

# 사료내 Conjugated Linoleic Acid 첨가가 육계의 성장 및 체지방 대사에 미치는 영향

고영현\*\*\* · 양혜영\* · 강선영\* · 장인석\*

국립 진주산업대학교 동물생명과학과 · 동물생명산업지역협력연구센터(RAIRC)\*,  
경상대학교 응용생명과학부\*\*

## Influence of Dietary Conjugated Linoleic Acid on Growth Performance and Body Fat Metabolism in Broiler Chickens

Y. H. Ko\*\*\*, H. Y. Yang\*, S. Y. Kang\* and I. S. Jang\*

Department of Animal Science & Biotechnology, RAIRC, Jinju National University\*,  
Division of Applied Life Sciences, Gyeongsang National University\*\*

### ABSTRACT

The current study was conducted to investigate the effects of dietary conjugated linoleic acid(CLA) on growth performance and body fat metabolism in broiler chickens. A total of 48 male birds aged 3 days were randomly allotted into three dietary groups; CORN(corn oil 1.5%), CLA I(corn oil 0.75% + CLA 0.75%) and CLA II(CLA 1.5%) groups. After feeding commercial diet *ad libitum* for 3 weeks, eight selected birds on the basis of body weight were housed, two birds in a cage, and continuously given *ad libitum* corresponding experimental diet for another 2 weeks. As a result, dietary addition of CLA did not influence on body weight, gain and feed conversion rate. The relative weights of the liver and deposited fats(abdominal and thigh fat pads) were not also affected by the dietary treatments. Serum glucose, triglyceride and cholesterol levels markedly( $P < 0.05$ ) decreased in CLA II compared with those in CORN group. However, serum nonesterified fatty acid(NEFA) was not altered by dietary CLA. Serum leptin level was tended to be decreased by dietary CLA without statistical difference. The diet supplemented with CLA caused a significant( $P < 0.05$ ) decrease in hepatic total lipid and NEFA without changing triglyceride level. Also, feeding dietary CLA at the level of 1.5% reduced leptin mRNA expression in the liver and abdominal fats compared with feeding corn oil. In conclusion, our results suggest that dietary 1.5% CLA may affect, at least in part, lipid metabolism in the liver of broiler chickens.

(Key words : Broiler, CLA, Body Fat, Triglyceride, Leptin, Leptin mRNA)

### I. 서 론

다기능성 지질 소재인 conjugated linoleic acid (CLA)는 반추동물의 반추위내 서식하는 혐기성

세균인 *Butyrivibrio fibrisolvens*에 의해 linoleic acid로 부터 생성되는 것으로 보고(Hughes 등, 1982)된 이후, 최근에는 생리활성 조절 기능성 물질로서 활발한 연구가 진행되고 있다. 지금

“본 연구는 한국과학재단(KOSEF)의 지원하에서 설립된 진주산업대학교 동물생명산업지역협력연구센터의 연구비 지원하에 수행되었습니다.”

Corresponding author : In Surk Jang, Ph.D, Department of Animal Science & Biotechnology, RAIRC, Jinju National University, Chilam-Dong 150, Jinju, Gyeongnam, 660-758, Korea. Tel : 055-751-3236, HP : 016-9775-3236, E-mail : isjang@jinju.ac.kr.

까지 CLA를 급여하였을때, 체내 CLA 축적 수준 및 생체 기능성에 미치는 연구는 인간, 랫드, 마우스 등에서 다양하게 진행되어, 콜레스테롤 저하(Ha 등, 1994), 당뇨 예방(Houseknecht 등, 1998), 체지방 감소(Park 등, 1997), 항암(Belury, 2002) 및 항산화 작용(Ha 등, 1989) 등과 같은 효과가 입증되므로써, 기능성 축산물 생산을 위한 가축 사료첨가제로서의 관심이 고조되고 있다.

지금까지 밝혀진 결과로서, CLA는 지방산 합성 및 중성지방 에스테르화 반응저하, 호르몬 민감 지방분해 효소(hormone sensitive lipase) 활성 증가 및 체지방 합성에 관여하는 유전자의 변화 등과 같은 체지방 대사작용에 영향을 초래하여, 궁극적으로 체내 축적 지방을 감소시키는 것으로 알려지고 있다(Park 등, 1997; Evans 등, 2002). 그러나, 지금까지 많은 연구보고들을 고찰해 볼 때, 동물의 종류 및 생리적 상태, CLA 첨가수준, 이성체 종류, 급여기간 등 여러 가지 요인들이 관여되어, CLA가 동물별로 체지방 대사작용에 미치는 효과에 대해서는 아직까지 많은 연구가 필요한 것으로 나타났다.

특히, 대부분의 연구가 설치류 모델동물을 위주로 연구되었으며, 닭에서는 산란계에서 CLA를 급여하였을때, 다량의 CLA 함유 계란을 생산할 수 있다는 연구가 많이 보고되고 있다(Ahn 등, 1999; Jones 등, 2000). 그러나, 육계에서 CLA 급여에 따른 체지방 대사에 미치는 영향에 대한 연구는 다른 축종에 비해 다양하게 수행되지 않았다. Szymczyk 등(2001)이 육계에 CLA 0 ~ 1.5%를 8일 ~ 42일 까지 급여한 결과, 체중, 사료섭취량 및 복강지방은 1.5% CLA 급여구에서 현저히 감소하였으나, 사료요구율, 혈장 HDL 및 cholesterol 함량은 유의한 차이를 나타내지 않았다. 그러나, CLA 급여가 체지방 감소에 긍정적인 효과를 보고한 연구와는 상이하게, Takhashi 등(2002)이 10 일령된 육계에 CLA 1% 첨가사료를 14일간 급여시 체중 및 사료섭취량에는 변화가 없음을 보고하였다. 따라서, 육계를 이용한 연구에서 사료내 CLA 첨가수준, 급여기간, CLA 화학적 조성 등

과 같은 많은 요인들이 체지방 대사에 상이하게 영향을 미친다고 사료된다.

