

계란 난황내 arachidonic acid 및 conjugated linoleic acid 이행에 관한 연구

권 순 관 / 건국대학교 축산대학 축산학과

서 론

식물체에서만 합성되어 동물은 식이로 공급되어야 하는 필수지방산 가운데 linoleic acid(LA, 18:2 n-6)는 포유동물의 체내에서 elongation을 통하여 γ -linolenic acid(GLA, 18:3 n-6), dihomo- γ -linolenic acid(DGLA, 20:3 n-6)를 거쳐 AA(20:4 n-6)로 전환되고 각 중간유도체는 eicosanoids로 다시 전환된다(Murray 등, 2000). 가금류는 포유동물보다 지질대사 능력이 뛰어난 것으로 알려져 있으나 LA(18:2 n-6)로부터 AA(20:4 n-6)로의 전환에는 $\Delta 6$ desaturase에 의한 제한단계와 AA(20:4 n-6)의 feedback 작용으로 인하여 AA(20:4 n-6)가 다량 함유된 계란의 생산에는 어려움이 있었다(Whelan, 1996).

Arachidonic acid는 유아의 뇌 발달에 중요한 역할을 하는 지방산으로 신생아용 조제분유에 반드시 첨가되어야 하는 성분으로 인식되면서 유아용 분유의 유효성분으로써 그 수요가 증가되고 있다. 그리고 고령화가 빠르게 진행되면서 건강식품의 필수성분으로써 필요성 또한 늘고 있다. 조제분유의 성분 중에 AA(20:4 n-6)가 모유의 수준으로 포함되도록 하기 위하여 유럽과 극동아시아 지역에서는 일부 프리미엄급 분유에 AA(20:4 n-6)가 포함되어 왔으며, 미국에서도 2002년 2월부터 AA(20:4 n-6)와 DHA(22:6 n-6)가 첨가된 분유가 판매되기 시작하였다(Bidwell, 2002). AA는 오랫동안 인간의 식품이 되어온 계란과 생선에 천연적으로 존재해 왔다. 영양학적으로 균형을 이룬 식용유지를 생산하기 위하여 난황으로부터 생산된 lecithin은 일상적으로 섭취하는 음식물인 계란의 유효성분이기 때문에 특별한 거부감 없이 받아들여질 수 있어 AA(20:4 n-6)의 공급원으로써 그 가치가 높다.

Conjugated linoleic acid(CLA)는 Pariza 등(1979)에 의해 처음으로 그 존재가 알려진 이래, CLA가 함암효과(Belury, 1995), 혈중 콜레스테롤 감소효과(Ha, 1987), 면역증강효과(Cook 등, 1993), 항산화작용, 체지방 감소효과(DeLany 등, 1999 ; Park 등, 1999) 등을 가진 고기능성 생리활성물질이란 것이 보고되면서 CLA를 함유한 우유 및 각종 유제품과 우육, 돈육, 계육 그리고 계란은 인간을 위한 고기능성 축산물 공급원으로 대두되었다.

산란계에서 사료에 CLA를 첨가하게 되면 난황 내로 CLA가 이행되며(Park 등, 1998), CLA는 난황의 여러 fraction 중에서도 phosphatidyl choline(PC)과 phosphatidyl ethanolamine(PE)보다는 triacylglyceride에 더 많이 축적된다(Du 등, 2000). CLA는 반추위에서 linoleic acid의 불완전 수소첨가(incomplete ruminal biohydrogenation)에 의해서 형성되어 반추위 내에서 일부 흡수되고 일부는 다시 trans fatty acid인 vaccenic acid로 전환되고 다시 stearic acid로 최종 전환된다(Kelly 등, 1988). 이처럼 반추동물에서 소량 생산되던 것을 safflower oil과 같이 linoleic acid 함량이 높은 유지에 인위적인 수소첨가과정을 통해, 실험실적으로 CLA를 만들게 됨으로써 비반추 동물에서의 CLA의 이용범위가 넓어지게 되었다. 따라서 인간의 건강에 기여하는 기능성 축산식품의 개발과 안정적 공급에 대한 요구가 증가하는 가운데, 사료의 성분을 조절함으로써 eicosanoid의 전구체인

AA(20:4 n-6)와 여러 가지 생리활성을 나타내는 CLA 함량이 높은 고기능성 계란의 생산과 이와 관련된 산란계의 생산성 및 생리적 변화에 대하여 고찰하고자 본 연구를 실시하였다.

시험 I. 대두유와 *Motierella alpina* 첨가에 따른 계란 난황내 arachidonic acid 이행 효과

1. 연구목적

본 시험은 AA(20:4 n-6)의 함량이 높은 lechitin을 함유한 계란을 생산하기 위하여, 동물성지방인 tallow와 식물성 유지 가운데 LA(18:2 n-6)의 함량이 높은 대두유, 그리고 지질 함량이 총 고형물 중 40%이고 AA(20:4 n-6) 함량이 총지질의 약 35%인 *Motierella alpina*(진균류)의 첨가수준을 조절함으로써 계란 난황내 AA(20:4 n-6)의 이행정도를 알아보려고 실시하였다.

2. 재료 및 방법

1) 시험설계

56주령 갈색 산란계(ISA-brown) 200수를 공시하여 5처리 4반복, 반복당 4수를 니플이 설치된 2단 알루미늄 케이지에 임의 배치하여 총 30일간에 걸쳐 사양시험을 실시하였다. 시험사료는 옥수수과 대두박을 기초로 하였으며, 지방 공급원으로써 tallow와 대두유를 사용하였으며 여기에 AA(20:4 n-6) 공급원으로써 *Motierella alpina*를 첨가하여 실시하였다.

