

## 아마인유와 채종유 급여가 돼지고기의 n-3 지방산 함량에 미치는 영향

박병성<sup>†</sup> · 강환구

강원대학교 동물생명과학전공

### Effect of Linseed Oil and Canola Oil Feeding on the n-3 Fatty Acid Content of Pork

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

Animal Life Science Program, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

#### Abstract

The purpose of this study was to determine the effect of dietary linseed oil and canola oil on the deposition n-3 polyunsaturated fatty acid in pork. Twelve pigs weighing 50 kg were offered one of four diets based on corn and soybean meal and containing tallow, linseed oil, canola oil or mixed oil (linseed oil plus canola oil). The pigs were slaughtered at approximately 110 kg of their market live weight. Linseed oil, canola oil or mixed oil did not affect any of the three indicators of growth performance—body weight gain, feed intake and feed efficiency. Saturated fatty acid content of plasma was the highest in tallow oil group, while the plasma proportion of saturated fatty acid was lowered in linseed oil, canola oil and mixed oil group from 11.84% to 16.54% than tallow group ( $p < 0.05$ ). The plasma n-3 polyunsaturated fatty acid was not detected at all in the tallow-fed pigs, while the plasma proportion of n-3 polyunsaturated fatty acid were higher in linseed oil, canola oil and mixed oil from 4.68% to 12.83% than tallow group ( $p < 0.05$ ). All three lipid supplements containing n-3 polyunsaturated fatty acid increased the content of pork belly  $\alpha$ -linolenic acid (18:3n-3) by 9.43% relative to the tallow values ( $p < 0.05$ ). Feeding linseed oil or canola oil increased the n-3 : n-6 ratio in pork belly to 0.68, and increased the polyunsaturated fatty acid : saturated fatty acid ratio to 0.70 ( $p < 0.05$ ). This result showed that feeding linseed oil and canola oil can produce novel functional pork enriched in n-3 polyunsaturated fatty acid.

**Key words:** pigs, tallow, linseed oil, canola oil, n-3, pork belly, ratio

#### 서 론

건강을 위해 포화지방산의 섭취량을 줄이고 고도불포화지방산의 섭취량을 늘려야 한다는 주장이 제기되고 있다(1). 특히 n-6계열의 고도불포화지방산은 변화시키지 않으면서 n-3계열의 고도불포화지방산의 섭취량을 현재 수준보다 2배 이상 늘리는 것이 바람직한 것으로 보고있다(2). 식품내 n-3계열의 지방산과 심장혈관 및 뇌혈관질환 감소 사이에는 높은 유의적 정의 상관관계가 있는 것으로 알려져 있다(3). 2004년 현재 심장혈관 질환은 미국을 비롯한 선진국은 물론 국내에서도 압 다음으로 사망률이 높은 질병으로 TV 보도된 바 있다. 심장혈관 질환을 예방하기 위해서는 식이지방의 섭취량을 제한함과 동시에 섭취되는 식품의 지방산을 조절해 주는 것이 바람직한 것으로 보고있다(4). 섭취되는 전체 지방의 양을 줄이고 포화지방산을 고도불포화지방산이 풍부한 식물성기름으로 바꾸면 혈액 지질대사를 개선하는데 도움을 줄 수 있다(5).

돼지고기와 돈육 가공식품을 많이 섭취하면 총지방 및 포화지방산의 섭취량이 높아진다는 것은 잘 알려져 있다. 돼지고기 삼겹살에는 지방을 많이 함유하고 있으며 그 가운데 포화지방산 함량이 41%이상 함유되어 있다(3). 따라서 이의 과잉섭취 또는 지속적인 섭취시 사람의 혈액 지질대사 이상으로 인한 심장혈관 질환을 일으킬 수 있기 때문에 섭취를 제한해야 할 것으로 지적되고 있다(6). 최근 웰빙시대를 맞이하여 n-3 지방산이 강화된 새로운 기능성 돼지고기를 요구하는 소비자들의 관심이 높아지고 있다. n-3계열의 고도불포화지방산은 혈액 콜레스테롤 및 중성지방을 낮추어 줌으로써 혈액 순환을 원활히 해주어 심장혈관 질환으로 인한 사망률을 줄일 수 있기 때문에 이들의 섭취가 권장되고 있다(7). Stewart 등(3)은 고도불포화지방산이 강화된 돼지고기는 여성의 혈액 총콜레스테롤과 LDL 콜레스테롤 함량을 낮추며 포화지방산 섭취를 줄일 수 있을 것이라고 하였다. 이러한 이유로 인해서 최근 n-3 지방산이 강화된 돈육을 생산하여 소비자에게 공급하려는 연구가 진행되고 있다.

