

## Conjugated Linoleic Acid (CLA) 급여량과 급여기간이 돈육의 CLA 함량 및 혈액성상에 미치는 영향

이정일 · 최진성 · 박준철 · 박종대 · 김영화 · 문홍길\* · 주선태\*\* · 박구부\*\*

농촌진흥청 축산기술연구소, \*농촌진흥청, \*\*경상대학교 축산과학부

## Effects of Conjugated Linoleic Acid Feeding Levels and Periods on CLA Content and Blood Characteristics of Pork

J. I. Lee, C. S. Choi, J. C. Park, J. D. Park, Y. H. Kim, H. K. Moon\*,  
S. T. Joo\*\* and G. B. Park\*\*

National Livestock Research Institute, RDA, \*Rural Development Administration,  
\*\*Division of Animal Science, Gyeongsang National University

### Abstract

The CLA used to add in diet was chemically synthesized by alkaline isomerization method with corn oil. To investigate the effects of conjugated linoleic acid (CLA) added diet feeding on CLA accumulation and blood characteristics of pork, a total of 64 Landrace was fed both CLA-free and CLA-added (0.3, 0.6 and 0.9%) diet for 1~4 weeks. Cholesterol compositions in blood and CLA contents and fatty acid compositions of loin, belly, bone and skin were determined at 1, 2, 3 and 4 weeks after CLA added at fed.

The HDL content in blood of all treatments was higher ( $P < 0.05$ ) than that of control and that of treatment 3 was higher ( $P < 0.05$ ) than that of other treatments among the CLA feeding periods. Palmitic, stearic and linolenic acids composition of loin and belly was increased but oleic, linoleic and arachidonic acids composition of them was decreased according to increasing the CLA feeding periods. CLA contents of loin and belly were higher than that of control and increased according to increasing the quantity of CLA and CLA feeding periods. CLA contents of bone and skin were higher than that of control, too. CLA content of skin was higher than that of bone.

It was suggested that CLA could be accumulated in loin, belly, bone and skin by dietary CLA supplementation, and the CLA concentration and fatty acid composition in muscle could be affected by CLA level in diet and feeding period.

Key words : conjugated linoleic acid, fatty acid composition, pork.

### 서 론

식품에 대한 소비자들의 인식이 변화되고 건강을 증시하는 소비자들은 지방함량이 높은 제품을 기피하게 되었고 이에 대한 타개책으로 저지방, 저 콜레스테롤 제품으로 선전되는 건강 지향적인 제품이 소비자의 관심을 끌고 있다. 이러한 관점에서 육제품의 지방함량을 낮

추거나 불포화지방산 함량이 높은 식물성 기름을 이용한 연구가 계속되고 있다. 특히 축산식품이 성인병에 주요 원인으로 알려지면서 이를 타개하기 위한 기능성 축산식품을 개발하려는 다양한 노력들이 있어 왔다. 그러나 많은 기능성 물질들의 효과는 일부에 국한되어 널리 이용되지 못하고 있는 실정이다.

최근 관심의 대상이 되고 있는 다기능성 지질 산소체인 CLA (conjugated linoleic acid)는 필수지방산인 linoleic acid의 이성체로서, linoleic acid를 함유하는 중성지질을 hydrogenation 할 때에 미량으로 생성된다고 보고하였다.<sup>(1)</sup> 또한 CLA는 반추동물의 반추위에 서식하는 혐기

Corresponding author : Gu-Boo Park, Meat Science Laboratory, Department of Animal Science, College of Agriculture, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea.

성 세균인 *Butyrivibrio fibrisolvens*에 의해 linoleic acid로부터 소량 생성되고<sup>(2)</sup>, 반추위를 갖는 동물에서 유래한 제품 즉, 쇠고기나 우유를 비롯한 유제품에 다량 함유되어 있다.

CLA는 1987년 개발되어 현재까지 수많은 연구가 수행되고 있으며, 최근에 생리활성물질 중에서 가장 활발하게 연구되고 있는 물질이다. 최근까지 밝혀진 CLA의 생리활성 기능은 함암효과<sup>(3-12)</sup>, 면역증강 효과<sup>(13-15)</sup>, 항산화 작용<sup>(15-18)</sup>, 항콜레스테롤 효과<sup>(14,19,20)</sup>, 체지방 감소효과<sup>(21,22)</sup>, growth factor<sup>(23)</sup>, bone metabolism<sup>(24)</sup>, 당뇨병의 예방 및 치료효과<sup>(25)</sup>, 항균효과<sup>(26-28)</sup> 등이 밝혀졌다.

CLA 이성체 중 c9-t11 이성체는 인간의 혈액 중 약 10ppm이 존재하며<sup>(13)</sup>, 이것이 모유로 전이되면 총 지질의 약 0.14~0.28%를 차지한다고 하였다<sup>(29)</sup>. 또한 CLA는 동물실험에서 혈중 총 콜레스테롤, 중성지방 및 LDL (low density lipoprotein) 콜레스테롤을 현저히 낮춘다고 보고하였다<sup>(20)</sup>.