2) 측정항목

2-1) 생산성(산란율, 사료섭취량, 평균난중)

시험시작 이후 10일, 20일, 30일째 사료섭취량을 조사하였고 시험기간 중 매일 오전 10:00에 산란수와 난중을 측정하여 산란율 및 평균난중을 조사하였다. 산란율은 연파란 등을 모두 합한 총 산란수를 사육수수로 나누어 구하였으며 난중은 정상란의 평균난중으로 하였다. 매주 생산된 계란을 수집하여 계란의 품질(난각강도, 난각두께, Haugh Unit, 난황색, 난중대 난황비)을 측정하였다.

2-2) 체조성의 변화

사양시험 종료일에 처리구별로 반복당 평균체중에 가까운 시험계 2수씩을 선발하여 도살 후 익하정맥으로부터 혈액을 채취한 후, 간장, 췌장, 비장과 복강지방을 채취하여 중량을 측정하였다. 결과치는 생체중에 대한 상대적 중량으로 표시하였다.

혈액 sample은 혈액응고를 방지하기 위해 heparin 처리된 tube를 사용하였으며 채취후 1,500rpm × 15분으로 원심분리하여 plasma를 얻었다. 혈청내 GPT(gamma-pyruvic transpeptidase), GOT(gamma-oxaloacetate transaminase), cholesterol 농도를 자동 혈액분석기를 이용 측정하였다.

2-3) 계란난황 내 총지질함량 및 지방산 조성 조사

총지질 및 지방산 분석을 위한 sample은 시험시작 이후 5일 간격으로 총 5회 계란을 수집하여 난황만을 분리한 후 분석시까지 냉동 보관하였다. 지방산 분석을 위한 전처리는 수집한 계란에서 난황을 분리하고 잘 섞은 후 Folch 등(1957)의 방법에 의해 처리하였다.

냉동 보관된 샘플을 Sukhija와 Palmquist(1988)의 방법에 의해 메틸에스테르화한 후 GC(HP 6890 Series GC System, Hewlett Packard, PA, USA)로 분석하였다.

3) 통계분석

시험에서 얻어진 자료들의 통계분석은 SAS(1996)의 GLM Procedure를 이용하여 Duncan's Multiple Range Test(Duncan, 1955)를 통해 처리간의 유의성을 검정하였다.

Table 1. Fatty acid composition of tallow, soy oil, and *Motierella alpina*

Fatty acids	Tallow	Soy oil	<i>Motierella alpina</i>
14:0	2.85	0.00	0.79
16:0	24.35	9.81	17.00
16:1 n-7	3.14	0.00	0.17
18:0	16.74	3.43	8.72
18:1 n-9	40.90	19.79	11.47
18:2 n-6	3.14	50.37	11.90
18:3 n-3	0.29	6.14	-
20:4 n-6	-	-	34.45
Total	100.00	100.00	100.00

Table 2. Composition of experimental diets(%)

Included	T1 ¹⁾	T2	T3	T4	T5
Corn 8%	57.68	57.68	50.00	50.00	50.00
Corn gluten meal 60%	5.91	5.91	0.77	0.77	0.77
Soy bean meal	10.00	10.00	18.27	18.27	18.27
Calcium carbonate	8.83	8.83	8.79	8.79	8.79
Tricalcium phosphate	1.45	1.45	1.37	1.37	1.37
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Choline Cl	0.17	0.17	0.11	0.11	0.11
Lysin-HCl	0.17	0.17	0.01	0.01	0.01
DL-methionine	0.01	0.01	0.09	0.09	0.09
Premix(mineral+vitamin) ²⁾	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Corn gluten feed	14.94	14.94	17.25	17.25	17.25
Animal fat	0.50	0.50	-	-	-
Soy oil	-	-	3.00	3.00	3.00
<i>Motierella alpina</i>	-	0.50	-	0.50	1.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated analysis					
DM	88.37	88.37	88.72	88.72	88.72
Crude protein	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Crude fat	3.22	3.22	5.33	5.33	5.33
Crude fiber	3.00	3.00	3.44	3.44	3.44
Calcium carbonate	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80
Available phosphorus	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
TMEn	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800

¹⁾ T1 : Animal fat 0.5%, T2 : Animal fat 0.5% + *Motierella alpina* 1.0%, T3 : Soy oil 3%,

T4 : Soy oil 3% + *Motierella alpina* 0.5%, T5 : Soy oil 3% + *Motierella alpina* 1.0%

²⁾ Provides per kg of diet(Vitamin A : 8,000 IU/kg, Vitamin D : 1,600 IU/kg, Vitamin E : 10ppm, Vitamin K : 2 ppm, Vitamin B₁ : 1.5 ppm, Vitamin B₂ : 4 ppm, Pantothenic acid : 5ppm, Vitamin B₆ : 2 ppm, Vitamin B₁₂ : 0.01 ppm, Selenium : 0.15 ppm, Vitamin B₃(Niacin) : 20 ppm, Folic acid : 0.4 ppm, Choline : 500 ppm, Cobalt : 0.3 ppm, Copper : 6 ppm, Iron : 50 ppm, Iodine : 0.6ppm, Manganese : 30 ppm, Zinc : 40 ppm)

3. 결과 및 고찰

1) 산란율, 사료섭취량 및 난중의 변화

사료내 사용된 지방원료는 크게 동물성지방(tallow)과 식물성지방(soy oil)을 사용하였으며 각 사료에 MA를 첨가하였음에도 불구하고 산란율, 사료섭취량 및 난중의 변화는 일어나지 않았다. 본 시험에서는 유지를 사료에 추가로 첨가하지 않고 영양소 요구량에 맞추어 사료를 배합하였기 때문에 조지방과 조섬유의 차이만 있었을 뿐 에너지를 포함한 기타 영양소 함량은 모두 같았다. 사용된 유지의 함량 차이와 첨가된 MA에 따른 변화에 의한 영향에 주목하였으나 어떠한 변화도 관찰되지 않았다.