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: bspark@kangwon.ac.kr  
Phone: 82-33-250-8615, Fax: 82-33-244-2434

n-3계열의 고도불포화지방산은 사료에 첨가되는 지방의 형태에 의해서 돼지고기내 축적시키는 것이 가능할 것이다(8). 사료내 지방산 조성은 돼지고기의 지방산 조성에 영향을 주기 때문에 급여되는 지방의 종류는 돈육의 지방산 조성 및 비율에 영향을 줄 수 있다(9). n-3계열의 모지방산인  $\alpha$ -linolenic acid는 포유동물의 특정부위(도체, 등지방, 및 피부)에 축적되고 사람과 포유동물의 생체내에서 섭취량의 소량만이 지방산의 사슬연장 및 불포화 반응에 의해서 최종 대사물인 DHA로 전환된다(10-12). 한편, 어유 급여에 의해 DHA를 강화한 n-3 돈육의 경우 돼지고기 맛에서 비린내(fishy odor, off-flavor)를 느낄 수 있기 때문에(13) 실용화되지는 못하고 있다. 아마인유와 채종유는  $\alpha$ -linolenic acid 함량이 매우 높다(14). 따라서 본 연구는 아마인유와 채종유가 첨가된 돼지사료가 돈육의 n-3 지방산 함량, n-3:n-6 비율 그리고 고도불포화지방산:포화지방산의 비율 변화에 미치는 영향을 조사하기 위해 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 공시동물 및 실험설계

3원 교잡종 [(Landrace×Yorkshire)×Duroc] 거세수돼지 12두를 이용하여서 4처리구 3반복으로 완전임의배치하였다. 실험 개시 체중은 평균 50 kg이었고 시판출하 체중인 110 kg 도달시까지 약 9주간 사양 시험을 실시하였다.

### 실험사료 및 사양관리

실험사료는 조단백질(15.00%)과 가소화에너지(DE, 3,400

kcal/kg) 함량이 동일하게 조절된 옥수수, 분쇄밀 그리고 대두박 위주로 배합하였으며, 실험사료 내 첨가되는 지방의 수준은 5%로 동일하게 고정하였고 단지 지방의 종류만을 서로 다르게 배합하였다(Table 1). 본 실험에 사용된 모든 식물성 기름에는 항산화제로써 BHT(Butylated hydroxytoluene, 650 mg/기름 L)를 첨가하였다. 실험사료 내 지방의 종류는 대조구로서 포화지방산 함량이 높은 우지를 첨가하였고 n-3지방산( $\alpha$ -linolenic acid, 18:3n-3) 공급을 위해 아마인유, 채종유 또는 혼합유(아마인유 50:채종유 50)를 각각 첨가해 주었다. 실험사료의 지방산 조성은 Table 2와 같다. 배합된 실험사료는 서늘한 장소에 보관하면서 급여하였으며 물과 사료는 무제한 공급해주었다.

### 사양성적 조사 및 혈액채취

돼지의 성장에 따른 각 단계별 사양성적 즉, 사료섭취량, 일일 체중증가량 및 사료효율은 실험시작후 3주 간격으로 측정하였다. 혈액의 채취는 실험개시일 및 실험시작후 3주 간격으로 귀정맥에서 헤파린 처리된 25계이지의 주사기를 이용하여 혈액 10 mL를 채취하였으며 채취된 혈액은 3000 rpm에서 15분간 원심분리하여 혈장을 분리하였다. 분리된 혈장은 액체질소가스에 급속냉동(-196°C)한 다음 지방산 분석에 이용하였다.

### 지방산 분석

지방산 분석은 Folch 등(15), Morrison과 Smith의 방법(16)을 변형하여 실시하였으며 이를 간단히 기술하면 다음과 같다. 즉, 혈액 시료의 경우 혈액 5.0 mL를 그리고 돼지고기의 경우 부위별 시료 10 g에 혼합유기용매(chloroform:meth-

Table 1. Formula and nutrient content of experimental diets

(%)

Ingredient	Diets based on			
	Tallow	Linseed oil	Canola oil	Mixed oil <sup>1)</sup>
Yellow corn, ground	33.00	34.50	35.00	33.00
Wheat, ground	37.00	35.50	35.00	37.00
Wheat bran	5.50	5.50	5.50	5.50
Soybean oil meal	15.20	15.20	15.20	15.20
Limestone flour	1.00	1.00	1.00	1.00
Dicalcium phosphate	0.50	0.50	0.50	0.50
Common salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Molasses	1.50	1.50	1.50	1.50
Tallow	5.00	-	-	-
Linseed oil	-	5.00	-	2.50
Canola oil	-	-	5.00	2.50
Vitamin-min mix <sup>2)</sup>	0.60	0.60	0.60	0.60
Choline chloride	0.10	0.10	0.10	0.10
L-Lysine	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100	100	100	100
Calculated values				
Crude protein (%)	15.00	15.00	15.00	15.00
DE (kcal/kg) <sup>3)</sup>	3,400	3,400	3,400	3,400

<sup>1)</sup>Linseed oil 50: canola oil 50.

<sup>2)</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>3)</sup>Digestible energy.