국내 돈육소비 시장은 점차 고급·브랜드화되고 있는 추세이기 때문에 이러한 소비형태를 보았을 때 CLA와 같은 다기능성 물질을 다량 함유한 육의 개발은 국내 소비자들의 기호를 충족시킬 수 있을뿐만 아니라 내수시장의 소비를 촉진할 것이다. 따라서 본 연구에서는 CLA를 비육돈 후기사료에 급여기간(1, 2, 3, 4주)과 급여수준(0, 0.3, 0.6, 0.9% CLA)을 달리하여 급여한 후 혈액성상을 조사하고 또한 일괄적으로 도축하여 등심, 삼겹, 뼈 및 껍질 부위를 실험재료로 공시하였고 CLA 함량과 지방산 조성변화를 조사하여 고

품질, 다기능성 돈육 생산 가능성을 알아보고자 실험을 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 공시동물, 급여사료 및 사양관리

축산기술연구소 사천지소에서 사육중인 평균 체중이 80~85 kg 랜드레이스 52두를 각 처리구 마다 4두 이상씩 배치하여 대조구는 출하 체중인 105~110 kg까지 비육말기 사료를 사료회사로부터 구입하여 급여하였으며, 실험 1은 다음과 같다. 처리구 1은 사료회사로부터 구입한 사료의 지질원에 대하여 CLA를 12% 대체(0.3% CLA : 사료대비 순수 CLA 첨가량)하였으며, 처리구 2는 24%(0.6% CLA), 처리구 3은 36%(0.9% CLA) 대체하여 1주간 급여하고, 실험 2는 실험 1과 같은 조건으로 2주간 급여하였으며, 실험 3은 3주간 그리고 실험 4는 4주간 급여한 후 일괄적으로 도축하여 등심, 삼겹, 뼈 및 껍질 부위를 실험재료로 공시하였으며, 급여된 사료의 사료성분 및 조성은 Table 1과 같다.

CLA 합성은 linoleic acid 함량이 52%인 식용유를 이용하였으며, 최종 회수한 CLA는 순도가 50%인 9-cis, 11-trans octadecadienoic acid isomer를 합성하였다.

### 시험구 설정

CLA를 지질원 5%수준에 대하여 대체수준을 달리하여 시험구를 3 처리구로 설정하였으며, 대조구는 출하 4주전부터 출하시(체중 105

Table 1. Formula and chemical composition of experiment diet

Raw Material or Ingredients	%	Volume	100.00	CA-PH	0.06
Yel Corn(PRC)	58.51	DM	87.17	INDEX	8.75
Wheat Bran Loc	10.00	PROT	14.57	PEL F	38.53
Soybean Meal 44% Loc	19.04	FAT	7.48	DEN	646.21
Clacium phosphate-25/18	2.60	FIB	3.58	MOIST	12.83
Salt Fine	0.30	ASH	5.29	HOG DE	3429.76
Pig Vitamin 2	0.30	CAL	0.90	HG DCP	12.05
Pig Mineral 2	0.25	PHO	0.84	T LYN	0.76
Lq Animal Fat	5.00	AV pH	0.53	H LYN	0.64
Lq Molasses Cane	4.00	*CLA/PHO	1.08	T ARG	0.95
Total	100.00				

~110kg)까지 비육말기 탈지사료를 부경양돈 조합 사료공장으로부터 구입하여 분말우지 5%를 지질원으로 급여하였으며, 0.3% CLA (CLA 순도 50%) 처리구는 분말우지 4.4%에 0.6%의 CLA를 혼합하여 급여하였으며, 0.6% CLA 처리구는 지질원에 3.8%를 분말우지 + 1.2%를 합성 CLA를 혼합하여 급여하였으며, 0.9% CLA 처리구는 지질원에 대하여 3.2%를 분말우지 + 1.8%를 합성 CLA를 혼합하여 각 처리구마다 급여기간을 1, 2, 3 및 4주간 달리 급여한 후 혈액을 채취하여 혈액성상을 조사하고, 또한 각 처리구마다 4두씩 일괄적으로 도축하여 등심, 삼겹, 뼈 및 껍질 부위의 지방산 조성 및 CLA 축적율을 조사하였다.

### 조사항목 및 분석방법

#### 1) 혈액성상의 분석

혈액을 채취한 후 20ml tube에 넣은 다음 3,000 rpm에서 10분간 원심분리시킨 후 혈청만을 분리 채취하여 high density lipoprotein (HDL), low density lipoprotein (LDL), total cholesterol (TC) 함량을 효소 kit(영연화학주식회사, 일본)를 이용하여 흡광도로 측정하였다.

#### 2) 지방산 조성 분석

지질 추출은 Folch 등<sup>(30)</sup>의 방법으로 chloroform과 methanol로 추출하였다. 시료 25g에 Folch 용액(CHCl<sub>3</sub> : CH<sub>3</sub>OH = 2:1) 180 ml와 BHA 500  $\mu$ l를 넣고 균질기(2,500 rpm)로 1분간 균질화시킨 다음 0.08% NaCl 50 ml를 첨가하여 30초간 흔들어 혼합한 후 3,000rpm에서 10분간 원심분리시켰다. 상층은 aspiration을 통하여 제거하고 하층은 funnel filter paper에 sodium anhydrous sulfate를 첨가하여 filtering 하였다. 추출물은 rotary evaporator에서 농축시키고 N<sub>2</sub>하에서 남은 용매를 제거하였다.

메틸레이션은 Folch 등<sup>(30)</sup>의 방법으로 추출한 지질 80mg과 0.4mg의 tricosanoic acid methyl esters (0.4mg/ml hexane, internal standard)를 screw-capped test tube에 넣고 질소 충전 하에서 용매를 제거한 후 0.5N NaOH(in methanol) 1ml를 넣고 90°C에서 7분 동안 가수분해시킨 다음 실온(22°C)에서 5분 동안 냉각

Table 2. GLC conditions for analysis of CLA and total fatty acids compositions

Item	Conditions
Instrument	Hewlett Packard 5890 Gas chromatography
Column	Supelcowax 10 fused silica capillary column 60m×0.32 i.d
Temperature program	5°C/min Flame Ionization Detector(FID)
Detector	50°C
Initial temperature	1min
Initial time	
Final temperature	200°C
Final time	40min
Injector	
temperature	270°C
Detector	
temperature	270°C
Carrier gas	He
Split ratio	90 : 1

시켰다. 유리 지방산은 14% boron trifluoride(in methanol) 1ml를 첨가하여 90°C에서 10분간 methylation 시킨 후 30분간 실온에서 냉각시켰다. Hexane 2ml와 증류수 2ml를 넣고 GLC 분석을 위하여 상층에서 1ml를 회수하여 GLC로 분석 전까지 냉동고에서 보관하였다.