Table 3. Change of egg production rates over time in the laying hens fed different fat sources¹⁾

Variables	T1	T2	T3	T4	T5
Feed consumption, g	116.3 ±2.4	111.6 ±4.8	111.7 ±5.1	114.2 ±5.8	115.2 ±0.6
Egg production rate, %	65.1 ±3.4	66.0 ±1.7	64.7 ±3.9	64.5 ±2.6	62.5 ±4.1
Average egg weight, g	70.4 ±1.4	70.9 ±0.8	71.3 ±1.1	71.2 ±0.8	71.6 ±0.6

¹⁾ Values are means ± S.E.

T1 : Animal fat 0.5%, T2 : Animal fat 0.5% + *Motierella alpina* 1.0%, T3 : Soy oil 3%

T4 : Soy oil 3% + *Motierella alpina* 0.5%, T5 : Soy oil 3% + *Motierella alpina* 1.0%

2) 계란의 품질 및 간장, 비장, 췌장 및 복강지방의 상대적 중량변화

종료시 얻어진 각 sample은 생체중에 대한 상대적 중량으로 표시되었다. 간장, 비장, 췌장의 상대 중량은 처리간에 차이를 보이지 않았다. 3%의 대두유를 사용한 고지방 처리구인 T3, T4, T5 처리구의 간장무게도 일반사료 첨가수준인 0.5% tallow 처리구와 차이 없었다. 복강지방의 상대 중량은 0.5% tallow 처리구에서 가장 높은 경향을 보였으나 차이를 나타내지는 않았다.

Table 4. Change of egg quality over time in the laying hens fed different fat sources¹⁾

Items	T1	T2	T3	T4	T5
Eggshell strength(kg/cm ²)	3.1 ±0.2	3.5 ±0.2	3.4 ±0.2	3.3 ±0.2	2.8 ±0.2
Eggshell thickness(0.01mm)	37.7 ±0.8	36.3 ±0.8	37.6 ±1.1	37.6 ±0.9	37.1 ±0.9
Haugh unit (H.U)	81.5 ±1.7	74.4 ±3.1	78.3 ±2.4	67.6 ±3.4	72.1 ±2.8
Eggyolk color(R.C.F)	10.5 ±0.2	10.1 ±0.3	9.7 ±0.1	9.8 ±0.1	9.7 ±0.1
Eggyolk/egg(%)	24.6 ±0.6	24.6 ±0.7	25.0 ±0.6	24.3 ±0.7	25.4 ±0.4

¹⁾ Values are means ± S.E.

3) 혈액내 GOT, GPT 및 total cholesterol의 변화

모든 처리구에서 GOT, GPT, total cholesterol 농도의 변화는 나타나지 않았다. *Motierella alpina*를 첨가한 T2와 T5에서 GPT 수치가 높은 경향을 나타내었으나 통계적 차이는 발견할 수 없었다.

간에 존재하는 효소인 GPT의 농도 증가는 질병 등에 의한 간 손상을 의미하기 때문에, *Motierella alpina* 첨가구에서만 증가경향은 *Motierella alpina*에 미지의 독성인자가 포함되어 있을 가능성이 있으며 이에 대한 추가적인 연구조사가 필요할 것으로 사료된다.

Table 5. Change of relative tissue weight over time in the laying hens fed different fat sources¹⁾

Variables	T1	T2	T3	T4	T5
Liver, g/100gBW	2.8 ±0.1	2.8 ±0.2	2.7 ±0.1	2.3 ±0.2	2.5 ±0.2
Spleen, g/100gBW	0.10 ±0.01	0.09 ±0.00	0.10 ±0.01	0.10 ±0.01	0.09 ±0.01
Pancreas, g/100gBW	0.16 ±0.01	0.17 ±0.01	0.19 ±0.00	0.17 ±0.01	0.20 ±0.01
Abdominal fat, g/100gBW	4.7 ±0.6	3.2 ±1.2	3.7 ±0.8	3.7 ±1.3	3.2 ±0.8

¹⁾ Values are means ± S.E.
 T1 : Animal fat 0.5%, T2 : Animal fat 0.5% + *Motierella alpina* 1.0%, T3 : Soy oil 3%,
 T4 : Soy oil 3% + *Motierella alpina* 0.5%, T5 : Soy oil 3% + *Motierella alpina* 1.0%

Table 6. Change of GOT, GPT and total cholesterol of plasma in the laying hens fed different fat sources¹⁾

구분	T1	T2	T3	T4	T5
GOT, U/l ²⁾	137.8 ±22.7	182.3 ±26.2	157.8 ±13.8	186.0 ±22.2	164.5 ±7.6
GPT, U/l ³⁾	1.8 ±0.5	2.8 ±1.0	2.3 ±0.5	2.0 ±0.6	2.8 ±0.6
Total cholesteol, mg/dl	100.3 ±10.1	108.0 ±17.5	114.5 ±4.4	99.3 ±18.3	106.8 ±12.2

¹⁾ Values are means ± S.E. ²⁾ GOT : glutamic oxaloacetic transaminase ³⁾ GPT : glutamic pyruvic transaminase
 T1 : Animal fat 0.5%, T2 : Animal fat 0.5% + *Motierella alpina* 1.0%, T3 : Soy oil 3%
 T4 : Soy oil 3% + *Motierella alpina* 0.5%, T5 : Soy oil 3% + *Motierella alpina* 1.0%