**Table 2. Fatty acid composition of experimental diets**  
(% of total fatty acid)

Fatty acid	Diets based on			
	Tallow	Linseed oil	Canola oil	Mixed oil <sup>3)</sup>
C14:0	1.23	0.20	0.13	0.10
C16:0	22.27	9.62	8.50	8.86
C16:1n-7	1.60	0.26	0.31	0.24
C18:0	7.60	3.55	3.20	3.08
C18:1n-9	34.14	21.26	22.75	21.92
C18:2n-6	33.16	30.31	31.83	33.39
C18:3n-6	-	-	-	-
C18:3n-3	-	34.80	26.66	29.71
C20:1n-9	-	-	6.82	2.70
C20:4n-6	-	-	-	-
Total	100	100	100	100
SFA <sup>1)</sup>	30.13	13.37	11.83	12.04
PUFA <sup>2)</sup>	33.16	65.11	58.49	63.10
n-6	33.16	30.31	31.83	33.39
n-3	-	34.80	26.66	29.71
PUFA:SFA	1.10	4.87	4.94	5.24
n-3:n-6	-	1.15	0.84	0.89

<sup>1)</sup>Saturated fatty acid.  
<sup>2)</sup>Polyunsaturated fatty acid.  
<sup>3)</sup>Linseed oil 50 : canola oil 50.

anol=2 : 1) 24 mL와 0.88% KCl 6 mL를 가한 후 ultra turrex 2,500 rpm에서 3분간 격렬하게 교반하여 균질화 하였다. 균질물을 다시 3000 rpm에서 15분간 원심분리후 지질층(하층)을 얻었다. 최종적으로 질소가스를 이용하여 서서히 지질층의 유기용매를 완전히 날린 다음 지질을 얻었다. 추출된 지질 분획 중 4~5 mg을 검화용 반응 용기에 넣고 0.5 N methanolic NaOH(2 g NaOH/100 mL methanol) 1 mL를 가하여 15분간 가열한 후 냉각한다. 냉각 후 methylation 용 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 혼합한 다음 실온에서 30분간 방치한다. 상등액 1~2 µL를 취하여 지방산 분석용 가스크로마토그래피(ACEM 6000 model, 영림 과학, 서울)에 주입하여 지방산을 분석하였다. 지방산 분석에 사용한 표준 용액으로는 미국 Supelco사의 PUFA No.2, animal source를 이용하였다. 이용된 칼럼은 FFAP capillary column(30 m × 0.25 mm I.D., 0.25 µm film thickness)이었으며, 기기의 분석 조건은 detector(FID) 250°C, oven(initial 160°C, 분당 증가율 1.5°C, final 230°C), injector 230°C 그리고 carrier gas는 질소를 사용했으며 split ratio 10 : 1을 유지하였다.

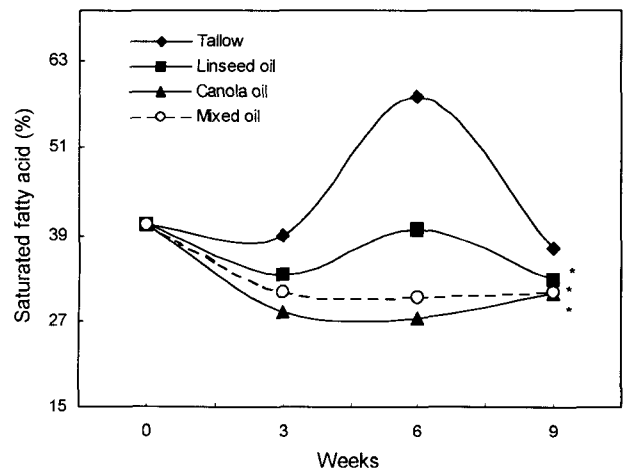
**통계 처리**

분석된 자료의 통계처리는 SAS program을 이용하였으며 각 처리구의 평균과 표준오차를 구하고 분산분석을 실시한 다음 Duncan's multiple range test에 의하여 95 %수준에서 유의성을 검정하였다(17).

**결과 및 고찰**

실험사료를 섭취한 돼지(체중 50 kg~110 kg)의 사양성적은 Table 3에서 보는바와 같다. 일일 사료섭취량, 일일 체중 증가량 및 사료효율은 각 처리구간 통계적인 차이가 없었다. 즉, 돼지사료 내 지방의 종류를 다르게 첨가, 급여하여도 정상적인 돼지의 성장발달에 아무런 영향을 주지 않는다는 것을 나타낸다.

실험사료 급여 전과 실험사료 급여 후 3, 6, 9주째에 조사된 돼지의 혈액 지방산 변화는 Fig. 1과 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 혈액의 포화지방산 함량(Fig. 1)은 실험사료 섭취일수가 지남에 따라서 낮아졌으며 도살전 즉, 9주째에 조사된 혈액의 포화지방산 함량은 우지 첨가구가 37.13%로써 아마인유 첨가구 32.73%, 채종유 첨가구 30.91% 및 혼합유 첨가구 30.99%에 비해서 유의적으로 높은 경향을 나타냈다(p<0.05). 혈액의 n-3 지방산 함량(Fig. 2)은 실험사료 섭취일수가 지남에 따라서 증가하였으며, 아마인유 첨가구가 가장 높았고 혼합유 첨가구, 채종유 첨가구순으로 높게 나타났다.



**Fig. 1. Change in plasma saturated fatty acid content from swine fed experimental diets.**  
\*Values were significantly different against tallow group (p<0.05).

**Table 3. Feed intake, body weight gain and feed efficiency of swine fed experimental diet (50~110 kg)**

Item	Diets based on				SEM <sup>2)</sup>
	Tallow	Linsed oil	Canola oil	Mixed oil	
Feed intake (kg/day)	2.53	2.64	2.69	2.64	0.0184
Body weight gain (kg/day)	0.90	0.80	0.84	0.81	0.0878
Feed efficiency <sup>1)</sup>	2.81	3.30	3.20	3.25	0.1522

<sup>1)</sup>Feed intake/body weight gain. <sup>2)</sup>Stand error of mean values.