#### Gas Chromatographic analysis

Conjugated linoleic acid methyl esters와 total fatty acid의 함량을 구하기 위해 회수한 sample 0.5  $\mu$ l를 split injection port에 injection 하였고 이때의 GLC 조건은 Table 2와 같다.

#### 통계분석

실험에서 얻어진 성적은 SAS/PC<sup>(31)</sup>을 이용하여 분산분석 및 Duncan의 다중검정을 실시하였다.

### 결과 및 고찰

CLA 급여수준과 급여기간에 따른 혈액성상의 변화 CLA를 지질에 대체하여 비육시킨 돼지

Table 3. Effects of storage(4°C) on HDL, LDL, VLDL of pork fed various levels of dietary CLA for 4 weeks (mg/dl)

Items	Treatment <sup>1)</sup>	Feeding periods(Weeks)			
		1	2	3	4
HDL	Control	27.3±2.4 <sup>c</sup>	27.3±2.4 <sup>c</sup>	27.3±2.4 <sup>c</sup>	27.3±2.4 <sup>d</sup>
	0.3%	37.5±4.8 <sup>Bb</sup>	31.5±2.9 <sup>Bc</sup>	45.5±3.2 <sup>Ab</sup>	48.9±0.4 <sup>Ab</sup>
	0.6%	39.8±6.3 <sup>b</sup>	39.8±3.3 <sup>b</sup>	45.2±9.0 <sup>b</sup>	41.4±2.3 <sup>c</sup>
	0.9%	54.6±3.7 <sup>a</sup>	58.9±6.5 <sup>a</sup>	57.2±1.9 <sup>a</sup>	58.7±2.8 <sup>a</sup>
LDL	Control	607.2±41.3	607.2±41.3	607.2±41.3 <sup>b</sup>	607.2±41.3
	0.3%	660.3±25.7 <sup>AB</sup>	670.1±71.3 <sup>AB</sup>	735.0±55.7 <sup>Aa</sup>	591.5±14.8 <sup>B</sup>
	0.6%	642.6±103.3 <sup>A</sup>	681.9±20.7 <sup>A</sup>	591.5±32.5 <sup>ABb</sup>	516.8±3.4 <sup>B</sup>
	0.9%	544.4±144.1	609.2±67.8	566.0±90.8 <sup>b</sup>	672.1±16.0
VLDL	Control	47.2±8.3 <sup>a</sup>	47.2±8.3 <sup>a</sup>	47.2±8.3 <sup>a</sup>	47.2±8.3 <sup>a</sup>
	0.3%	26.3±3.0 <sup>Ab</sup>	11.8±5.9 <sup>Bc</sup>	19.7±3.4 <sup>ABb</sup>	25.5±6.8 <sup>Ab</sup>
	0.6%	17.7±5.9 <sup>Ab</sup>	11.3±0.5 <sup>Bc</sup>	18.5±0.9 <sup>Ab</sup>	5.6±0.5 <sup>Bc</sup>
	0.9%	17.5±0.3 <sup>Ab</sup>	26.3±3.0 <sup>Ab</sup>	13.0±2.1 <sup>Bb</sup>	16.7±4.5 <sup>Bb</sup>

<sup>1)</sup> Control: fat content basis; 0.3% CLA: 0.3% CLA replaced with fat content basis; 0.6% CLA: 0.6% CLA replaced with fat content basis; 0.9% CLA: 0.9% CLA replaced with fat content basis.

AB Means with different superscript in the same row are significantly differ at p<0.05.

abc Means with different superscript in the same column are significantly differ at p<0.05.

의 혈액성상을 비교한 결과는 Table 3과 같다.

CLA 급여수준과 급여기간을 달리하여 급여하였을 때 혈액 내 HDL과 LDL, VLDL 함량을 보면 HDL의 경우 1, 2, 3 및 4주간 급여기간 동안 대조구에 비교해 CLA 급여구가 유의적으로 높은 HDL 함량을 나타내었으며(P<0.05), 급여수준간의 비교에서는 0.9% 급여구가 가장 높은 HDL 함량을 나타내어(P<0.05), CLA를 급여시 HDL의 함량을 높일 수 있을 것으로 사료된다. 혈액내의 LDL과 VLDL은 콜레스테롤과 콜레스테롤 ester의 함량이 매우 높게 나타나고, 이것이 세포내에 흡수되면 동맥경화증을 유발하기도 하는데, 그 원인은 LDL 입자가 동맥세포막에 결합하고, 여기에 콜레스테롤이 동맥벽 표면에 계속 침착되어 생기는 것으로 추측된다. 그러나 HDL은 입자의 안쪽에 있는 소수성 영역에 콜레스테롤을 함유하고 있으므로 동맥세포막에 콜레스테롤이 침착되는 것이 방지된다. 그러므로 생체내에 HDL의 함량이 높을수록 동맥경화증이나 심장질환에 대한 위험이 낮아진다고<sup>(32)</sup> 보고하였다. LDL 함량을 보