Table 7. Composition of fatty acid in egg yolk lipids

Fatty acids	T1	T2	T3	T4	T5
14:0	0.31	0.30	0.27	0.28	0.22
16:0	24.39	24.32	23.44	23.30	21.27
16:1 n-7	3.71	4.00	4.10	4.22	4.73
18:0	8.27	8.29	7.93	7.71	7.48
18:1 n-9	43.97 ^a	45.31 ^a	39.67 ^b	39.14	39.54 ^b
18:2 n-6	13.91	12.69	19.37	20.16 ^b	21.26
18:3 n-3	0.13 ^c	0.06 ^d	0.42 ^b	0.57 ^b	0.59 ^a
20:4 n-6	2.36	2.44	2.08	2.18	2.24
20:5 n-3	0.23	0.20	0.21	0.21	0.14
22:6 n-3	0.63 ^b	0.39 ^c	1.09 ^a	1.00 ^a	1.07 ^a
Others	2.09	2.02	1.43	1.22	1.48
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
SFA	32.97	32.90	31.64	31.29	28.97
MUFA	47.68 ^a	49.31 ^a	43.77 ^b	43.36 ^b	44.26 ^b
PUFA	17.27 ^b	15.78 ^b	23.16 ^a	24.12 ^a	25.30 ^a
n-3	0.99 ^b	0.64 ^c	1.72 ^a	1.78 ^a	1.80 ^a
n-6	16.27 ^b	15.13 ^b	21.44 ^a	22.34 ^a	23.50 ^a
n-6/n-3	16.39 ^b	23.56 ^a	12.50 ^c	12.55 ^c	13.08 ^d

T1 : Animal fat 0.5%, T2 : Animal fat 0.5% + *Motierella alpina* 1.0%, T3 : Soy oil 3%
 T4 : Soy oil 3% + *Motierella alpina* 0.5%, T5 : Soy oil 3% + *Motierella alpina* 1.0%
^{a-d} Values in a row not sharing a common letter differ significantly at P(0.05).
 SFA : saturated fatty acid, MUFA : monounsaturated fatty acid, PUFA : polyunsaturated fatty acid

4) 난황지질의 지방산 조성

본 시험에서 tallow 처리구에 비하여 대두유 처리구부터 생산된 계란 난황지질 내 OA(18:1 n-9)의 감소와 LA(18:2 n-6)의 증가, 그리고 ALA(18:3 n-3)의 증가는 식물유지인 대두유의 지방산 조성을

난황지질에 반영한 결과로 볼 수 있으며 이러한 지방산 조성을 가진 식물성 유지를 사용한 기존의 연구 결과와 잘 일치한다(Nabera와 Biggert, 1989). 그러나 n-6계열 지방산 대사의 시작물질인 LA(18:2 n-6) 함량이 높은 대두유와 AA(20:4 n-6) 함량이 높은 *Motierella alpina*의 사료내 첨가로 계란 난황 내 AA(20:4 n-6)의 증가를 기대하였으나 대두유 처리군에서 오히려 낮아지는 경향을 나타내었다.

본 연구에서 *Motierella alpina*를 첨가하였을 때 필수지방산인 LA(18:2 n-6)가 난황 내에서 증가하였음에도 불구하고 난황 내 AA(20:4 n-6)가 증가하지 않은 것은 최대 1% 수준으로 첨가된 *Motierella alpina*의 사료내 첨가량이 적었기 때문보다는 대두유의 지방산조성 때문으로 사료된다.

대두유에는 LA(18:2 n-6)의 함량이 높은 유지이지만 약 6%에 달하는 ALA가 포함되어있다. n-6 계열 지방산의 대사에 있어서 ALA(18:3 n-3)는 $\Delta 6$ desaturase의 활성을 억제하여(Cherian과 sim, 1993), LA(18:2 n-6)로부터 GLA(18:3 n-6)로의 전환 효율을 떨어뜨리는 억제인자로서 작용하기 때문에, 결과적으로 AA(20:4 n-6) 함량이 감소하게 된다(Siess 등, 1988).

시험Ⅱ. n-6계열 지방산의 급여에 따른 계란내 arachidonic acid의 이행효과

1. 연구목적

본 시험은 사료내 n-3계열 지방산의 함량을 최소로 배합하고 여기에 n-6계열 지방산 중 LA(18:2 n-6), GLA(18:3 n-6), AA(20:4 n-6)의 함량이 높은 지방원으로써 각각 safflower oil, borage oil, *Motierella alpina*를 산란계에게 급여하였을 때 각 유지에 따른 난황내 AA(20:4 n-6)의 이행 정도를 알아보기 위하여 실시하였다.

2. 재료 및 방법

1) 시험설계

33주령 갈색 산란계(ISA-brown) 80수를 공시하여 5처리 4반복, 반복당 4수를 니플이 설치된 2단 알루미늄 케이지에 임의 배치하여 총 20일간에 걸쳐 사양시험을 실시하였다. 시험사료는 옥수수, 대두박 그리고 소맥을 기초로 하고 지방 공급원으로써 tallow를 사용한 대조구와 perilla oil, safflower oil, borage oil 및 *Motierella alpina*를 각각 40g/kg feed 사용하였다.

시험에 사용된 유지의 지방산 조성 가운데, Tallow는 oleic acid(OA ; 18:1 n-9)의 함량이 가장 높았으며, perilla oil(들기름)은 ALA(18:3 n-3)의 함량이 61.01%, safflower oil은 LA(18:2 n-6)이 77.65%, borage oil은 LA(18:2 n-6)의 함량이 37.10%, GLA(18:3 n-6)의 함량이 21.90%, *Motierella alpina*는 AA(20:4, n-6)의 함량이 34.45%로 AA(20:4 n-6)의 함량이 가장 높은 원료이다.

2) 측정항목

사료섭취량, 산란율, 평균난중이 조사되었으며 계란의 품질(난각강도, 난각두께, Haugh Unit, 난황색, 난중대 난황비)을 10일 간격으로 측정하였다.