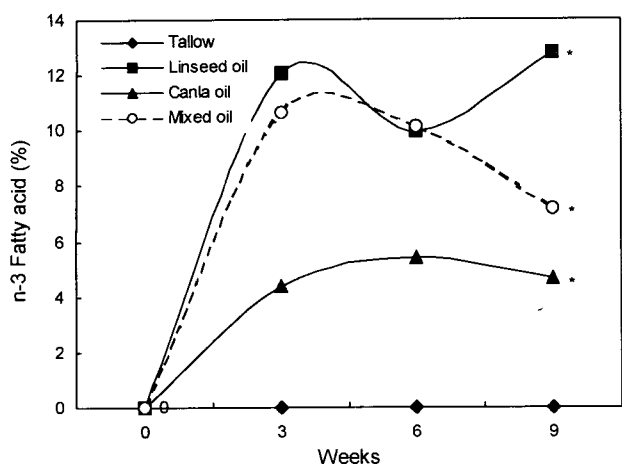


Fig. 2. Change in plasma n-3 polyunsaturated fatty acid content from swine fed experimental diets.

\*Values were significantly different against tallow group ( $p < 0.05$ ).

도살전 즉, 9주째에 조사된 혈액의 n-3 지방산 함량은 우지 첨가구는 검출되지 않았으나 아마인유 첨가구 12.83%, 혼합유 첨가구 7.19% 그리고 채종유 첨가구 5.21% 순으로 높게 나타났으며 처리구간 통계적인 유의차가 있었다( $p < 0.05$ ).

9주째에 조사된 혈액 포화지방산의 감소율은 Fig. 3과 같으며 혈액 n-3 지방산의 강화율은 Fig. 4와 같다. Fig. 3에서 보는 것처럼 혈액 포화지방산의 감소율은 우지 첨가구와 비교할 때 채종유 첨가구와 혼합유 첨가구가 각각 16.30%와 16.54%의 감소효과를 나타냈으며 아마인유 첨가구는 11.84%의 유의적인 감소효과를 나타냈다( $p < 0.05$ ). 9주째에 조사된 혈액 n-3 지방산의 증가율은 Fig. 4에서 보는 것처럼 우지 첨가구와 비교할 때 아마인유 첨가구 12.83%, 혼합유 첨가구 7.19% 그리고 채종유 첨가구 4.68% 수준까지 유의적으로 높아졌다( $p < 0.05$ ).

실험 최종일 강원도 원주 지역에 소재한 도축장에서 도축

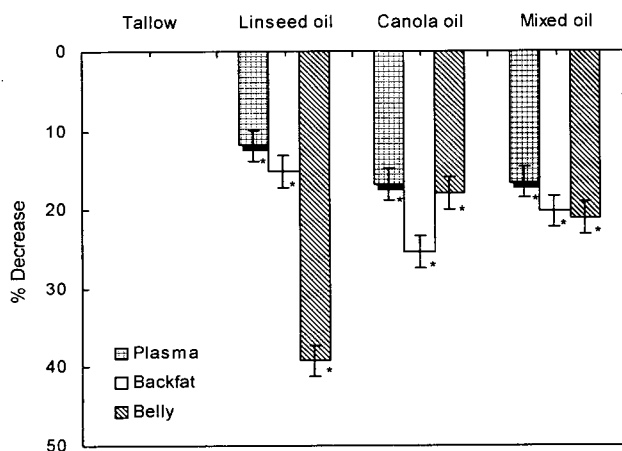


Fig. 3. % Decrease in saturated fatty acid in pork backfat and belly from swine fed experimental diets.

Bars represent standard error of mean values.

\*Values were significantly different against tallow group ( $p < 0.05$ ).

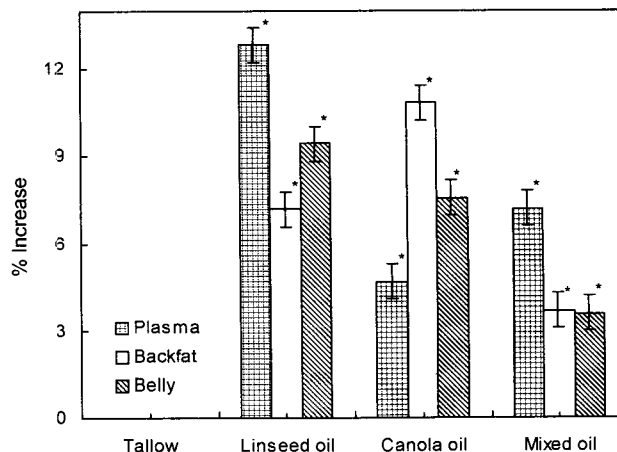


Fig. 4. % Increase in n-3 polyunsaturated fatty acid in pork backfat and belly from swine fed experimental diets.

Bars represent standard error of mean values.

\*Values were significantly different against tallow group ( $p < 0.05$ ).

한 후 등지방, 삼겹살 부위를 각각 채취하여 지방산 조성을 분석한 결과는 Table 4 및 Table 5에서 보는 바와 같다.