본 연구는 다른 동물에서와는 달리 아직까지 다양한 연구가 이루어지고 있지 않은 육계를 이용하여, 사료내 등(等)열량(isocaloric) 지방원으로 CLA를 첨가(0.75% 및 1.5% CLA)한 사료가 체지방 축적, 혈액, 지방 및 간 조직에서 지방대사와 관련되는 여러 가지 생화학적 지표에 미치는 영향을 분석하여, 기능성 사료첨가제로서의 CLA의 기능성에 대한 연구를 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 공시동물

본 시험에 공시된 시험동물은 육계 수컷 Ross종 48수로서 (주)하림에서 구입하였다. 구입 후 스트레스로 인한 부작용을 줄이기 위하여 부리와 발톱을 자르지 않았고, 2일간 적응기간을 거친 3일령( $40.66 \pm 0.30$  g) 병아리를 완전임의법에 의해 3개 처리구에 케이지 당 2수씩 배치하였다. 이어서, 21일령까지 상업용 사료를 급여하고 체중을 측정후, 평균체중에 가까운 8수씩 선발하여 14일간(22 ~ 35일령) 본 시험사료를 급여하였다. 사양관리는 온도 및 명암조절(조명 : 07:00 ~ 19:00)을 갖춘 사육 시설에서 본 대학의 사육 관리 지침에 따라 실시되었다.

### 2. 시험사료 및 시험설계

시험사료는 상업용 육계사료를 구입하여, 시험물질을 균질하게 혼합하기 위하여 분쇄기(Perten 3600, Sweden)를 사용하여 가루사료로 만들었다. 시험사료내 지방의 첨가(w/w)비율로서, 1.5% corn oil(대조구, CORN), 0.75% corn oil + 0.75% CLA(CLA I) 및 1.5% CLA(CLA II) 등 모두 3종류의 등(等)열량(isocaloric) 사료를 제조한 후 밀봉하여 냉장(4°C) 보관하였다. 시험사료는 매일 일정량 무게를 측정하여 동물이 충분히 먹을 수 있는 양을 급여하여 자유 채식

Table 1. Formula and chemical composition of experimental diets fed to broiler chickens

Item	Diets*		
	CORN	CLA I	CLA II
	Ingredients, %		
Corn	43.48	43.48	43.48
Wheat	19.70	19.70	19.70
Wheat bran	3.94	3.94	3.94
Animal fat	2.96	2.96	2.96
Corn gluten meal	3.94	3.94	3.94
Soybean meal	16.26	16.26	16.26
Rapeseed meal	1.97	1.97	1.97
Fish meal	0.99	0.99	0.99
Meat meal	1.97	1.97	1.97
Corn oil	1.50	0.75	-
CLA	-	0.75	1.50
Salt	0.23	0.23	0.23
Calcium carbonate	0.20	0.20	0.20
Tricalcium phosphate	1.58	1.58	1.58
Lysine HCl(liquid)	0.65	0.65	0.65
D, L-Methionine	0.12	0.12	0.12
Choline-HCl	0.01	0.01	0.01
Vitamin premix <sup>1)</sup>	0.20	0.20	0.20
Mineral premix <sup>2)</sup>	0.20	0.20	0.20
Antibiotics	0.10	0.10	0.10
	Chemical composition, %		
Dry matter	88.71	89.70	89.51
Crude protein	19.35	19.24	19.64
Crude fat	7.50	7.33	7.23
Crude fiber	8.00	8.00	8.00
Crude ash	5.70	5.41	5.70
MEn kcal/kg	3,089	3,089	3,089

<sup>1)</sup> Contained per kg: vit. A, 5,500,000 IU; vit D<sub>3</sub>, 1,500,000 IU; vit E, 15,000 mg; vit K, 800 mg; thiamin, 1,000 mg; riboflavin, 4,000 mg; niacin, 25,000 mg; biotin, 30 mg; folic acid, 500 mg pantothenic acid, 5,000 mg, pyridoxine, 1,500 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 15 mg.

<sup>2)</sup> Contained per kg: Cu, 12,000 mg; Fe, 35,000 mg; Zn, 25,000 mg; Co, 150 mg; I, 500 mg; Co, 150 mg; Se, 120 mg; Mn, 38,000 mg.

\* CORN, corn oil 1.5%; CLA I, corn oil 0.75% + CLA 0.75%; CLA II, CLA 1.5%.

시켰다. CLA는 경상남도 첨단양돈연구소에서 Ha 등(1987)의 방법에 의하여 합성된 것을 공급받았으며, 조성 성분은 *c*-9, *t*-11 CLA(24.1%) 및 *t*-10, *c*-12 CLA(25.6%) 이성체로 구성되었다. CLA 처리구와 동일한 에너지 수준을 맞추기 위해 CJ(주)에서 시판중인 corn oil을 사용하였으며, corn oil의 지방산 조성은 linoleic acid (18:1, 33.7%), linolenic acid(18:2, 55.8%)이다. 시험사료의 조성 및 화학적 성분은 Table 1에 나타난바와 같다.

### 3. 시험 샘플채취

사양시험이 종료되는 35일령에 체중측정 후, 도살 전 12시간 동안 절식을 하고 경정맥을 절단하여 혈액을 채취하여 혈청을 분리하였다. 이어서, 복강을 절개하여 복강지방 및 넓적다리 지방을 가위로 채취하고 무게를 측정하였으며, 간, 췌장 및 소장을 획득하여 무게를 측정하였다. 복강지방, 넓적다리 지방 및 간 조직은 밀봉한 후 액체질소에 급속 동결하여 분석 전까지 혈청과 같이 -70℃에 보관하였다.