3) 살모넬라 challenge

사양시험 종료 후 준비된 *Salmonella gallinarum*을 자동연속주사기를 사용하여 수당 1ml(1×

10⁸cfu)을 근육주사한 후 매일 폐사의 진행을 기록하였으며 salmonella challenge 7일후 생존한 개체의 익하정맥으로부터 혈액을 채취하였다. 그리고 간장과 비장을 취하고 그 무게를 측정하였다. 혈액 sample은 혈액응고를 방지하기 위해 heparin 처리된 tube를 사용하였으며 채취후 1500rpm×15분으로 원심 분리하여 plasma를 얻었다. 혈청내 GPT(gamma-pyruvic transpeptidase), GOT(gamma-oxaloacetate transaminase), cholesterol 함량을 자동 혈액 분석기를 이용 측정하였다.

Table 8. Composition of experimental diets(%)

Included	T1	T2	T3	T4	T5
Corn 8%	20.82	20.82	20.82	20.82	20.82
wheat 12%	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
Soy bean meal	23.44	23.44	23.44	23.44	23.44
Corn gluten feed	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71
Calcium carbonate	8.97	8.97	8.97	8.97	8.97
Tricalcium phosphate	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Choline Cl	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
DL-methionine	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Mineral mix ¹⁾	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Vitamin mix ²⁾	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Endox	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Animal fat	4.00	-	-	-	-
Perilla oil	-	4.00	-	-	-
Safflower oil	-	-	4.00	-	-
Borage oil	-	-	-	4.00	-
<i>Motierella alpina</i>	-	-	-	-	4.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated analysis					
Dry matter	88.97	88.97	88.97	88.97	88.97
Crude protein	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50
Crude fat	5.59	5.59	5.59	5.59	5.59
Crude fiber	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05
Calcium carbonate	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80
Available phosphorus	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
TME _n (Kcal/kg)	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800

T1 : Animal fat 4.0%, T2 : Perilla oil 4.0%, T3 : Safflower oil 4.0%, T4 : Borage oil 4.0%, T5 : *Motierella alpina* 4.0%

¹⁾ Mineral mixture provided following nutrients per kg of diet : Mn 77mg, Zn 57.2mg, I 1.32mg, Se, 0.11mg, Cu 27.5mg.

²⁾ Vitamin mixture provided following nutrients per kg of diet : Vitamin A 15,600IU, Vitamin D₃ 3,120IU,

Vitamin E 15.6mg, Vitamin K 0.91mg, Vitamin B₁ 1.3mg, Vitamin B₂ 0.026mg, Niacin 52mg, Oxystat 65mg,

Biotin 0.039mg, Folicin 0.39mg, Pyridoxin 1.3mg, Riboflavin 13mg, Pantothenic acid 15.6mg.

4) Cytokine 분석

Sandwich ELISA을 이용한 TNF- α assay는 Fomsgaard 등(1988)의 방법을 기초로 하여 실시되었다.

3. 결과 및 고찰

1) 산란율, 사료섭취량 및 난중의 변화

사료내 사용된 지방원료는 n-6계열 지방산 함량이 높은 식물성 지방과 *Motierella alpina*, 그리고 n-3계열 지방산 함량이 높은 식물성 지방인 perilla oil이 사용되었다. 산란율, 사료섭취량 및 난중의

변화는 나타나지 않았다. 대조구 사료에 유지를 첨가한 경우 산란율과 난중 등에는 영향을 미치지 않는 반면 사료섭취량의 감소를 보고하고 있는데(오홍록과 수가노, 1994), 이런 결과는 사료의 총에너지가 높아졌기 때문에 나타난 결과이므로 에너지와 단백질 등 영양소 함량을 일정하게 한 본 실험과는 상당한 차이를 나타내었다. 따라서 지방산 조성이 다른 계란을 생산하기 위해 사료내 지방공급을 증가시키더라도 영양소 함량을 일정하게 한다면 산란계에서 생산성의 감소는 일어나지 않을 것으로 사료된다.

Table 9. Effects of dietary oils sources on laying performances¹⁾

Variables	T1	T2	T3	T4	T5
Feed consumption, g	120.3± 1.7	114.1± 4.1	114.9± 4.0	115.6± 1.6	118.7± 1.1
Egg production rate, %	95.3± 0.8	96.3± 6.1	97.7± 0.8	97.9± 1.8	97.1± 1.6
Average egg weight, g	67.7± 0.8	66.7± 0.8	67.2± 1.4	66.6± 1.0	67.5± 0.7
Eggmass, g	64.5± 1.3	64.3± 4.6	66.5± 1.4	65.3± 2.2	65.2± 1.6

¹⁾ Values are means ± S.E.

T1 : Animal fat 4.0%, T2 : Perilla oil 4.0%, T3 : Safflower oil 4.0%, T4 : Borage oil 4.0%, T5 : *Motierella alpina* 4.0%

2) 계란의 품질

난각의 질을 나타내는 지표가 되는 난각강도와 난각두께는 서로 다른 지방조성을 갖고 있는 원료의 공급에 따른 차이가 없었다. 또, 난황색과 계란의 신선도의 척도가 되는 Haugh unit, 난중에 대한 난황 중량비에서도 차이를 나타내지 않았다. 이는 다음 지방산분석결과 지방산의 비율이 난황 내 지방산의 함량과 높은 상관관계를 나타낼 수 있음을 의미하는 것이다.