면 0.3% 급여구와 0.6% 급여구에서 급여기간이 증가할수록 유의적으로 낮은 LDL 함량을 나타내어(P<0.05) CLA 급여로 인해 혈중 LDL 함량을 낮출 수 있을 것으로 사료된다. 다른 연구에서는 불포화 지방산이 혈액의 콜레스테롤 수치를 낮춘다고 보고하였는데<sup>(33)</sup>, CLA와 같은 불포화 지방산을 급여시 동물의 혈중 LDL 함량을 낮출 수 있을 것으로 사료된다. Nicolosi<sup>(20)</sup>는 CLA가 심장혈관질환에 미치는 효과에 대한 연구결과에서 햄스터에 CLA 수준을 열량의 0.1~2.0%로 첨가하였을 때 LDL-콜레스테롤 수준과 대동맥 경화증이 확실히 감소된다는 결과를 얻었다고 보고하였다. CLA 급여하였을 때 혈중 VLDL 함량의 변화를 보면 1, 2, 3 및 4주 급여기간동안 대조구에 비하여 CLA 급여구가 유의적으로 낮은 VLDL 함량을 나타내었으며(P<0.05), 0.6% 급여구에서는 4주 급여구가 유의적으로 낮은 VLDL 함량을 나타내었다(P<0.05). 小菴義樹 등<sup>(34)</sup>은  $\omega$ 3와  $\omega$ 6 계통의 지방산이 동일계의 효소체계를 거치게 되면 혈액내 콜레스테롤 저하효과 및

Table 4-1. Fatty acid of pork loin fed various levels of dietary CLA for 1, 2 weeks

(mg/g fat)

Feeding weeks	Fatty acid	Treatment <sup>1)</sup>			
		Control	0.3% CLA	0.6% CLA	0.9% CLA
1	C14:0	12.87	13.16	12.55	12.42
	C16:0	256.05	259.27	264.38	270.30
	C16:1	26.85	27.56	28.45	24.51
	C18:0	150.78	153.24	156.32	156.61
	C18:1	407.56	397.42	387.21	381.64
	C18:2	87.25	87.62	86.32	84.40
	C18:3	42.26	43.82	47.43	49.50
	CLA	0.15	3.04	3.68	6.82
	C20:4	16.23	14.87	13.67	13.48
	∑SFA <sup>2)</sup>	419.70	425.67	433.25	439.65
	∑UFA <sup>3)</sup>	580.30	574.33	566.76	560.35
2	C14:0	12.87	13.16	11.55	12.74
	C16:0	256.05	258.61	260.52	264.35
	C16:1	26.85	27.56	28.45	24.51
	C18:0	150.78	157.24	158.34	160.42
	C18:1	407.56	390.20	388.21	384.91
	C18:2	87.25	89.32	86.32	83.12
	C18:3	42.26	44.21	46.30	47.52
	CLA	0.15	3.83	5.75	7.46
	C20:4	16.23	15.87	14.56	14.97
	∑SFA	419.70	429.01	430.41	437.51
	∑UFA	580.30	570.99	569.59	562.49

<sup>1)</sup> Control: fat content basis; 0.3% CLA: 0.3% CLA replaced with fat content basis; 0.6% CLA: 0.6% CLA replaced with fat content basis; 0.9% CLA: 0.9% CLA replaced with fat content basis.

<sup>2)</sup> SFA : Saturated Fatty Acid.

<sup>3)</sup> UFA : Unsaturated Fatty Acid.

에이코사노이드 대사체계에서 경쟁적인 제어 작용으로 생리활성에 강한 영향을 주기 때문이라고 하였는데, 이러한 작용에 의해 CLA와 같은 지방산 급여시 혈액 내 LDL이나 VLDL 함량을 낮추는 것으로 사료된다. Lee 등<sup>(15)</sup>은 CLA를 토끼에게 급여하였을 때 토끼의 혈중 LDL 콜레스테롤과 HDL 콜레스테롤, 총콜레스테롤과 HDL 콜레스테롤의 비에 있어 유의성 있는 감소효과를 보였으며, 햄스터의 대동맥 경화증 발생을 억제한다고 보고하였다.

#### 등심 부위의 지방산 및 CLA 함량의 변화

CLA 급여수준과 급여기간을 달리하여 비육시킨 돈육 등심에서의 지방산조성 및 CLA 함량 변화를 조사한 결과는 Table 4-1과 4-2와 같다.

CLA 급여수준과 급여기간을 달리하여 비육시킨 돈육 등심부위의 지방산 조성의 변화는 대조구에 비하여 CLA의 급여수준에 따라 많은 조성의 변화가 있었다. Palmitic, stearic 및 linolenic acid 함량은 대조구에 비하여 CLA 급여수준이 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났다. 반면에 palmitoleic, oleic, linoleic 및 ara-

Table 4-2. Fatty acid of pork loin fed various levels of dietary CLA for 3, 4 weeks (mg/g fat)

Feeding weeks	Fatty acid	Treatment <sup>1)</sup>			
		Control	0.3% CLA	0.6% CLA	0.9% CLA
3	C14:0	12.87	12.41	13.54	11.56
	C16:0	256.05	258.46	259.76	262.35
	C16:1	26.85	25.64	26.54	25.11
	C18:0	150.78	154.97	165.42	169.61
	C18:1	407.56	398.24	393.00	387.96
	C18:2	87.25	85.43	73.32	72.07
	C18:3	42.26	44.61	46.87	48.57
	CLA	0.15	4.60	6.66	7.75
	C20:4	16.23	15.64	14.89	15.02
	ΣSFA <sup>2)</sup>	419.70	425.84	438.72	443.52
	ΣUFA <sup>3)</sup>	580.30	574.16	561.28	556.48
4	C14:0	12.87	12.93	13.14	12.62
	C16:0	256.05	259.36	261.54	270.63
	C16:1	26.85	25.59	27.32	25.63
	C18:0	150.78	156.79	158.40	161.93
	C18:1	407.56	396.20	390.35	381.34
	C18:2	87.25	82.65	80.02	76.47
	C18:3	42.26	45.62	47.43	49.55
	CLA	0.15	6.13	6.70	8.35
	C20:4	16.23	15.62	14.67	13.48
	ΣSFA	419.7	429.08	433.08	445.18
	ΣUFA	580.30	570.92	566.92	554.82

<sup>1)</sup> Control: fat content basis; 0.3% CLA: 0.3% CLA replaced with fat content basis; 0.6% CLA: 0.6% CLA replaced with fat content basis; 0.9% CLA: 0.9% CLA replaced with fat content basis.