### 4. 분석항목

#### (1) 체중 및 사료섭취량 측정

체중 측정은 시험 개시(3일령), 시험사료 급여개시일(21일령) 및 시험종료(35일령)에 정해진 시간에 일정하게 체중을 측정하였다. 또한 본 사양시험동안 사료섭취량 및 사료요구율을 구하였다.

#### (2) 혈청 및 간 조직내에 생화학적 성분분석

혈청내 glucose, triglyceride 및 cholesterol 분석은 자동 혈액분석기(HI system, Technicon, USA)를 사용하여 분석하였다.

간 조직내 존재하는 지방 함량은 Folch 등(1957)의 방법에 따라 분석하였고, 위의 방법에 따라 추출한 지질로서 triglyceride과 NEFA를 정량하였다. 혈액 및 간 조직내 nonesterified fatty acids(NEFA) 함량 분석은 NEFA-Test kit(Wako, 276-22301)로서 실시하였다. 분석방법을 간단

히 기술하면, 샘플 0.2 ml를 취하여 동(銅)시약 1.0 ml, 추출액 3 ml를 첨가하여 혼합한 후 3,000 rpm에서 5분 동안 원심분리하였다. 분리한 상층액 2.0 ml에 발색제를 첨가하여 3분간 실온에 방치한 후 spectrophotometer(Kontron)로서 480 nm에서 흡광도를 측정하여 계산하였다.

Triglyceride은 Sigma assay kit(S-320)를 이용하여 사용자 방법에 따라 정량분석 하였다. 먼저, triglyceride의 비누화 반응을 유도하기 위해 0.1 ml 샘플에 0.25 ml 95 % 에틸알코올과 소량의 potassium hydroxide 혼합하였다. 다시 60 ~ 70 °C 수조에서 20분 가온하여 0.5 ml magnesium sulfate 용액을 혼합한 후 상층액을 원심분리하였다. Triglyceride 함량 분석을 위해 0.25 ml 샘플에 1.25 ml triglyceride assay 용액을 첨가 한 후 1분간 저장하여 340 nm에서 흡광도를 구하고, 다시 5 μl의 glycerokinase 효소를 넣고 5분간 저장한 후 340 nm에서 흡광도 값을 구하였다. 중성지방의 농도는 두 반응의 흡광도 차이로 계산하였다. 단백질 함량은 BCA assay kit (Pierce)를 사용하여, ELISA를 이용하여 570 nm에서 흡광도를 측정하였다.

(3) Leptin 방사선면역분석(RIA)

Leptin은 Linco RIA kit, multispecies(Linco Research)를 이용하여 γ- 카운터(COBRA™ II,

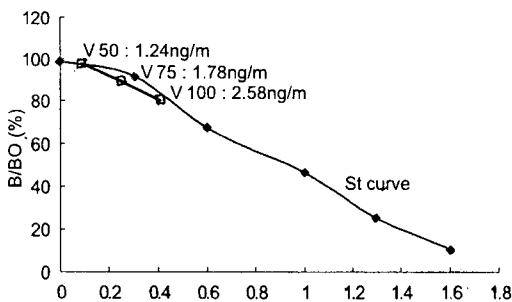


Fig. 1. Typical standard curve of multispecies leptin RIA kit(■) and dilution curve of broiler chicken serum(□) (V100: no dilution, V75: 3/4 dilution, V50: 1/2 dilution of serum).

Packard Bioscience)를 사용하여  $^{125}$ I 값을 정량하였다. Dridi 등(2000)은 Linco RIA kit, multispecies(Linco Research)가 닭의 혈액에서도 검출할 수 있는 사실을 증명하였으며, 본 연구의 공시동물인 육계의 혈청에서도 검출여부를 검정한 결과, Linco RIA kit, multispecies가 육계의 혈청 leptin 분석에도 사용될 수 있음을 Fig. 1에서 보는바와 같이 증명하였다.

(4) Leptin mRNA 정량

각 처리군 별로 4수씩 선택한 공시동물의 간 및 복강지방 조직으로부터 RNAsol™ kit(TEL-TEST, INC)을 이용하여 total RNA를 추출하였다. RT-PCR 증폭반응 산물은 10 μg의 total RNA를 역전사 반응과정을 거쳐 얻었으며, PCR 증합증폭 반응은 PCR 기기(Perkin-Elmer, NJ)를 이용하였다. RNA 증폭을 위하여 leptin 유전자의 염기서열은 Ashwell 등(1999)이 제시한 primer 제조방법에 따라 합성하여 본 실험에 사용하였다. Primer 염기서열은 5'CGTCGGTATCCGCCAAGCAGAGGG 3'와 5'CCAGGACGCCATCCAGGCTCTCTGGC 3'로서 261 bp 산물을 얻고자 설계하였다. PCR 조건은 10 pmol 농도의 primer를 이용하여 94 °C에서 30초 denaturation, 62 °C에서 1분 annealing, 그리고 72 °C에서 1분간 extension하여 30 cycles로 반응시켰다. 동일한 양의 total RNA를 확인하기 위하여 β-actin (5'GTGGGGCGCCCCAGGCACCAGGGC 3'; 5'CTCCTTAATGTCACGCACGATTTTC 3')이 사용되었다. PCR cycle별로 증폭되는 유전자의 density를 측정하여 PCR cycle을 30 cycle로 결정 (Ashwell 등, 1999)하여 반응시켰다. 증폭된 유전자는 Agarose(1%)에 EtBr을 처리하여 관찰하고 densitometer(Kodak EDAS 120, CT)로서 density를 측정하였다. Leptin mRNA 양은 β-actin 양에 대한 상대적 density를 계산하여 나타내었다.