우지 첨가구의 등지방과 삼겹살 내 n-3계열 지방산은 각각 0.10%, 0.13%로 아주 낮은량이 검출되었으며 포화지방산의 함량은 고도불포화지방산 함량과 비교할 때 각각 19.86%와 42.74% 더 높게 나타났다. 등지방 내 포화지방산은 우지 첨가구가 38.57%로서 유의적으로 가장 높은 경향을 나타냈으며 고도불포화지방산은 채종유 첨가구가 29.56%로 가장

Table 4. Fatty acid composition of back fat from swine fed experimental diets (% of total fatty acid)

Fatty acid	Diets based on				SEM <sup>4)</sup>
	Tallow	Linseed oil	Canola oil	Mixed oil <sup>3)</sup>	
C14:0	2.43 <sup>a5)</sup>	1.04 <sup>b</sup>	1.18 <sup>b</sup>	1.30 <sup>b</sup>	0.1866
C16:0	21.88 <sup>a</sup>	21.98 <sup>a</sup>	16.61 <sup>c</sup>	18.39 <sup>b</sup>	1.3237
C16:1n-7	2.09	2.30	1.79	2.17	0.1808
C18:0	14.26 <sup>a</sup>	9.82 <sup>b</sup>	11.06 <sup>ab</sup>	11.17 <sup>ab</sup>	0.7455
C18:1n-9	44.97 <sup>b</sup>	46.20 <sup>a</sup>	37.78 <sup>c</sup>	44.99 <sup>b</sup>	1.8108
C18:2n-6	18.81 <sup>a</sup>	11.48 <sup>b</sup>	17.34 <sup>a</sup>	18.25 <sup>a</sup>	1.3056
C18:3n-6	-	-	-	-	-
C18:3n-3	0.10 <sup>d</sup>	7.16 <sup>b</sup>	10.85 <sup>a</sup>	3.69 <sup>c</sup>	1.2604
C20:1n-9	-	-	1.99	-	0.2857
C20:4n-6	-	-	1.37	-	0.1793
Total	100	100	100	100	-
SFA <sup>1)</sup>	38.57 <sup>a</sup>	32.84 <sup>b</sup>	28.85 <sup>d</sup>	30.86 <sup>c</sup>	1.1060
PUFA <sup>2)</sup>	18.81 <sup>c</sup>	18.64 <sup>c</sup>	29.56 <sup>a</sup>	21.94 <sup>b</sup>	0.8035
n-6	18.81 <sup>a</sup>	11.48 <sup>b</sup>	18.71 <sup>a</sup>	18.25 <sup>a</sup>	0.9304
n-3	0.10 <sup>d</sup>	7.16 <sup>b</sup>	10.85 <sup>a</sup>	3.69 <sup>c</sup>	1.2143
PUFA:SFA	0.48 <sup>c</sup>	0.56 <sup>c</sup>	1.02 <sup>a</sup>	0.71 <sup>b</sup>	0.0876
n-3:n-6	0.005 <sup>c</sup>	0.62 <sup>a</sup>	0.58 <sup>a</sup>	0.20 <sup>b</sup>	0.0096

<sup>1)</sup>Saturated fatty acid.

<sup>2)</sup>Polyunsaturated fatty acid.

<sup>3)</sup>Linseed oil 50 : canola oil 50.

<sup>4)</sup>Standard error of mean values.

<sup>5)</sup>Mean values within a same row with unlike superscript letters were significantly different ( $p < 0.05$ ).

**Table 5. Fatty acid composition of pork belly from swine fed experimental diets** (% of total fatty acid)

Fatty acid	Diets based on				SEM <sup>4)</sup>
	Tallow	Linseed oil	Canola oil	Mixed oil <sup>3)</sup>	
C14:0	4.80 <sup>a5)</sup>	1.80 <sup>c</sup>	3.13 <sup>b</sup>	3.15 <sup>b</sup>	0.3353
C16:0	41.47 <sup>a</sup>	20.14 <sup>d</sup>	32.56 <sup>b</sup>	28.92 <sup>c</sup>	2.3066
C16:1n-7	4.31 <sup>a</sup>	2.25 <sup>c</sup>	3.61 <sup>b</sup>	3.44 <sup>b</sup>	0.2234
C18:0	8.12 <sup>b</sup>	11.19 <sup>a</sup>	9.09 <sup>b</sup>	10.97 <sup>a</sup>	0.3878
C18:1n-7	29.39 <sup>c</sup>	41.43 <sup>a</sup>	32.68 <sup>b</sup>	33.47 <sup>b</sup>	1.3335
C18:2n-6	11.78 <sup>c</sup>	13.76 <sup>b</sup>	11.38 <sup>c</sup>	16.46 <sup>a</sup>	0.6065
C18:3n-6	-	-	-	-	-
C18:3n-3	0.13 <sup>d</sup>	9.43 <sup>a</sup>	7.56 <sup>b</sup>	3.59 <sup>c</sup>	1.0983
C20:1n-9	-	-	-	-	-
C20:4n-6	-	-	-	-	-
Total	100	100	100	100	-
SFA <sup>1)</sup>	54.39 <sup>a</sup>	33.13 <sup>d</sup>	44.78 <sup>b</sup>	43.04 <sup>c</sup>	2.2877
PUFA <sup>2)</sup>	11.78 <sup>d</sup>	23.19 <sup>a</sup>	18.94 <sup>c</sup>	20.05 <sup>b</sup>	0.9115
n-6	11.78 <sup>c</sup>	13.76 <sup>b</sup>	11.38 <sup>c</sup>	16.46 <sup>a</sup>	0.6065
n-3	0.13 <sup>d</sup>	9.43 <sup>a</sup>	7.56 <sup>b</sup>	3.59 <sup>c</sup>	1.0983
PUFA:SFA	0.22 <sup>c</sup>	0.70 <sup>a</sup>	0.42 <sup>b</sup>	0.47 <sup>b</sup>	0.0755
n-3:n-6	0.01 <sup>c</sup>	0.68 <sup>a</sup>	0.66 <sup>a</sup>	0.22 <sup>b</sup>	0.0031

