023
SFA <sup>4)</sup>	34.13 <sup>a</sup>	33.02 <sup>b</sup>	32.71 <sup>b</sup>	34.00 <sup>a</sup>	0.1986
PUFA <sup>5)</sup>	65.87 <sup>b</sup>	66.98 <sup>a</sup>	67.29 <sup>a</sup>	66.00 <sup>b</sup>	0.1342
Total	100	100	100	100	-

<sup>1)</sup>Groups: refer to Table 1.  
<sup>2)</sup>Pooled standard error of mean values (n=36).  
<sup>3)</sup>Not detected.  
<sup>4)</sup>Saturated fatty acid.  
<sup>5)</sup>Polyunsaturated fatty acid.  
<sup>a-d)</sup>Values within the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

통계적인 유의성이 나타났(p<0.05). 특히, 감마리놀렌산 은 등지방, 삼겹살, 햄, 등심 순서로 높은 경향을 보여주었고, 이러한 결과는 사료에 함유된 감마지방산(Table 2)이 혈액 으로서 이행되어서(Table 5) 돼지고기의 조직 축적을 반영한 것으로 볼 수 있다. 단위동물의 경우에는 반추동물과 달리 위와 소장에서 지방분해 미생물이 거의 존재하지 않기 때문 에 사료의 지방산 조성이 그대로 혈액 및 생체조직 등에 반영되는 경향을 보인다(10,25,26). 이러한 이유로 최근에는 사 료지방 급여의 조절을 통하여 동물의 근육조직에 n-3, n-6 계열의 특수한 기능성 지방산 함량을 높이고 포화지방산 함 량을 낮추어 부가가치가 높은 고품질의 축산물을 생산하려 는 연구가 진행되고 있다(10,11,25,26). 사람에서  $\gamma$ -linolenic acid는 리놀레산으로부터 대사되어 합성되지만 생체대사는 급속히 빠른 속도로 진행되기 때문에 리놀레산이 풍부한 옥 수수기름, 대두유 등의 식물성 기름을 충분히 섭취한다고 하여도 대부분의 조직에서  $\gamma$ -linolenic acid의 함유량은 매우 낮다(24). 한편,  $\gamma$ -linolenic acid를 공급해주면 습진 등의 피부질환 방지효과들이 새롭게 밝혀지고 있다(27).

**요 약**

본 연구는 우지를 대조구로 하는 사료와 대두유와 함께 삼씨유, 달맞이꽃 종자유 및 서양자초유를 혼합한 시험사료 를 섭취한 비육말기 돼지에서 혈액지질 및 근육의 부위별 감마지방산 함량을 조사하였다. 생체 중 80 kg의 3월 교잡종 (Landrace×Yorkshire×Duroc) 비육말기 돼지 36마리를 이 용해서 시판체중인 110 kg 도달 시까지 35일 동안 시험사료 를 급여하였다. 실험설계는 4처리×3반복(반복당 3두)으로

완전임의 배치하였고, 4개의 실험처리구는 대조구(우지), T1(삼씨유 40:대두유 60), T2(달맞이꽃 종자유40:대두유 60) 그리고 T3(서양자초유 40:대두유 60)로 구분하였다. 돼지의 혈액 중성지방과 총콜레스테롤 함량은 실험사료 급여일수가 지남에 따라서 우지를 섭취한 대조구가 증가한 반면에 감마지방산 급원을 섭취한 처리구는 유의적인 감소경향을 나타내었다( $p < 0.05$ ). 혈액 내 감마리놀렌산 함량은 대조구의 경우 검출되지 않았으나 감마지방산 처리구의 경우 실험사료 급여일수가 지남에 따라서 T3, T2, T1 순으로 증가경향을 나타냈으며 각 일자별로 측정된 각 처리구별 값은 처리구간 통계적인 유의차가 있었다( $p < 0.05$ ). 돈육의 포화지방산과 고도불포화지방산 함량은 각 처리구별 그리고 부위별 차이가 있었으며, 돈육의 부위별 n-3지방산 함량은 삼씨유를 섭취한 T1이 가장 높았고 T3, T2 순으로 유의적인 증가경향을 나타냈다( $p < 0.05$ ). 감마리놀렌산의 함량은 모든 부위에서 서양자초유를 섭취한 T3가 가장 높았으며 T2, T1 순으로 유의적인 증가경향을 나타내었다( $p < 0.05$ ). 특히, 돈육의 부위별로 측정된 감마리놀렌산의 함량은 등지방, 삼겹살, 햄, 등심 순서로 높은 경향을 보여주었다.

### 감사의 글

본 연구는 2004년도 (주)미래사료의 연구비 지원에 의해서 수행되었으며, 기기분석 및 동물실험에 협조를 해준 강원대학교 동물자원공동연구소 및 동물사육목장에 감사를 드립니다.