<sup>2)</sup> SFA : Saturated Fatty Acid.

<sup>3)</sup> UFA : Unsaturated Fatty Acid.

chidonic acid 함량은 CLA 급여수준이 증가할수록 함량이 감소하는 결과를 보였다. 특히 oleic acid의 함량은 CLA의 급여수준이 증가함에 따라서 월등히 감소하는 것으로 나타났다. 이것은 CLA가 지방산 합성과정에서 포화지방산을 불포화지방산으로 만드는 Δ<sup>9</sup> desaturase의 활성을 저해하기 때문에<sup>(35)</sup> oleic acid 함량이 감소한 것으로 사료된다.

CLA를 단위가축인 산란계에게 급여하였을 때 산란 계육의 품질 및 이화학적 특성에는 아무런 영향이 없지만<sup>(36,37)</sup>, CLA 급여로 생산된 계란에는 지방산 조성의 변화로 많은 문제점이 발생되어 최근에는 이를 개선하기 위한 많은 연구들이 수행되고 있다<sup>(38)</sup>. 특히 CLA 급여수

준을 증가시켜 장기간 급여시 난황 내 oleic acid 함량이 급격히 감소하여 부화율이 떨어지며, 또한 가열시 난황이 고무처럼 질겨지는 현상이 발생된다고 보고하였다<sup>(38)</sup>. 이는 CLA가 가진 특이성으로 Δ<sup>9</sup> desaturase의 활성을 저해하는 결과로 전체적인 지방산 조성에는 약간의 변화가 발생되었지만 조직감에는 문제가 없는 것으로 사료된다.

일반적으로 양고기, 쇠고기, 우유 및 유제품 등에는 평균 약 0.5~1%의 CLA가 함유되어 있지만 돼지고기, 물고기, 계란 등에는 반추위 동물의 유래식품에서 발견되는 CLA 함량의 약 10% 정도만이 존재한다<sup>(9,39)</sup>. 따라서 육 내에 CLA 함량을 높이기 위해서는 급여사료 내

Table 5-1. Fatty acid of pork belly fed various levels of dietary CLA for 1, 2 weeks (mg/g fat)

Feeding weeks	Fatty acid	Treatment <sup>1)</sup>			
		Control	0.3% CLA	0.6% CLA	0.9% CLA
1	C14:0	18.54	17.40	17.06	20.31
	C16:0	204.56	208.75	211.56	213.57
	C16:1	24.94	25.63	23.94	22.54
	C18:0	159.24	158.95	161.56	164.35
	C18:1	447.71	447.64	442.06	436.51
	C18:2	109.27	100.98	98.75	95.08
	C18:3	30.21	33.79	36.25	38.45
	CLA	0.34	1.99	5.15	5.71
	C20:4	5.19	4.87	3.67	3.48
	ΣSFA <sup>2)</sup>	382.34	385.10	390.18	398.23
ΣUFA <sup>3)</sup>	617.66	614.90	609.82	601.77	
2	C14:0	18.54	17.21	18.20	18.21
	C16:0	204.56	208.98	211.26	215.20
	C16:1	24.94	25.26	28.88	28.92
	C18:0	159.24	159.40	159.13	163.79
	C18:1	447.71	439.27	434.07	425.91
	C18:2	109.27	107.08	103.57	99.31
	C18:3	30.21	33.04	35.24	38.41
	CLA	0.34	4.89	5.98	6.77
	C20:4	5.19	4.87	3.67	3.48
	ΣSFA	382.34	385.59	388.59	397.20
ΣUFA	617.66	614.41	611.41	602.80	

<sup>1)</sup> Control: fat content basis; 0.3% CLA: 0.3% CLA replaced with fat content basis; 0.6% CLA: 0.6% CLA replaced with fat content basis; 0.9% CLA: 0.9% CLA replaced with fat content basis.

<sup>2)</sup> SFA : Saturated Fatty Acid.

<sup>3)</sup> UFA : Unsaturated Fatty Acid.

CLA 첨가는 필수적이며, 첨가량이 증가할수록 체내에 이행되는 함량이 증가한다는 보고<sup>(40)</sup>와 같은 결과를 나타냈다.

CLA 축적량은 급여수준과 급여기간이 많은 영향을 미치며, 0.3% 수준의 CLA를 1주간 급여하였을시 축적되는 CLA 함량은 3.04mg/fat g 이었으며, 급여기간이 경과된 2, 3 및 4주에는 3.83, 4.60 및 6.13mg/fat g으로 급여기간이 경과할수록 직선적으로 증가하는 경향이었으며, 또한 급여수준이 증가할수록 CLA 축적량은 직선적으로 증가하였다.

#### 삼겹 부위의 지방산 및 CLA 함량의 변화

CLA 급여수준과 급여기간을 달리하여 비육시킨 돈육 삼겹 부위의 지방산 및 CLA 함량 변화를 비교한 결과는 Table 5-1과 5-2와 같다.

CLA 급여수준과 급여기간에 따른 돈육 삼겹 부위의 지방산 조성의 변화는 등심부위에서 나타난 결과와 유사하며, 대조구에 비하여 CLA 급여수준에 따라 지방산 조성의 많은 변화가 있었다. Palmitic acid와 stearic acid는 CLA의 급여수준이 증가함에 따라서 함량이 증가하는 것으로 나타났고, oleic, linoleic 및 arachidonic acid는 대조구와 비교하여 CLA 급여구에서는 감소하는 경향을 보였다. Oleic acid 함량이 감소하는 것은 CLA가 지방산 합성

Table 5-2. Fatty acid of pork belly fed various levels of dietary CLA for 3, 4 weeks (mg/g fat)