<sup>1)</sup>Saturated fatty acid.  
<sup>2)</sup>Polyunsaturated fatty acid.  
<sup>3)</sup>Linseed oil 50:canola oil 50.  
<sup>4)</sup>Standard error of mean values.  
<sup>5)</sup>Mean values within a same row with different superscript letters were significantly different (p<0.05).

높게 나타났다. 또한 n-3계열 지방산인 α-linolenic acid의 함량은 채종유 첨가구에서 10.85%로 가장 높게 나타났으며 각 처리구간 통계적 유의차가 있었다(p<0.05). 등지방의 고도불포화지방산:포화지방산 비율은 우지 첨가구가 0.48로 가장 낮았고 아마인유 첨가구 0.56, 혼합유 첨가구 0.71 그리고 채종유 첨가구 1.02순으로 높게 나타났다. n-3:n-6 비율은 우지 첨가구가 0.005로 가장 낮았고 아마인유 첨가구 0.62, 채종유 첨가구 0.58 및 혼합유 첨가구 0.20순으로 높게 나타났다(p<0.05). 삼겹살 내 포화 지방산은 우지 첨가구가 54.52%로서 유의적으로 가장 높은 경향을 나타냈으며 고도불포화 지방산은 아마인유 첨가구가 23.19%로 가장 높게 나타났다. 또한 n-3계열 지방산인 α-linolenic acid의 함량은 아마인유 첨가구가 9.43%로 가장 높게 나타났으며 처리구간 통계적 유의차가 있었다(p<0.05). 삼겹살의 고도불포화지방산:포화지방산 비율은 우지 첨가구가 0.21로 가장 낮았고 아마인유 첨가구 0.70, 혼합유 첨가구 0.46 및 채종유 첨가구 0.42순으로 높게 나타났다. n-3:n-6 비율은 아마인유 첨가구가 0.68, 채종유 첨가구 0.66, 혼합유 첨가구 0.22 그리고 아마인유 첨가구 1.46 순으로 높았고 우지 첨가구는 0.01로 가장 낮았다(p<0.05).

등지방과 삼겹살의 포화지방산 감소율은 Fig. 3과 같으며 n-3 지방산 증가율은 Fig. 4에서 보는 바와 같다. 포화지방산 함량은 우지 첨가구와 비교하였을 때 등지방의 경우 채종유 첨가구 25.20%, 혼합유 첨가구 19.98%, 아마인유 첨가구 14.85% 순으로 감소하였고, 삼겹살은 아마인유 첨가구 39.08%,

혼합유 첨가구 20.86%, 채종유 첨가구 17.70% 순으로 유의적인 감소를 나타냈다(p<0.05)(Fig. 3). n-3 지방산 함량은 우지 첨가구와 비교할 때 등지방의 경우 채종유 첨가구 10.85%, 아마인유 첨가구 7.16%, 혼합유 첨가구 3.69% 순으로 증가하였고, 삼겹살은 아마인유 첨가구 9.43%, 채종유 첨가구 7.56%, 그리고 혼합유 첨가구 3.59% 순으로 증가하였다(p<0.05)(Fig. 4).