5. 통계처리

사료처리에 따라 얻은 결과는 Proc-GLM(SAS, 1996)에 의해 분산분석을 실시하였으며, 처리간

비교는 Duncan 방법에 의해 P < 0.05 수준에서 유의성 검정을 실시하였다.

### III. 결 과

#### 1. 증체, 사료섭취량 및 사료요구율

사료내 corn oil 1.5%(대조구, CORN), corn oil 0.75%+CLA 0.75%(CLA I) 및 CLA 1.5%(CLA II) 첨가에 따른 육계의 사양성적 결과는 Table 2에서 나타난 바와 같다.

육계 48 수를 개시 3일째(40.66 ± 0.30 g) 3개 처리구에 임의 배치하여 21일간 일반 사료를 급여하였다. 3주간 예비사양이 끝난 후 체중을 측정하여 평균값(766.27 ± 19.49 g)에서 지나치게 체중이 높거나 낮은 개체를 제외하고 각 군당

8 수씩 선발하여 2주간 시험사료를 급여하였다.

본 시험에서 나타난 결과, CLA 첨가에 따라 체중, 증체량 및 일당 증체량은 수치상 다소 감소하였으나, 통계적으로 유의적인 영향을 받지 않았다. 본 시험기간 동안 측정된 전체 사료 섭취량 및 사료요구율 역시 각 처리구별 유의적 차이가 없었다.

#### 2. 체지방 및 장기무게

CLA 첨가가 체지방 축적에 미치는 영향을 조사하기 위하여 복강 및 넓적다리 지방의 상대적 중량(체중 100 g 당)을 조사하였다(Table 3). 특히, 육계에서 3 주 부터 5 주령까지 체 성장 및 지방생성이 활발한 시기로서, 2 주 동안 CLA 첨가사료 급여시 대조구인 corn oil 급여

Table 2. Effects of dietary CLA on body weight, feed intake and feed conversion rate in broiler chickens

Item	Diets*		
	CORN	CLA I	CLA II
Initial body weight (at 3 days), g	40.71 ± 0.34	40.57 ± 0.30	40.71 ± 0.27
Body weight (at 21 days), g	791.81 ± 17.69	764.85 ± 20.92	742.17 ± 19.87
Final body weight (at 35 days), g	1,773.71 ± 50.38	1,738.86 ± 14.85	1,701.63 ± 39.13
Weight gains (21 ~ 35 days), g	981.90 ± 42.72	974.00 ± 19.59	959.45 ± 35.52
Average daily gain (21 ~ 35 days), g	70.14 ± 3.05	69.57 ± 0.90	68.53 ± 2.54
Feed intake (21 ~ 35 days), g	1,703.57 ± 13.87	1,685.11 ± 16.54	1,698.25 ± 9.15
Feed conversion rate (21 ~ 35 days)	1.75 ± 0.07	1.73 ± 0.03	1.78 ± 0.06

Mean ± SE.

\* CORN : Corn oil 1.5%. CLA I : Corn oil 0.75%+CLA 0.75%. CLA II : CLA 1.5%.

Table 3. Effects of dietary CLA on the relative weights of the deposited fat pads, liver, intestine and pancreas in broiler chickens at 35 days of age

Item	Diets*		
	CORN	CLA I	CLA II
Abdominal fat, g/100 g BW	1.93 ± 0.14	1.96 ± 0.12	1.81 ± 0.16
Thigh fat, g/100 g BW	0.34 ± 0.03	0.39 ± 0.03	0.34 ± 0.03
Liver, g/100 g BW	2.27 ± 0.09	2.44 ± 0.11	2.44 ± 0.06
Intestine, g/100 g BW	1.84 ± 0.08	1.94 ± 0.08	1.72 ± 0.08
Pancreas, g/100 g BW	0.18 ± 0.01	0.19 ± 0.03	0.19 ± 0.01

Mean ± SE.

\* CORN : Corn oil 1.5%. CLA I : Corn oil 0.75%+CLA 0.75%. CLA II : CLA 1.5%.

구와 비슷한 복강 및 넓적다리 지방 축적량을 보여, CLA 첨가가 육계의 체지방 축적에는 유의적 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 상대적 장기의 중량을 조사한 결과, 간, 소장 및 체장 등의 무게는 처리에 따른 영향을 받지 않았다.

### 3. 혈청 생화학 성분 및 leptin 수준

CLA 첨가사료를 2주간 급여한 후 35일령에 희생하여 채취한 혈청에서 측정된 생화학 성분 및 leptin을 조사한 결과는 Table 4에 나타내었다.

혈중 glucose와 triglyceride 수준은 CLA II구에서 대조구인 CORN구와 CLA I 급여구에 비해 유의적( $P < 0.05$ )으로 감소되는 것으로 관찰되었다. 또한, 혈중 cholesterol 수준은 CLA II구에서 대조구에 비해 현저히( $P < 0.05$ ) 저하되는 것으로 나타났다. 그러나, 혈중 유리 지방산인

NEFA 및 체지방에서 합성되는 호르몬인 leptin은 모든 구에서 통계적 유의차 없이 비슷한 수준을 보였으나, CLA 급여구에서 대조구에 비해 수치상 NEFA는 다소 증가하고, leptin은 감소하는 경향을 보였다.

### 4. 간 조직내 total lipid, triglyceride 및 NEFA 함량

CLA 급여에 따른 간 조직내 total lipid, triglyceride 및 NEFA 함량은 Table 5에서 보는바와 같다.