Feeding weeks	Fatty acid	Treatment <sup>1)</sup>			
		Control	0.3% CLA	0.6% CLA	0.9% CLA
3	C14:0	18.54	18.84	19.26	18.85
	C16:0	204.56	212.26	216.85	218.65
	C16:1	24.94	24.33	25.41	24.68
	C18:0	159.24	166.78	176.56	178.51
	C18:1	478.11	456.55	437.53	434.44
	C18:2	78.87	76.91	75.48	74.44
	C18:3	30.21	33.82	37.43	48.68
	CLA	0.34	5.64	7.81	8.27
	C20:4	5.19	4.78	3.67	3.48
	$\Sigma$ SFA <sup>2)</sup>	382.34	397.88	412.67	416.01
$\Sigma$ UFA <sup>3)</sup>	617.66	602.12	587.33	583.99	
4	C14:0	18.54	18.89	18.54	18.81
	C16:0	204.56	208.15	235.63	218.51
	C16:1	24.94	24.38	26.35	27.92
	C18:0	159.24	162.52	144.56	172.23
	C18:1	478.11	466.63	419.33	433.49
	C18:2	78.87	76.32	96.72	75.31
	C18:3	30.21	31.60	44.56	35.67
	CLA	0.34	6.64	9.64	14.58
	C20:4	5.19	4.87	3.67	3.48
	$\Sigma$ SFA	382.34	389.56	397.61	409.55
$\Sigma$ UFA	617.66	610.44	602.39	590.45	

<sup>1)</sup> Control: fat content basis; 0.3% CLA: 0.3% CLA replaced with fat content basis; 0.6% CLA: 0.6% CLA replaced with fat content basis; 0.9% CLA: 0.9% CLA replaced with fat content basis.

<sup>2)</sup> SFA : Saturated Fatty Acid.

<sup>3)</sup> UFA : Unsaturated Fatty Acid.

과정에서 포화지방산을 불포화지방산으로 만드는  $\Delta^9$  desaturase의 활성을 저해하는 결과라고 보고하였다<sup>(35)</sup>. Shantha 등<sup>(41)</sup>은 CLA는 화학적으로 안정된 성분으로 저장기간이 경과하여도 식품 내 CLA 농도는 변함이 거의 없으며, 원료 내 존재량은 CLA 급여량에 영향을 받는다고 보고하였다.

일반적으로 산란계에게 급여되는 사료량의 5% 정도 다량의 CLA를 급여하였을 때 일정량까지는 증가하지만 일정량 이상은 증가되지 않는 결과를 보였다<sup>(40)</sup>. 사료 내 CLA 첨가수준 및 급여기간에 따라 육내 CLA 함량이 비례적으로 계속 증가하지 않는 것은 체내에서 세포

막 흡수가 일정량까지는 가능하지만 일정량 이상일 경우에는 세포막의 유동성을 변화시키지 않기 위해 과량으로 흡수된 CLA는 체내대사에 이용된 것으로 사료된다. 본 연구에서는 급여되는 사료량의 0.3~0.9%의 적은 양을 급여하였기 때문에 체내 축적이 계속되는 시점이라고 사료된다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 등심과 삼겹 모두에서 CLA 급여수준과 급여기간이 이 증가할수록 CLA의 축적량은 증가하였다. 돈육에 함유되어 있는 CLA가 생리활성을 나타내는 수준은 아직 연구된 바가 없기 때문에 앞으로는 이에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.



뼈와 껍질 부위의 지방산 및 CLA 함량의 변화  
4주 동안 CLA 급여하여 비육시킨 후 뼈와 껍질에서 지질을 추출하여 지방산 및 CLA 함량 변화를 조사한 결과는 Table 6과 같다.

4주 동안 0.9%CLA를 급여하여 비육시킨 후 뼈와 껍질의 지방산 및 CLA 함량 변화는 뼈의 경우 CLA가 8.43mg/fat g, 껍질의 경우 11.30 mg/fat g으로 껍질에서 더 많은 양이 축적되는 결과를 보였는데, 이와 같은 결과는 뼈보다는 껍질 부위에 선택적으로 CLA가 우선 축적되는 것으로 사료된다. 이 경우 감자탕 등에 뼈를 이용할 때도 CLA의 섭취가 가능할 것으로 사료되어진다. 뼈와 껍질의 지방산 조성에도 약간의 차이가 있었는데, 뼈에서는 껍질에 비하여 palmitic acid 함량이 높았으며, 반면에 oleic, linoleic 및 linolenic acid 함량은 감소하는 경향을 보였다.

Cook 등<sup>(13)</sup>과 Miller 등<sup>(14)</sup>은 arachidonic acid 함량은 CLA를 첨가함으로써 감소한다고 보고하였다. 단위동물의 경우에는 반추동물과 달리 소장 내에 지방분해 미생물이 거의 존재하

지 않기 때문에 사료의 지방산 조성이 그대로 생체조직에 전이된다고 보고하였다<sup>(21)</sup>.

위의 결과를 종합해 볼 때 CLA는 등심과 삼겹부위에도 축적이 가능하지만 뼈와 껍질에도 축적이 가능하여 부산물 이용시에도 고부가가치를 올릴 수 있을 것으로 사료된다.

## 요 약

CLA는 alkaline isomerization 방법으로 linoleic acid를 이용하여 화학적으로 합성하였다. 공시재료는 축산기술연구소 사천지소에서 사육중인 랜드레이스 64두를 실험 1, 2, 3 및 4로 나누어 다음과 같이 공시하였다. 대조구는 CLA를 급여하지 않았으며, 처리구 1은 지질원에 대하여 CLA를 12% 첨가 (0.3% CLA : 사료대비 순수 CLA량)하였으며, 처리구 2는 24% (0.6% CLA), 처리구 3은 36% (0.9%) 첨가하여 1주간 급여하고, 실험 2는 실험 1과 같은 처리로 2주간 급여하였으며, 실험 3은 3주간 그리고 실험 4는 4주간 급여한 후 혈액성상을 조사하였으며, 또한 일괄적으로 도축하여 CLA 함량 및 지방산 조성 변화를 돈육의 등심·삼겹부위 및 뼈와 껍질에서 조사하였다.