Table 10. Effects of dietary oils sources on egg qualities in laying hens¹⁾

Items	T1	T2	T3	T4	T5
Eggshell strength(kg/cm ²)	3.7± 0.2	4.1± 0.1	4.0± 0.2	3.9± 0.2	3.7± 0.2
Eggyolk color(R.C.F)	6.1± 0.1	6.1± 0.1	6.0± 0.1	6.2± 0.1	6.3± 0.1
Eggshell thickness(0.01mm)	36.4± 1.5	38.3± 0.7	36.3± 0.8	35.9± 1.0	37.9± 0.6
Haugh unit (H.U)	87.7± 1.5	86.3± 2.1	89.3± 2.2	83.9± 2.6	88.2± 1.2
Eggyolk wt.(g)	15.5± 0.3	15.5± 0.3	15.1± 0.3	15.4± 0.3	15.6± 0.2
Eggyolk/egg(%)	23.7± 0.4	23.9± 0.5	23.2± 0.5	23.7± 0.4	23.0± 0.5

¹⁾ Values are means ± S.E. / R.C.F: Roshe egg yolk color fan

T1 : Animal fat 4.0%, T2 : Perilla oil 4.0%, T3 : Safflower oil 4.0%, T4 : Borage oil 4.0%, T5 : *Motierella alpina* 4.0%

3) 간장, 비장, 췌장 및 복강지방의 상대적 증량변화

간장의 체중에 대한 상대 증량은 perilla oil과 borage oil 처리구보다 tallow 처리구에서 유의하게 무거웠다(P<0.05). 그러나 비장, 췌장 및 복강지방 증량은 모든 처리구에서 차이가 발견되지 않았다.

Table 11. Effects of dietary oils sources on relative organ weights in laying hens¹⁾

Variables	T1	T2	T3	T4	T5
Liver, g/100gBW	2.2± 0.1 ^a	1.8± 0.1 ^b	1.9± 0.1 ^{ab}	1.8± 0.1 ^b	2.0± 0.1 ^{ab}
Spleen, g/100gBW	0.11± 0.02	0.08± 0.01	0.08± 0.00	0.09± 0.01	0.09± 0.00
Pancreas, g/100gBW	0.20± 0.03	0.18± 0.01	0.18± 0.01	0.17± 0.01	0.19± 0.00
Abdominal fat, g/100gBW	3.3± 0.6	4.4± 0.3	3.4± 0.2	4.5± 1.3	2.9± 0.6

¹⁾ Values are means ± S.E. / ^{ab} Values in a row not sharing a common letter differ significantly at P<0.05.

T1 : Animal fat 4.0%, T2 : Perilla oil 4.0%, T3 : Safflower oil 4.0%, T4 : Borage oil 4.0%, T5 : *Motierella alpina* 4.0%

4) 난황내 지질 함량의 변화

계란 난황내 총지질 함량은 지방원의 급여 10일째에는 safflower oil 처리구가 대조구인 tallow 처리구에 비하여 난황내 지질 함량이 낮게 나타났으나(P<0.05) 시험 종료일에는 처리간에 약 29%로 차이를 나타내지 않았다.

Table 12. Effects of dietary oils sources on egg yolk lipid(%)¹⁾

Periods	T1	T2	T3	T4	T5
10d	27.6 ± 0.5 ^a	26.4 ± 0.6 ^{ab}	25.2 ± 1.0 ^b	26.0 ± 0.3 ^{ab}	27.5 ± 0.6 ^{ab}
20d	30.1 ± 1.0	29.2 ± 1.2	28.6 ± 0.9	30.1 ± 1.5	29.1 ± 0.8

¹⁾ Values are means ± S.E. / ^{ab} Values in a row not sharing a common letter differ significantly at P<0.05.
 T1 : Animal fat 4.0%, T2 : Perilla oil 4.0%, T3 : Safflower oil 4.0%, T4 : Borage oil 4.0%, T5 : *Motierella alpina* 4.0%

시간이 경과함에 따라서 난황내 total lipid의 비율은 서로 다른 지방원의 급여에 따른 사료내 지방산의 조성의 변화가 있더라도 차이를 나타내지 않았다. 따라서 서로 다른 지방원을 공급하여도 난황내에 축적되는 지질의 총량에는 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

다른 연구결과에서도 동일한 결과를 볼 수 있었는데 김은미 등(1997)에 의하면 홍화유 및 들깨유를 최대 8%까지 급여시에도 계란 난황의 총지질 함량에는 변화가 없었다고 한다.

5) 난황지질의 지방산 조성

난황내 지방산 조성은 시험 10일째와 시험 20일째의 결과가 거의 일치하였다. 이는 난황내 지방산 조성은 지방의 식이 공급에 따라 매우 빠르게 반응하며 10일 이후에는 더 이상의 변화가 없는 안정된 상태에 도달함을 보여주었다. 그리고, 난황내 지방산 조성은 공급된 유지에 따라 상당히 다른 양상을 보였는데 perilla oil 처리구는 ALA(18:3 n-3)와 DHA(22:6 n-3)의 비율이 급격히 증가하였으나 AA(20:4 n-6)의 함량의 절반으로 감소하였다. 이러한 현상은 perilla oil내 다량 함유되어 있는 ALA(18:3 n-3)가 계란내로 이행되었고 oil 내에는 존재하지 않는 DHA(22:6 n-3) 불포화 사슬연장이 일어났음을 닭의 체내에서 증명하는 것이다.

그러나 20:4 n-6의 함량감소는 여러 연구 결과에서 보여주듯 Δ6 desaturase의 활성이 n-3 계열 지방산 경로에 우선적으로 또한 더 활성이 높다는 사실과 일치한다.

Safflower oil 처리군은 LA(18:2 n-6)의 함량이 대폭 늘어났으나 AA(20:4 n-6)의 함량은 대조구에 비하여 약 22% 증가에 그쳤다. 자연계에서 GLA(18:3 n-6)의 함량이 가장 높은 borage oil 처리구는 사료내 약 1%의 borage oil이 함유되었는데 계란 난황 내에서도 0.82%로 높게 나타났다. 또한 AA(20:4 n-6)는 2.86%로 증가를 보였다. Δ6 desaturase의 n-6 fatty acid pathway의 저해를 우회하기 위하여 그 대사산물인 GLA(18:3 n-6)의 함량을 높인 결과 LA(18:2 n-6)의 공급보다는 AA(20:4 n-6)의 생성에 더 효과적이었다.