CLA 급여구는 대조구(corn oil 첨가)와 비교시 간 조직내에 total lipid 함량을 유의적으로( $P < 0.05$ ) 감소되었는데, 특히 대조구에 비해 CLA II구에서 약 27% 이상 감소되었다. 또한, NEFA도 대조구보다 CLA 급여구에서 유의적으로( $P < 0.05$ ) 감소한 결과를 나타내었다. 그러나, triglyceride 수준은 CLA II구에서 대조구보다 23%나 감소하

Table 4. Effects of dietary CLA on serum biochemical components and leptin in broiler chickens at 35 days of age

Item	Diets*		
	CORN	CLA I	CLA II
Glucose, mg/dl	271.57 ± 13.06 <sup>a</sup>	285.71 ± 8.01 <sup>a</sup>	220.00 ± 13.09 <sup>b</sup>
Triglyceride, mg/dl	37.00 ± 1.21 <sup>a</sup>	38.4 ± 1.63 <sup>a</sup>	28.85 ± 1.85 <sup>b</sup>
Cholesterol, mg/dl	241.7 ± 11.28 <sup>a</sup>	231.9 ± 14.57 <sup>ab</sup>	197.71 ± 5.27 <sup>b</sup>
NEFA, mEq/L	0.55 ± 0.04	0.64 ± 0.04	0.62 ± 0.04
Leptin, ng/ml	1.43 ± 0.10	1.25 ± 0.04	1.24 ± 0.08

Mean ± SE.

\* CORN : Corn oil 1.5%. CLA I : Corn oil 0.75% + CLA 0.75%. CLA II : CLA 1.5%.

<sup>ab</sup> Values with different superscripts differ significantly( $P < 0.05$ ) among treatments.

Table 5. Effects of dietary CLA on hepatic lipid components in broiler chickens at 35 days of age

Item	Diets*		
	CORN	CLA I	CLA II
Liver weight, g / 100 g BW	2.27 ± 0.09	2.44 ± 0.11	2.44 ± 0.06
Total lipid, %	2.87 ± 0.25 <sup>a</sup>	2.17 ± 0.21 <sup>b</sup>	2.10 ± 0.11 <sup>b</sup>
Triglyceride, mg / g	417.47 ± 16.77	392.32 ± 33.65	321.09 ± 26.60
NEFA, mEq / ℓ	1.46 ± 0.03 <sup>a</sup>	1.19 ± 0.07 <sup>b</sup>	1.18 ± 0.04 <sup>b</sup>

Mean ± SE.

\* CORN : Corn oil 1.5%. CLA I : Corn oil 0.75% + CLA 0.75%. CLA II : CLA 1.5%.

<sup>ab</sup> Values with different superscripts differ significantly( $P < 0.05$ ) among treatments.

였으나, 통계적인 차이를 나타내지 않았다.

### 5. 간과 체지방내 Leptin mRNA 발현

CLA 처리에 따른 간 및 복강지방 조직내 비만유전자(*ob gene*)로 부터 발현된 leptin mRNA를 RT-PCR로 측정 한 결과는 Fig. 2에 나타난 바와 같다.

간 조직내 leptin mRNA 발현을 조사한 결과, CLA 급여군인 CLA I 및 II에서 대조구에 비해 mRNA 발현이 유의적( $P < 0.05$ )으로 감소하였다. 또한, 복강지방내 leptin mRNA 발현 역시 대조구와 비교시 CLA 1.5% 급여구에서 유의적( $P < 0.05$ )으로 발현이 감소하는 것으로 나타났다.

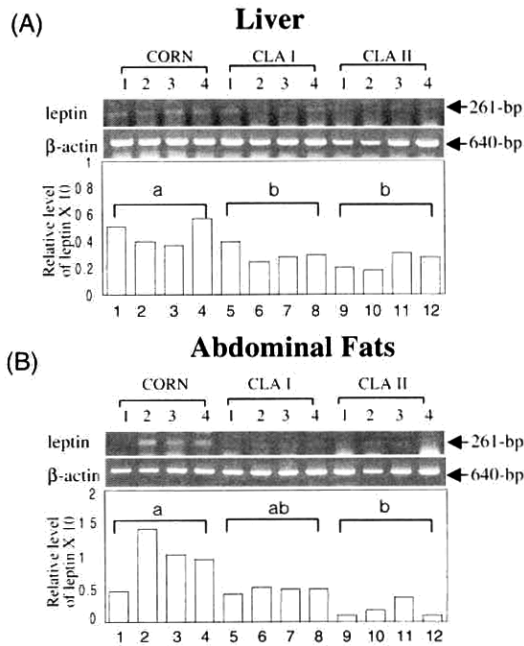


Fig. 2. Effects of CLA on semi-quantification of the leptin mRNA expression in the liver(A) and abdominal fat(B) in broiler chickens at 35 days of age.

### IV. 고 찰

Conjugated linoleic acid(CLA)는 불포화지방산인 linoleic acid(C<sub>18:2</sub>)에서 생성되는 이성체들로

서 지금까지 8 종류가 알려져 있는데, 이들 이성체 중 현재 생리적 활성 효과가 가장 우수하다고 인정되는 것은 *cis-9*, *trans-11*과 *trans-10*, *cis-12* 형태로서 이들 이성체가 함유된 1.0~1.5% CLA를 설치류에 급여하였을 때, 체지방량이 감소한다는 결과가 많이 보고되고 있다(Houseknecht 등, 1998; Rahman 등, 2001). CLA가 체지방 대사작용에 미치는 영향을 살펴보면, 지방산 합성 및 중성지방 에스테르화 반응저하, 호르몬 민감 지방분해 효소(hormone sensitive lipase) 활성 증가, 나아가서는 체지방 합성에 관여하는 유전자의 변화 등과 같은 다양한 요인이 체지방을 감소시키는 것으로 알려지고 있다(Park 등, 1997; Haumann 등, 1996; Evans 등, 2002). 육계에서 CLA 급여가 성장 및 체지방 축적에 미치는 효과는 아직까지 다양한 연구가 이루어지지 않았는데, 본 시험 결과, 2주 동안 1.5% 수준의 CLA 첨가 사료를 육계에 급여시, 체지방 축적량에는 유의적 차이는 없었지만, 지방합성에 중요한 장소인 간에서 total 지질과 leptin mRNA 수준 그리고 혈중 triglyceride을 유의적으로 감소시켰다.