예상했던 것처럼, 돼지사료 내 고도불포화지방산으로서 n-3 지방산 공급원인 식물성기름의 첨가급여 사양은 돼지고기 등지방과 삼겹살 내 고도불포화지방산과 n-3 지방산 함량을 높였다. 실제로 사료 내 n-3 지방산의 공급원은 흰쥐(18), 돼지(19-22) 및 닭(23-25)에서 체조직 지질속으로 효율적으로 전환되었다. 일반적으로 우지를 섭취한 돼지의 혈액, 등지방 및 삼겹살의 포화지방산 함량은 증가하였고 고도불포화지방산 함량은 유의적으로 감소하였다. 지방산 조성의 이러한 변화는 주로 14:0, 16:0 그리고 18:0 농도 증가와 동시에 18:2n-6 및 18:3n-3 농도의 감소에 기인하였다. Cherian과 Sim(20)은 육성돈 사료에 10%의 flax seed를 첨가 급여한 결과 대조구에 비해서 돈육의 고도불포화지방산:포화지방산 비율을 높였고, 동물성지방을 식물성기름으로 바꿔주게 되면 돼지고기의 지질내 불포화지방산 함량이 높아지며 식물성기름과 동물성지방을 함께 첨가 급여하게 되면 불포화지방산:포화지방산의 비율은 비슷하게 나타난다(22,26,27). 사료내 포화지방산 함량을 낮추고 고도불포화지방산:포화지방산 비율과 n-3:n-6 비율을 높여주면 동물의 조직내 n-3 지방산과 고도불포화지방산의 함량을 높임과 동시에 이들 지방산비율을 높일 수 있다(18). 한편 n-3계열의 모지방산인 α-linolenic acid의 최종 대사물인 DHA는 어유 급여로 돼지고기 내 총 n-3 지방산을 유의적으로 축적시킬 수 있으나 돈육에서 비린내를 느낄 수 있어(13) 바람직한 방법으로 권장되지는 않고 있다. 단위동물에서 혈액 및 조직 내 지방산 조성은 사료지방산 조성을 그대로 반영하며 고도불포화지방산인 n-3와 n-6계열의 지방산은 생체대사시서로 경쟁적으로 동일한 효소체계의 작용을 제어하며 상호간 생합성이 전혀 불가능하다(19,22,24,26,27). 따라서 사료내 18:2n-6가 풍부한 우지 첨가구로부터 등지방과 삼겹살 지질속으로 18:3n-3로의 전환은 불가능하며 이러한 이유 때문에 우지 첨가구의 등지방과 삼겹살 지질에서 18:3n-3가 극미량으로 검출된 것이다. 한편 우지 첨가구의 등지방과 삼겹살 지질에서 18:3n-3가 0.10%와 0.13%로서 극미량 나타난 것은 사료내 첨가된 식물성 곡류의 배아 부분에 들어 있을 것으로 추정되는 18:3n-3의 미량 섭취에 기인한 것으로 볼 수 있으나 설명하는 것이 어렵다.

돼지고기에서 고도불포화지방산:포화지방산 비율 그리고 n-3:n-6 비율이 닭고기, 쇠고기에 비해서 낮다는 것은 잘 알려져 있다. 본 연구에서 나타난 아마인유와 채종유 첨가 급여구의 돼지고기 삼겹살내 n-3 지방산 함량 9.43% 축적

및 고도불포화지방산:포화지방산 비율 0.70 그리고 n-3:n-6 비율 0.68로서 증가된 것은 높은 포화지방산 때문에 삼겹살 섭취를 기피하려는 소비자들에게 축산식품 내 고도불포화지방산과 기능성 n-3지방산의 섭취를 늘려 줄 수 있는 기회를 제공해 줄 수 있다. 결론적으로 본 연구결과는 돼지에 대한 급여사료 내 아미노유와 채종유 첨가가 n-3 지방산이 강화된 돼지고기를 얻을 수 있으며 사람에서 n-3 지방산의 잠재적 건강 이익을 얻는데 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

## 요 약

본 연구는 아미노유와 채종유내에 들어있는 n-3 지방산의 돈육내 축적효과를 조사하기 위해 실시하였다. 3원 교잡종 수퇘지(체중 50 kg) 12마리를 이용하여서 4가지 실험사료중 한가지를 급여하였으며 실험사료는 우지, 아미노유, 채종유 또는 아미노유와 채종유의 혼합유를 함유하였다. 110 kg 시판 체중 도달시에 희생하였다. 아미노유와 채종유속에 들어있는 n-3 지방산은 돼지의 일당증체량, 사료섭취량 및 사료효율에 아무런 영향을 미치지 않았다. 혈액 포화지방산 함량은 우지 첨가구가 가장 높았고 아미노유 첨가구, 채종유 첨가구 또는 혼합유 첨가구는 우지 첨가구보다 11.84%~16.54% 낮게 나타났다( $p < 0.05$ ). 혈액 n-3 지방산 함량은 우지 첨가구에서는 거의 검출되지 않았으나 아미노유 첨가구, 채종유 첨가구 또는 혼합유 첨가구는 우지 첨가구보다 4.68%~12.83% 높게 나타났다( $p < 0.05$ ). n-3 고도불포화지방산을 함유하는 3가지 지질 급원 모두는 우지 첨가구에 비교하여 돼지고기 삼겹살 내  $\alpha$ -linolenic acid(18:3n-3) 함량을 9.43%까지 유의적으로 높였다( $p < 0.05$ ). 아미노유 또는 채종유 급여는 삼겹살내 n-3:n-6 비율을 0.68로 높였으며 고도불포화지방산:포화지방산 비율은 0.70으로 증가시켰다. 결론적으로 아미노유와 채종유 급여에 의해 n-3지방산이 강화된 새로운 기능성 돈육을 생산할 수 있음을 보여주었다.

## 감사의 글

본 연구는 2003년도 (주)굿팜의 연구비 지원으로 수행되었으며 기기분석 및 동물실험에 협조를 해준 강원대학교 동물자원공동연구소 그리고 대학원생 한광희, 박태준 군에게 감사드립니다.