CLA 급여수준과 기간을 달리하여 급여하였을 때 혈액 내 HDL의 함량변화를 보면 1주, 2주, 3주 그리고 4주 급여구 모두 대조구에 비해 CLA 급여구가 유의적으로 높은 HDL 함량을 나타내었으며(P<0.05), 급여수준간의 비교에서는 0.9% 급여구가 가장 높은 HDL 함량을 나타내어(P<0.05), CLA를 급여시 HDL의 함량을 높일 수 있을 것으로 사료된다. 등심과 삼겹부위의 경우 지방산의 조성은 여러 가지의 변화가 있었는데, palmitic, stearic 및 linolenic acid 함량은 증가하고 반면에 oleic, linoleic 및 arachidonic acid는 감소하는 결과를 보였다. CLA의 함량은 1, 2, 3 및 4주 급여구 모두가 CLA 첨가량이 증가할수록 대조구에 비해 월등히 높게 나타났다. 급여기간에 따라서는 1주가 가장 낮은 축적율을 보였고 4주에서 가장 높은 CLA 축적율을 보였다. 뼈와 껍질 역시 CLA의 축적을 보였는데 껍질의 경우가 뼈보다 좀더 높게 나타났다.

이상의 결과 CLA는 급여되는 사료에 첨가함으로써 육 내에 축적이 가능하며, 육 내의 CLA

Table 6. Fatty acid of pig bone and skin fed dietary 0.9% CLA for 4weeks (mg/g fat)

Fatty acid	Treatment <sup>1)</sup>	
	Bone (0.9% CLA)	Skin (0.9% CLA)
C14:0	18.57	17.85
C16:0	197.66	146.87
C16:1	31.19	25.92
C18:0	144.49	139.39
C18:1	497.96	527.01
C18:2	86.80	112.31
C18:3	3.41	9.12
CLA	8.34	11.30
C20:4	11.59	10.25
ΣSFA <sup>2)</sup>	372.31	314.33
ΣUFA <sup>3)</sup>	627.70	685.66

<sup>1)</sup> 0.9% CLA: 0.9% CLA replaced with fat content basis.

<sup>2)</sup> SFA : Saturated Fatty Acid.

<sup>3)</sup> UFA : Unsaturated Fatty Acid.

함량과 지방산 조성은 CLA 첨가수준과 급여 기간에 의해 영향을 받는다고 사료된다.

### 참고문헌

1. Mossoba, M. M., McDonald, R. E. and Armstrong, D. J. : Identification of minor c18 triene and conjugated diene isomers in hydrogenated soybean oil and margarine by GC-MI-FT-IR spectroscopy. *J. Chromatogr. Sci.*, 29, 324 (1991).
2. Hughes, P. E., Hunter, W. J. and Tove, S. B. : Biohydrogenation of unsaturated fatty acids purification and properties of cis, 9-transoctadeca-dienoate reductase. *J. Biol. Chem.*, 257, 3643 (1982).
3. Ha, Y. L., Grimm, N. K. and Pariza, M. W. : Anticarcinogens from fried ground beef : heat-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis*, 8, 1881 (1987).
4. Ha, Y. H., Storkson, J. and Pariza, M. W. : Inhibition of benzo( $\alpha$ ) pyrene -induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivaptives of linoleic acid. *Cancer Research*, 50, 1097 (1990).
5. Ip, C., Chin, S. F., Scimeca, J. A. and Pariza, M. W. : Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivative of linoleic acid. *Cancer Res.*, 51, 6118 (1991).
6. Ip, C., Scimeca, J. A. and Thompson, H. J. : Conjugated linoleic acid. A powerful anticarcinogen from animal fat sources. *Cancer*, 74, 1050 (1994a).
7. Ip, C., Singh, M., Thompson, H. J. and Scimeca, J. A. : Conjugated linoleic acid suppresses mammary carcinogenesis and proliferative activity of the mammary gland in the rat. *Cancer Res.*, 54, 1212 (1994b).
8. Liew, C., Schut, H. A. J., Chin, S. F., Pariza, M. W. and Dashwood, R. H. : Protection of conjugated linoleic acids against 2-amino-3-methylimidazo [4,5-f] quinoline- induced colon carcinogenesis in the F344 rat - a study of inhibitory mechanisms. *Carcinogenesis*, 16, 3037 (19-95).
9. Chin, S. F., Liu, W., Storkson, J. M., Ha, Y. L. and Pariza, M. W. : Dietary Sources of Conjugated Dienoic Isomers of Linoleic Acid, a Newly Recognized Class of Anticarcinogens. *Journal of Food Composition and Analysis*, 5, 185 (1992).
10. Belury, M. A. : Conjugated dienoic linoleate: A polyunsaturated fatty acid with unique chemoprotective properties. *Nutr. Rev.*, 53, 83 (1995).
11. Doyle, E. : Scientific forum explores CLA knowledge. *INFORM*, 9, 69 (1998).
12. Fitch, H. B. : Conjugated linoleic acid offers research promise. *INFORM*, 7(2), 152 (1996).
13. Cook, M. E., Miller, C. C., Park, Y. and Pariza, M. W. : Immune modulation by altered nutrient metabolism: nutritional control of immune-induced growth depression. *Poult. Sci.*, 72, 1301 (1993).
14. Milller, C. C, Park, Y, Pariza, M. W. and Cook, M. E. : Feeding conjugated linoleic acid to animals partially overcomes catabolic responses due to endotoxin injection. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 198, 1107 (1994).
15. Lee, K. N., Kritchevsky, D. and Pariza, M. W. : Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis*, 108, 19 (1994).
16. Decker, E. A. : The role of phenolics, conjugated linoleic acid, carnosine, and pyrroloquinoline quinone as nonessential dietary antioxidants. *Nutr. Rev.*, 53, 49 (1995).
17. Ha, Y. L., Park, G. B., Kang, S. J., Shim, K. H. and Kim, J. O. : Newly recognized multifunctional fatty acids for the production of high quality meat, fish and agricultural products. Ministry of Agriculture and Forestry (Report): 1-314 (1998).
18. Yurawecz, M. P., Hood, J. K., Mossoba,