지금까지 연구된 결과를 중심으로 육계에서 CLA 급여가 증체, 체지방 및 혈액성상 등과 같은 요인에 미치는 영향을 고찰하면, CLA 첨가 수준, 이성체 함량, 급여기간, 대조구 등과 같은 다양한 요인으로 그 결과는 일정하지는 않는 것 같다. Du 등(2001)은 육계의 사료내 CLA 0, 0.25, 0.5 및 1.0%를 첨가하여 21일간 사양시험을 실시한 결과, 본 시험의 결과와 유사하게 체중, 복강지방, 전체 체지방 등에는 뚜렷한 차이를 관찰 할 수 없었다. 그들은 또 다른 시험에서 0, 2 및 3%의 CLA 첨가사료를 3주령 육계에 35일간 급여시 체중, 사료요구 및 복강지방 함량에는 유의적 차이를 관찰 할 수 없었지만, 2 또는 3% CLA 급여군에서 전체 체지방 함량이 유의적으로 감소하였음을 보고하였다. Sell 등(2001)이 16일령 육계에 8일 동안 4, 8 및 12% CLA를 급여하여 대두박 첨가구와 비교 조사한 결과, 체중, 증체, 사료섭취량 및 사료요구율 등에서 에너지원으로 CLA 또는 대두박 첨가구 모두 유사한 성적을 보였다. Takhshi 등(2002)이 10일령 육계에 CLA

1% 첨가사료를 14일간 급여시, 체중 및 사료 섭취량에는 변화가 없었음을 보고하여 본 실험의 결과와 유사하였다. Cherian 등(2002)이 n-3 지방산과 함께 0~2% CLA를 산란계에 급여한 결과, 난황, 가슴근육, 심장, 비장, 체지방 조직에서 지질 함량에는 어떠한 변화도 없었다고 보고했다. 한편, Szymczyk 등(2001)이 육계에 CLA를 0~1.5% 수준으로 8일~42일 동안 급여한 결과, 체중, 사료섭취량 및 복강지방은 CLA 1.5% 급여구에서 현저히 감소하였으나, 사료요구율 및 혈장 HDL 및 cholesterol 함량은 유의적 차이를 나타내지 않았다고 보고하였다. Badinga 등(2003)의 최근 연구에 따르면, 5% corn oil과 CLA를 1일령 수컷 육계에 21일 동안 급여시 CLA 첨가구에서 증체량, 사료섭취량, 사료효율 및 간 조직내 지질과 중성지방 함량이 유의적으로 저하되었다. Ha 등(1994)은 CLA를 산란계의 급여하여 난중 CLA와 cholesterol 함량을 조사한 결과, CLA 농도는 증가하고 cholesterol 함량은 약 10~15% 정도 감소하였음을 보고하였다. 한편, 본 연구결과와는 상이하게 An 등(2003)이 육계에 고수준의 CLA(6%) 첨가사료를 급여하였을 때, 텔로우(6%) 급여구에 비해 오히려 간 조직의 전체 지질 함량이 유의적으로 증가된다고 보고하였다. 이와 같은 여러 연구 결과로 볼 때, 가금에서 CLA 급여에 따른 체지방 및 간 조직에서 지방대사에 관한 다양한 연구가 필요하다고 사료된다.

다른 종류의 동물을 이용한 시험에서, 토끼 사료내 0.5g CLA를 12주간 급여시, 대조구에 비해 CLA 급여구에서 혈중 total cholesterol, LDL cholesterol 및 triglycerides 수준이 현저히 저하되었다(Lee 등, 1994). 그러나, Tischendorf 등(2002)이 암·수탉지에 2.0% CLA 첨가 사료 급여시, 혈액 cholesterol, HDL, LDL 및 triacylglycerol 등의 함량에는 아무런 변화를 유발하지 못하였다고 보고하였다. Stangl 등(1999)이 동일한 에너지 수준으로 0 및 1% CLA 첨가 사료를 성숙한 암컷 돼지에 6주 동안 급여한 결과 혈액내 NEFA 함량은 38% 감소하였으나, triglyceride, insulin 및 cholesterol 함량에는 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다고 보고하였다. 한편,

Rahman 등(2001)이 비만 랫드에 1.0% CLA 첨가사료 급여시 사료섭취량은 변화가 없었지만, 체중 및 체지방(복강 및 정소상체)에서 현저히 감소하고, 혈액 생화학적 성분중 leptin, NEFA 및 triglyceride 등이 유의적으로 감소하였음을 보고하였다.

설치류 모델 동물에서 CLA 급여가 동물체의 체지방 대사에 관여하는 유전자 및 호르몬 등에 미치는 영향에 관한 연구는 지금까지 다양하게 이루어지고 있다. Leptin은 체지방 및 간 조직에서 존재하는 비만유전자(*ob gene*)에서 생성되는 호르몬으로, 체지방량이 증가함에 따라 leptin 유전자 발현 및 leptin 수준이 증가하는 것으로 알려져 있다(Caro 등, 1996). 따라서, 본 시험은 육계의 간 및 복강지방에서 leptin mRNA 발현량을 조사하여 CLA가 체지방 합성에 미치는 영향을 구명하고자 하였다. 본 실험 결과로서 1.5% CLA 급여는 간 및 복강지방 조직에서 leptin mRNA 수준을 유의적( $P < 0.05$ ) 저하시키는 것으로 관찰되었는데, 이러한 결과는 Kang과 Pariza(2001)이 마우스에 0.5% *trans*-10, *cis*-12 CLA를 4주간 급여시 지방조직에서 leptin mRNA 수준이 현저히 감소하였다는 결과와 일치한다. Tsuboyama-Kasaoka 등(2000)은 마우스에 1.0% CLA를 8개월 동안 급여한 결과, 체조직내 백색 지방 함량 및 leptin 함량이 현저히 감소하는 한편, insulin 및 GLUT4 단백질의 mRNA 수준은 증가하였다고 보고하였다. Delany 등(1999)이 마우스에 0~1.0% CLA를 12주 동안 급여시, 체지방, 특히 복강지방 함량 및 insulin 수준이 유의하게 감소되고, 유의적 차이는 없으나 혈중 leptin의 함량은 CLA 첨가량의 증가에 비례하여 감소하는 경향을 나타내었다고 하였다.