각 유지의 특성은 tallow는 일반적으로 상업용 사료에 사용되는 지방공급원이며 perilla oil은 ALA(18:3 n-3)의 비율이 다른 유지에 비하여 상대적으로 높은 n-3 계열 지방산 공급원이며 perilla oil, borage oil, *Motierella alpina*는 각각 LA(18:2 n-6), GLA(18:3 n-6), AA(20:4 n-6) 비율이 높은 n-6 계열 지방산의 대표적인 유지로써 n-6계열 지방산의 대사경로상의 중요한 물질들을 다량 함유하고 있다. 난황내 지방산의 조성변화는 지방원 종류에 따라서 매우 다르게 나타났다. 급여된 지방산에 많이 함유된 특정지방산에 따라서 계란내 그 지방산의 비율이 증가하였다. 특히 n-6계열 지방산의

LA(18:2 n-6)와, GLA(18:3 n-6)는 AA(20:4 n-6)로 불포화되어지고 사슬연장이 일어남을 보여주었다. 그러나 DGLA(20:3 n-6)는 AA(20:4 n-6)로 대사속도가 매우 빠른 것으로 알려져 있으며 분석상 detection도 되지 않았다(Takayasu 등, 1970).

난황내 AA(20:4 n-6)의 함량을 증가시키는 가장 좋은 방법은 다량의 AA를 포함하고 있는 *Motierella alpina*를 유지로써 사용한 것으로 밝혀졌다. 실제 *Motierella alpina*를 사용할 때 사료 kg당 AA의 함량은 0.56g이 된다. 만약 AA(20:4 n-6)의 함량이 더 높은 원료를 사용할 수 있다면 *Motierella alpina*의 급여량을 줄이면서도 같은 효과를 가져올 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

이상의 시험결과 사료내 첨가된 지방공급원의 지방산 조성이 난황지질의 지방산 조성에 그대로 반영되는 경향을 보였으며 AA(20:4 n-6)의 비율을 높이기 위해서는 Δ6 desaturase에 의한 n-3계열 pathway의 activity를 감소시키기 위하여 사료내 n-3계열 지방산 공급을 최소화하고 n-6계열 지방산 공급을 추가함으로써 난황지질내 AA(20:4 n-6)의 함량을 극대화할 수 있을 것으로 사료된다. AA 생산효율은 LA < GLA < AA 순이었다.

Table 13. Fatty acid composition of egg yolk lipids(wt. %)

Fatty acids	T1	T2	T3	T4	T5
14:0	0.38 ^{ab}	0.29 ^c	0.29 ^{bc}	0.36 ^a	0.36 ^a
16:0	26.92 ^{bc}	22.19 ^c	25.04 ^b	27.70 ^a	27.02 ^a
16:1 n-7	3.68 ^a	2.18 ^a	1.80 ^{bc}	1.47 ^c	3.19 ^a
18:0	8.16 ^c	9.89 ^{bc}	8.71 ^{bc}	10.89 ^a	9.12 ^b
18:1 n-9	45.32 ^a	36.52 ^b	30.29 ^c	31.35 ^c	39.93 ^b
18:2 n-6	8.73 ^c	13.44 ^c	26.59 ^a	19.55 ^b	11.50 ^c
γ-18:3 n-6	0.00 ^c	0.00 ^{bc}	0.09 ^{bc}	0.82 ^a	0.14 ^b
18:3 n-3	0.16 ^b	9.27 ^a	0.28 ^b	0.43 ^b	0.31 ^b
20:4 n-6	1.85 ^c	0.88 ^d	2.35 ^c	2.86 ^b	4.05 ^a
22:6 n-3	0.47 ^b	2.03 ^a	0.26 ^b	0.48 ^b	0.00 ^b
Others	4.34	3.30	4.31	4.11	4.38
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
SFA	35.46 ^b	32.38 ^b	34.04 ^b	38.95 ^a	36.50 ^a
MUFA	49.00 ^a	38.70 ^b	32.09 ^c	32.81 ^c	43.12 ^b
PUFA	11.20 ^c	25.62 ^b	29.56 ^a	24.13 ^b	16.00 ^c
n-3	0.63 ^b	11.30 ^a	0.54 ^b	0.91 ^b	0.31 ^b
n-6	10.58 ^c	14.32 ^c	29.02 ^a	23.22 ^b	15.70 ^c
n-6/n-3	16.91 ^{ab}	1.27 ^b	54.15 ^a	25.56 ^{ab}	51.14 ^{ab}

T1 : Animal fat 4.0%, T2 : Perilla oil 4.0%, T3 : Safflower oil 4.0%, T4 : Borage oil 4.0%, T5 : *Motierella alpina* 4.0%

^{a-cd} Values in a row not sharing a common letter differ significantly at P<0.05.

SFA : saturated fatty acid / MUFA : monounsaturated fatty acid / PUFA : polyunsaturated fatty acid

6) 살모넬라 challenge에 따른 혈액내 GOT, GPT, total cholesterol 및 TNF-α 농도변화

모든 처리구에서 GOT와 GPT의 변화는 없었다. GOT는 간, 심장, 근육, 신장에 존재하는 효소로서 이들 조직이 손상되면 혈중으로 유리되어 수치가 올라간다. GPT는 간에 대부분이 존재하는 효소로서 수치가 증가하는 것은 주로 간 손상을 의미한다. 이들 효소의 증가는 비만, 당뇨병, 알코올 남용, 심부전, 약제 부작용, 급성 또는 만성 간염(A, B, C형), 지방간 등에 의해 생길 수 있다. GOT와 GPT의 산란계에 있어서 기준치는 없지만 과거에 실시되었던 시험에서 얻은 분석결과와 비교하여 보면 정상적인 범위에 속한다. 혈액내 cholesterol 결과는 *Motierella alpina* 처리구에 비하여 perilla oil, safflower oil 및 borage oil 처리구에서 유의하게 낮았다(P<0.05). TNF-α는 borage oil 처리구와

Motierella alpina 처리구에서 소량 검출되었다.