### 문헌

- Sayanova O. 1998. Gamma-linolenic acid. *Biological Sciences Review* 11: 19-22.
- Horrobin DF. 1990. Gamma-linolenic acid: an intermediate in essential fatty acid metabolism with potential as an ethical pharmaceutical and as a food. *Rev Contemp Pharmacother* 1: 1-45.
- Carter JP. 1988. Gamma-linolenic acid as a nutrient. *Food Technology* 42: 72-82.
- Johnson MM, Swan DD, Surette ME, Stegner J, Chilton T, Fontech AN, Chilton FH. 1997. Dietary supplementation with  $\gamma$ -linolenic acid alters fatty acid content and eicosanoid production in healthy human. *J Nutr* 127: 1435-1444.
- Horrobin DF. 1992. Nutritional and medical importance of gamma-linolenic acid. *Prog Lipid Res* 31: 163-194.
- 青山倫也. 1988.  $\gamma$ -리놀렌산への生体への作用と食品への応用. *シヤハソフートサイエンス* 27: 38-43.
- Zurier RB, Rossetti RG, Jacobson EW, DeMarco DM, Liu NY, Temming JE, White BM, Laposata M. 1996. Gamma-linolenic acid treatment of rheumatoid arthritis. A randomized, placebo-controlled trial. *Arthritis Rheum* 39: 1808-1817.
- Andreassi M, Foreo P, Di Lori A, Masci S, Abate G, Amerio P. 1997. Efficacy of gamma linolenic acid in the treatment of patients with atopic dermatitis. *J Int Med Res* 25: 266-274.
- Aggelis G, Komaitis ME, Dimitroulias G, Pina M, Graille J. 1991. Possibility of  $\gamma$ -linolenic acid production by culturing mucorcircinelloides CBS 172-27 on some vegetable-oils. *Oleagineux* 41: 208-212.
- Park BS. 1997. Lipids as new sources for production of animal novel foods. *Korean J Food Sci Ani Resour* 17: 118-130.
- Park BS, Zammit AV. 2003. Effect of dietary oil containing  $\gamma$ -linolenic acid on the plasma lipid levels and thrombotic activity in rats. *Kor J Nutr* 36: 889-897.
- Kernoff PBA, Willis A, Stone K, Davis JA, McNicol GP. 1997. Antithrombotic potential of dihomogamma-linolenic acid in man. *Br Med J* 2: 1441-1444.
- Leventhal LJ, Boyce EG, Zurier RB. 1993. Treatment of rheumatoid arthritis with gamma-linolenic acid. *Ann Intern Med* 119: 867-873.
- Fan YY, Chapkin RS. 1998. Importance of dietary  $\gamma$ -linolenic acid in human health and nutrition. *J Nutr* 128: 1411-1414.
- Huang YS, Mills DE. 1997.  $\gamma$ -Linolenic acid: metabolism and its roles in nutrition and medicine. *Free Radic Biol Med* 23: 351-352.
- Kleijnen J. 1994. Evening primrose oil. *Br Med J* 309: 824-825.
- Traitler H, Winter H. 1986. Fatty acid patterns in organ lipids in response to dietary blackcurrant seed oil rich in gamma-linolenic acid. *Progr Lipid Res* 25: 255-267.
- National Research Council. 1998. *Nutrient requirements of swine*. 10th ed. National Academy Press, Washington DC, USA.
- Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-509.
- Morrison WR, Smith LM. 1964. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipid with boron fluoride-methanol. *J Lipid Res* 5: 600-608.
- SAS. 2000. *SAS User's Guide: Statistics*. Version 6.12 ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Abeywardna MY, Mclennan PL, Charnock JS. 1987. Long-term saturated fat supplementation in the rat causes an increase in PGI<sub>2</sub>/TXB<sub>2</sub> ratio of platelet and vessel wall compared to n-3 and n-6 dietary fatty acids. *Atherosclerosis* 66: 181-189.
- Kinsella JE, Lokesh B, Stone RA. 1990. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acid ameliorate of cardiovascular disease. *J Food Sci* 60: 1009-1012.
- Manku MS, Morse-Fisher N, Horrobin DF. 1988. Changes in human plasma essential fatty acid levels as a result of administration of linoleic acid and gamma-linolenic acid. *Eur J Clin Nutr* 42: 55-60.
- Park BS. 1997. Utilization of dietary fats in economic animal. *J Korean Oil Chemistry Soc* 14: 13-25.
- Park BS. 1992. Effect of dietary  $\omega$ 3 and  $\omega$ 6 fatty acids on biolipid level in rat. *Kor J Anim Nutr Feed* 16: 105-114.
- Yasumoto R, Fujita H, Yamamoto T, Tokura S, Takikawa M. 1997. The effectiveness, safety and usefulness of borage oil on dermatitis. *Acta Dermatologica* 92: 249-251.

(2007년 1월 31일 접수; 2007년 3월 20일 채택)