CLA 혼합물에서 이성체의 구조적 형태가 체지방 조절에 중요한 영향을 미치는 것으로 알려지고 있는데, 마우스에 *trans*-10, *cis*-12 및 *cis*-9, *trans*-11이 함유된 CLA 혼합물을 급여하였을 때 *trans*-10, *cis*-12 CLA 이성체를 섭취한 동물에서 현저히 체지방이 감소되었다고 보고하였다(Park 등, 1999). 이와 같이 CLA가 지방세포 분화 조절 유전자에 미치는 영향 역시 CLA 이성체의 종류 및 농도에 따라 다양한 반



응을 보이는 것으로 해석 될 수 있다.

종합적으로, 육계 사료내 1.5% 수준의 CLA 첨가는 가금에서 지방대사의 중추기관인 간에서 total 지질과 leptin mRNA 수준 그리고 혈중 triglyceride 및 cholesterol 함량을 현저히 감소시켰다. 또한, 유의적인 수준은 아니지만, 혈중 leptin을 저하시키는 것으로 미루어 CLA 첨가 수준을 증가시키거나 효과가 큰 이성체의 비율을 증가시킬 경우, 전체 체지방 축적량에 직접적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 보인다. 따라서, 본 연구 및 설치류 모델동물을 이용한 다양한 연구 결과를 중심으로 볼때, CLA 이성체 함량, 급여수준 및 기간을 고려하여 가축의 사료내 첨가할 경우 체지방 감소에 미치는 긍정적인 효과가 기대된다.

## V. 요 약

다기능성 지질물질로 알려진 CLA가 육계의 증체 및 체지방 대사작용에 미치는 영향을 조사하기 위하여, 대조구인 CORN(corn oil 1.5%), CLA I(corn oil 0.75% + CLA 0.75%) 및 CLA II(CLA 1.5%) 등 3 처리구를 설정하여 증체, 사료요구율, 혈중 생화학적 성분과 leptin 및 체조직의 leptin mRNA 수준에 대하여 조사하였다. 본 시험 결과, CLA 첨가에 따른 체중, 일당 증체량 및 사료요구율 등은 통계적으로 유의한 영향을 받지 않았다. 또한 간, 소장, 체장 및 체지방(복강 및 넓적다리 지방)의 상대적 무게 역시, CLA 첨가에 따른 유의적 효과가 없었다. 혈중 glucose, triglyceride 및 cholesterol 수준은 대조구인 CORN구에 비해 CLA 1.5% 급여구에서 유의적( $P < 0.05$ )으로 감소하였으나, NEFA는 모든 구에서 비슷한 수준을 보였다. CLA 첨가사료 급여는 간 조직내 total lipid 및 NEFA 함량을 유의적으로( $P < 0.05$ ) 감소시키고, triglyceride 수준은 통계적 차이는 없었지만 CLA II구에서 약 23% 감소하는 경향이 있었다. 혈중 leptin은 대조구에 비해 CLA I 및 II구에서 감소하는 경향이 있었으나, 유의적 차이는 없었다. 간 및 복강지방 조직내 leptin mRNA 발현은 CLA II구에서 대조구에 비해 유

의적( $P < 0.05$ )으로 감소되었다.

이러한 결과로 보아, 사료내 1.5% 수준의 CLA 첨가는 간 조직의 지방대사 경로에 유의적인 영향을 미칠 수 있는 것으로 사료된다.

## VI. 인 용 문 헌

- Ahn, D. C., Sell, J. L., Jo, C., Chamrupollert, M. and Jeffrey, M. 1999. Effect of dietary conjugated linoleic acid on the quality characteristics of chicken eggs during refrigerated storage. *Poult. Sci.* 78: 922-928.
- An, B. K., Shin, K. H., Kobayashi, Y., Tanaka, K. and Kang, C. W. 2003. Excessive dietary conjugated linoleic acid affects hepatic lipid contents and muscular fatty acid composition in young chicks. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 16(8):1171-1176.
- Ashwell, C. M., Czerwinski, S. M., Brocht, D. M. and McMurtry, J. P. 1999. Hormonal regulation of leptin expression in broiler chickens. *Am. J. Physiol.* 276(1 Pt 2):R226-232.
- Badinga, L., Selberg, K. T., Dinges, A. C., Corner, C. W. and Miles, R. D. 2003. Dietary conjugated linoleic acid alters hepatic lipid content and fatty acid composition in broiler chickens. *Poult. Sci.* 82(1):111-116.
- Belury, M. A. 2002. Inhibition of carcinogenesis by conjugated linoleic acid: potential mechanisms of action. *J. Nutr.* 132(10):2995-2998.
- Caro, J. F., Sinha, M. K., Molaczynski, J. W., Zhang, P. L. and Considine, R. V. 1996. Leptin: the tale of an obesity gene. *Diabetes* 45:1455-1462.
- Cherian, G., Goeger, M. P. and Ahn, D. U. 2002. Dietary conjugated linoleic acid with fish oil alters yolk n-3 and trans fatty acid content and volatile compounds in raw, cooked and irradiated eggs. *Poult. Sci.* 81(10):1571-1577.
- Delany, J. P., Blohm, F., Truett, A. A., Scimeca, J. A. and West, D. B. 1999. Conjugated linoleic acid rapidly reduces body fat content in mice without affecting energy intake. *Comp. Physiol.* 45:R1172-1179.
- Dridi, S., Williams, J., Bruggeman, V., Onagbesan, M., Raver, N., Decuypere, E., Djiane, J., Gertler, A. and Taouis, M. A. 2000. Chicken leptin-specific radioimmunoassay. *Domest. Anim. Endocrinol.* 18(3): 325-335.
- Du, M., Ahn, D. U., Nam, K. C. and Sell, J. L. 2001. Volatile profiles and lipid oxidation of irradiated cooked chicken meat from laying hens fed di-