## 문 헌

1. Wachi AM, Sinclair LA, Wilkinson RG, Enser M, Wood JD, Fisher AV. 2002. Effect of dietary fat source and breed on the carcass composition, n-3 polyunsaturated fatty acid and conjugated linoleic acid content of sheep meat and adipose tissue. *Brit J Nutr* 88: 697-709.
2. Sandstrom B, Bugel S, Lauridsen C, Nielsen F, Jensen C, Skibsted LH. 2000. Cholesterol-lowering potential in human subjects of fat from pigs fed rapeseed oil. *Brit J Nutr* 84: 143-150.
3. Stewart JW, Kaplan ML, Beitz DC. 2001. Pork with a high content of polyunsaturated fatty acid lowers LDL cholesterol in women. *Am J Clin Nutr* 74: 179-187.
4. Ginsberg HN, Karmally W, Barr M, Johnson C, Holleron S, Ramakrishnan R. 1994. Effect of increasing dietary polyunsaturated fatty acids. *Arterioscler Thromb* 14: 892-901.
5. Nestel PJ. 1987. Polyunsaturated fatty acids (n-3, n-6). *Am J Clin Nutr* 45: 1161-1167.
6. Bragagnolo N, Rodriguez DB. 2002. Simultaneous determination of total lipid, cholesterol and fatty acids in meat and backfat of suckling and adult pigs. *Food Chem* 79: 255-260.
7. Connor WE. 2000. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *Am J Clin Nutr* 71: 171S-175S.
8. Susan SO, Romans JR, Marchello MJ, Izard RS, Crews MG, Simon DM, Costello WJ, Evenson PD. 1997. Fatty acid composition of commercially manufactured omega-3 enriched pork products, haddock, and mackerel. *J Anim Sci* 75: 2335-2343.
9. Romans JR, Johnson RC, Wulf DM, Libal GW, Costello WJ. 1995. Effect of ground flaxseed in swine diets on pig performance and on physical and sensory characteristics and omega-3 fatty acid content of pork. *J Anim Sci* 73: 1982-1986.
10. Sinclair AJ, Attar-Bashi NM, Li D. 2002. What is the role of  $\alpha$ -linolenic acid for mammals? *Lipids* 37: 1113-1123.
11. Kinsella JE. 1988. Food lipids and fatty acids: Importance in quality nutrition and health. *Food Technol* 42: 124-144.
12. Soler-velasquez MP, Brendemuhl JH, McDowell LR, Shepard KA, Johnson DD, Williams SN. 1998. Effect of supplemental vitamin E and canola oil on tissue tocopherol and liver fatty acid profile of finishing swine. *J Anim Sci* 76: 110-117.
13. Overland M, Taugbol O, Haug A, Sundstol E. 1996. Effect of fish oil on growth performance carcass characteristics, sensory parameters and fatty acid composition in pigs. *J Anim Sci* 46: 11-22.
14. Tinoco J. 1982. Dietary requirements and functions of  $\alpha$ -linolenic acid in animals. *Prog Lipid Res* 21: 1-45.
15. Folch J, Lees M, Stanley GAS. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J Biol Chem* 226: 497-509.
16. 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.
17. SAS Institute. 2000. SAS User's Guide: Statistics. Version 8 edition. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.
18. Hwang DH, Boudreau M, Chanmugam P. 1988. Dietary linolenic acid and longer-chain n-3 fatty acids: Comparison of effects on arachidonic acid metabolism in rats. *J Nutr* 118: 427-432.
19. Weiner BH, Ockene IS. 1986. Inhibition of atherosclerosis by cod-liver oil in a hyperlipidemic swine model. *N Engl J Med* 315: 841-846.
20. Cherian G, Sim JS. 1995. Dietary alpha-linolenic acid alters the fatty acid composition of lipid classes in swine tissues. *J Agri Food Chem* 43: 2911-2923.
21. Romans JR, Johnson RC, Wulf DM, Libat FW, Costello WJ. 1995. Effects of ground flaxseed in swine diets on pig performance and on physical and sensory characteristics and omega-3 fatty acid content of pork. I. dietary level of flaxseed. *J Anim Sci* 73: 1982-1998.
22. Rhee KS, Ziprim YA, Ordonez G, Bohac CE. 1988. Fatty acid profiles of the total lipids and lipid oxidation in pork muscles as effected by canola oil in the animal diet and

- muscle location. *Meat Sci* 20: 201-211.
23. Lopez-Ferrer S, Baucells MD, Barroeta AC, Grashorn MA. 2001. n-3 Enrichment of chicken meat. 1. Use of very long-chain fatty acids in chicken diets and their influence on meat quality: fish oil. *Poultry Science* 80: 741-752.
  24. Hwang ZB, Leobpvitz H, Lee CM, Millar R. 1990. Effect of dietary fish oil on  $\omega$ -3 fatty acid levels in chicken eggs and thigh flesh. *J Agri Food Chem* 38: 743-751.
  25. Krasicka B, Kulas GW, Swierczewska E, Orze chowski A. 2000. Body gains and fatty acid composition in carcasses of broilers fed diets enriched with full-fat rape seed and or flax seed. *Archiv Fur Geflugelkunde* 64: 61-69.
  26. Sterling LG, Fader GM, Gutowski BH, Halbrendt CK. 1994. The effect of source and level of dietary fat on the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in swine. *Proc Anim Sci* 10: 11-23.
  27. Larick DK, Tmer BE, Schoenherr WD, Correy MT, Pilkington DH. 1992. Volatile compound content and fatty acid composition of pork as influenced by linolenic acid content of the diet. *J Anim Sci* 70: 1397-1415.

(2004년 7월 5일 접수; 2004년 10월 18일 채택)