- M. M., Roach, J. A. and Ku, Y. : Furan fatty acids determined as oxidation products of conjugated octadecadienoic acid. *Lipids*, 30, 595 (1995).
19. Ha, Y. L., Ha, H. S., Ha, J. Kim, Bahn, K. N., Lee, E. J. and Ha, J. K. : Effects of dietary conjugated dienoic isomers of linoleic acid (CLA) on cholesterol and CLA contents of hen's egg. In 1994 IFT Annual Meeting Technical Program: Jun. 25~29, Altant, GA, USA. 79D 6, p249 (1994).
  20. Nicolosi, R. J., Rogers, E. J., Kritchevsky, D., Scimeca, J. A. and Huth, P. J. : Dietary conjugated linoleic acid reduces plasma lipoproteins and early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters. *Artery*, 22, 266 (1997).
  21. Park, Y., Albright, K. J., Liu, W., Storkson, J. M., Cook, M. E. and Pariza, M. W. : Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipids*, 32, 853 (1997).
  22. Thom, E. : A pilot study with the aim of studying the efficiency and tolerability of Tonalin CLA on the body composition in humans. Medstat Res. Ltd., Oslo, Norway (1997).
  23. Chin, S. F., Storkson, J. M., Albright, K. J., Cook, M. E. and Pariza, M. W. : Conjugated linoleic acid is a growth factor for rats as shown by enhanced weight gain and improved feed efficiency. *J. Nutr.*, 124, 2344 (1994).
  24. Seifert, M. F. and Watkins, B. A. : Role of dietary lipid and antioxidants in bone metabolism. *Nutr. Res.*, 17, 1209 (1997).
  25. Houseknecht, K. L., Vanden Heuvel, J. P., Moya-Camarena, S. Y., Portocarrero, C. P., Peck, L. W., Nickel, K. P. and Belury, M. A. : Dietary conjugated linoleic acid normalizes impaired glucose tolerance in the Zucker diabetic fatty fa/fa rat. *Biochem. Biophys. Res. Comm.*, 244, 678 (1998).
  26. Schut, H. A., Cummings, D. A. and Smale, M. H. E. : DNA adducts of heterocyclic amines: Formation, removal and inhibition by dietary components. *Mutat. Res. Fund. Mol. Microbiol.*, 376, 185 (1997).
  27. Wang, L. L. and Johnson, E. A. : Inhibition of *Listeria monocytogenes* by fatty acids and monoglycerides. *Appl. Environ. Microbiol.*, 58, 624 (1992).
  28. DuPlessis, L. M. and Grobbelaar, N. : Isomerization of the double bonds of a conjugated fatty acid during beta-oxidation. *Lipids*, 14, 943 (1979).
  29. Jensen, R. G., Lammi-Keefe, C. J., Hill, D. W., Kind, A. J. and Henderson, R. : The anticarcinogenic conjugated fatty acid, 9c11t-18:2, in human milk: confirmation of its presence. *J. Hum. Lact.*, 14, 23 (1998).
  30. Folch, J., Lees, M. and Sloane-Stanley, G. H. : A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226, 497 (1957).
  31. SAS. : SAS/STAT Software for PC. Release 6.11, SAS Institute, Cary, Nc, U.S.A. (1996).
  32. Larry G., Scheve, 이갑량, 이갑득 : 기본 생화학. 학문사. 410 (1993).
  33. Grundy, S. M. and Denke, M. A. : Dietary influences on serum lipids and lipoproteins. *J. Lipid Res.*, 31, 1149 (1990).
  34. 小菅義樹 : 多價不飽和脂肪酸のバランスと生理作用, 食品と開発, 26, 10 (1992).
  35. Lee, K. S. : Conjugated linoleic acid and lipid metabolism. Ph.D. Thesis at the University of Wisconsin-Madison, p. 77 (1996).
  36. 박구부, 이정일, 박태선, 김진형, 신태순, 강석중, 하영래, 주선태 : Conjugated linoleic acid(CLA) 급여가 난황의 콜레스테롤과 CLA 함량에 미치는 효과. 한국축산학회지, 41, 65 (1999).
  37. 이정일, 주선태, 박태선, 신태순, 하영래, 박구부 : Conjugated linoleic acid(CLA)가 축적된 계육의 저장기간중 이화학적 특성

- 변화. 한국축산식품학회지, 19, 88 (1999a).
38. Aydin R., Pariza, M. W. and Cook, M. E. : Olive oil prevents the adverse effects of dietary conjugated linoleic acid on chick hatchability and egg quality. *J Nutr.*, 131, 800 (2001).
39. Fogerty, A. C., Ford, G. L. and Svoronos, D. : Octadeca-9, 11-dienoic acid in food stuffs and in the lipids of human blood and breast milk. *Nutrition Reports International*, 38, 937 (1988).
40. 이정일, 주선태, 최병대, 하영래, 하정기, 박구부 : Conjugated Linoleic Acid(CLA) 급여기간이 계육의 CLA 함량과 지방산 조성에 미치는 영향. 한국축산학회지, 41, 375 (1999b).
41. Shantha, N. C., Ram, L. N., O'Leary, J., Hicks, C. L. and Decker, E. A. : Conjugated linoleic acid concentrations in dairy products as affected by processing and storage. *J. Food Sci.*, 60, 695 (1995).
- 

(2001년 7월 24일 접수)