- ets containing conjugated linoleic acid. *Poult. Sci.* 80(2):235-241.
11. Evans, K., Burdge, G. C., Wootton, S. A., Clark, M. L. and Frayn, K. N. 2002. Regulation of dietary fatty acid entrapment in subcutaneous adipose tissue and skeletal muscle. *Diabetes*, 51(9):2684-2690.
  12. Folch, J., Lees, M. and Sloane-Stanley, G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226:497.
  13. Ha, Y. L., Grimm, N. K. and Pariza, M. W. 1987. Anticarcinogens from fried ground beef : heat-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis*, 8(12):1881-1887.
  14. Ha, Y. L., Grimm, N. K. and Pariza, M. W. 1989. Newly recognized anticarcinogenic fatty acids: identification and quantification in natural and processed cheeses. *J. Agric. Food Chem.* 37(1):75-81.
  15. Ha, Y. L., Ha, H. S., Ha, J., Kim, Bahn, K. N., Lee, E. J. and Ha, J. K. 1994. 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, 79D 6, p. 249.
  16. Haumann, B. F. 1996. Conjugated linoleic acid offers research promise. *INFORM*, 7(2):152-159.
  17. Houseknecht, K. L., Vanden, H. J. P., Moya-Camarena, S. Y., Portocarrero, C. P., Peck, L. W., Nickel, K. P. and Belury, M. A. 1998. Dietary conjugated linoleic acid normalizes impaired glucose tolerance in the Zucker diabetic fatty(fa/fa) rat. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 244:678-682.
  18. Hughes, P. E., Hunter, W. J. and Tove, S. B. 1982. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. Purification and properties of cis-9, trans-11-octadecadienoate reductase. *J. Biol. Chem.* 257(7):3643-3649.
  19. Jones, S., Ma, D. W., Robinson, F. E., Field, C. J. and Clandinin, M. T. 2000. Isomers of conjugated linoleic acid (CLA) are incorporated into egg yolk lipids by CLA-fed laying hens. *J. Nutr.* 130: 2002-2005.
  20. Kang, K. and Pariza, M. W. 2001. trans-10,cis-12-Conjugated linoleic acid reduces leptin secretion from 3T3-L1 adipocytes. *Biochem. Biophys. Res. Com.* 287:377-382.
  21. Lee, K. N., Kritchevsky, D. and Pariza, M. W. 1994. Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis*, 108:19-25.
  22. Park, Y., Albright, K. J., Liu, W., Storkson, J. M., Cook, M. E. and Pariza, M. W. 1997. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipids*, 32:853-858.
  23. Park, Y., Storkson, J. M., Albright, K. J., Liu, W. and Pariza, M. W. 1999. Evidence that the trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid induces body composition changes in mice. *Lipids*, 34(3):235-241.
  24. Rahman, S. M., Wang, Y., Yotsumoto, H., Cha, J., Han, S., Inoue, S. and Yanagita, T. 2001. Effects of conjugated linoleic acid on serum leptin concentration, body-fat accumulation, and beta-oxidation of fatty acid in OLETF rats. *Nutrition*, 17(5):385-390.
  25. SAS. 1996. User's Guide: Statistics Version 6.12 Edition. SAS inst, Inc., Cary., NC.
  26. Sell, J. L., Jin, S. and Jeffrey, M. 2001. Metabolizable energy value of CLA for broiler chicks and laying hens. *Poult. Sci.* 80(2):209-214.
  27. Stangl, G. I., Muller, H. and Kirchgessner, M. 1999. Conjugated linoleic acid effects on circulating hormones, metabolites and lipoproteins, and its proportion in fasting serum and erythrocyte membranes of swine. *Eur. J. Nutr.* 38(6):271-277.
  28. Szymczyk, B., Pisulewski, P. M., Szczurek, W. and Hanczakowski, P. 2001. Effects of conjugated linoleic acid on growth performance, feed conversion efficiency, and subsequent carcass quality in broiler chickens. *Br. J. Nutr.* 85(4):465-473.
  29. Takahashi, K., Kawamata, K., Akiba, Y., Iwata, T. and Kasai, M. 2002. Influence of dietary conjugated linoleic acid isomers on early inflammatory responses in male broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 43(1):47-53.
  30. Tischendorf, F., Mockel, P., Schone, F., Plonne, M. and Jahreis, G. 2002. Effect of dietary conjugated linoleic acids on the distribution of fatty acids in serum lipoprotein fractions and different tissues of growing pigs. *J. Anim. Physiol. Nutr(Berl)*. 86(9-10):313-325.
  31. Tsuboyama-Kasaoka, N., Takahashi, M., Tanemura, K., Kim, H. J., Tange, T., Okuyama, H., Kasai, M., Ikemoto, S. and Ezaki, O. 2000. Conjugated linoleic acid supplementation reduces adipose tissue by apoptosis and develops lipodystrophy in mice. *Diabetes*, 49:1534-1542.

(접수일자 : 2004. 12. 13. / 채택일자 : 2005. 3. 24.)