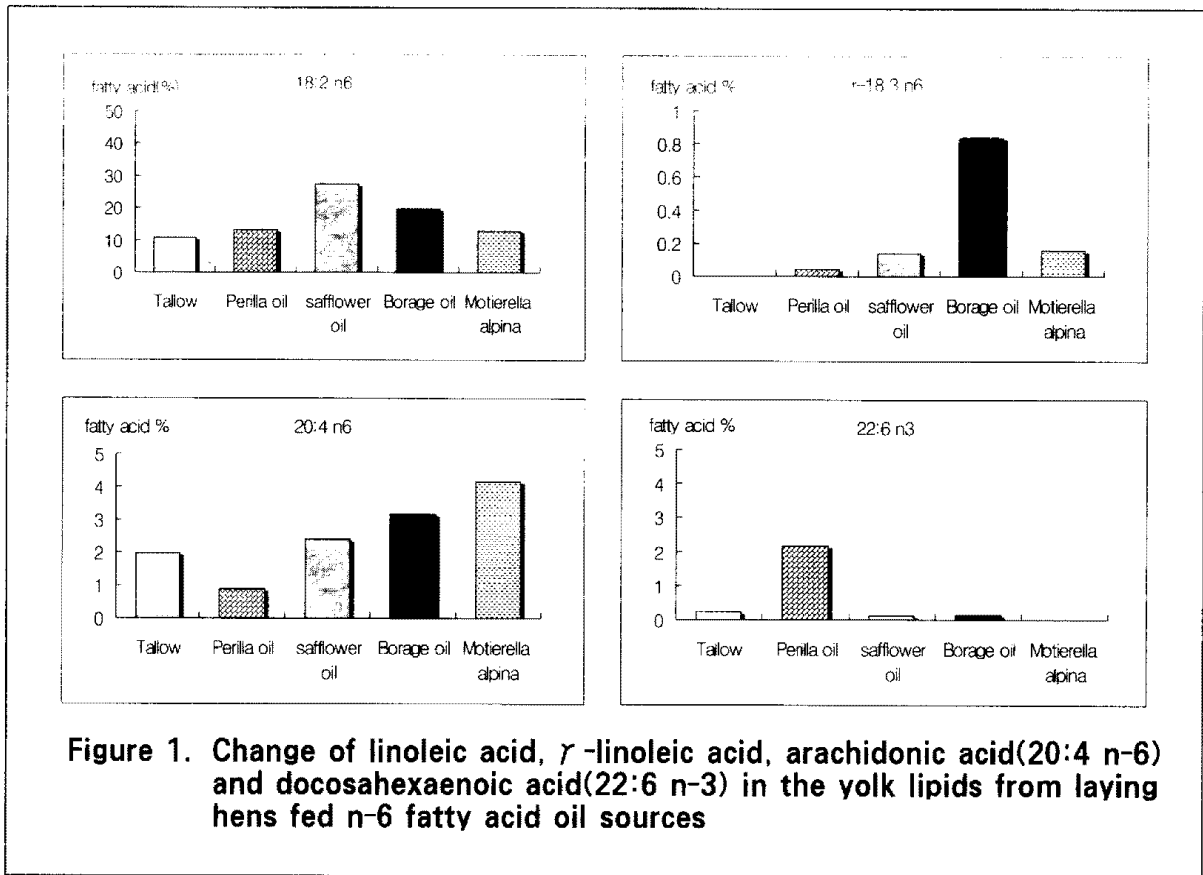


Figure 1. Change of linoleic acid, γ -linoleic acid, arachidonic acid(20:4 n-6) and docosahexaenoic acid(22:6 n-3) in the yolk lipids from laying hens fed n-6 fatty acid oil sources

Table 14. Effect of n-6 fatty acid on GOT, GPT, total cholesterol and TNF- α in plasma after salmonella challenge¹⁾

구 분	T1	T2	T3	T4	T5
GOT(U/l) ²⁾	193.7 ±11.1	158.0 ±1.7	177.0 ±5.2	186.3 ±5.0	187.0 ±25.3
GPT(U/l) ²⁾	2.7 ± 0.3	2.0 ±0.3	2.0 ±0.5	1.7 ±0.3	1.7 ± 0.7
Total cholesterol(mg/dl)	136.7 ±12.5 ^{ab}	86.3 ±2.0 ^b	113.0 ±4.6 ^b	95.3 ±17 ^a	190.3 ±63.7 ^a
TNF- α (pg/ml) ⁴⁾	ND	ND	ND	10.6 ±1.3	17.5 ±6.9

¹⁾ Values are means ± S.E. / ²⁾ GOT : glutamic oxaloacetic transaminase / ³⁾ GPT : glutamic pyruvic transaminase
⁴⁾ TNF- α : tumor necrosis factor- α / ^{ab} Values in a row not sharing a common letter differ significantly at P<0.05.
 T1 : Animal fat 4.0%, T2 : Perilla oil 4.0%, T3 : Safflower oil 4.0%, T4 : Borage oil 4.0%, T5 : *Motierella alpina* 4.0%

시험Ⅲ. 계란내 CLA 이행에 관한 연구

1. 연구목적

산란계 사료내에 CLA를 tallow와 대체 급여함에 따른 생산성의 변화와 계란 난황 내로의 CLA의 이행정도를 조사하고 인위적인 salmonella 감염에 따른 산란계의 항병력에 CLA의 사료내 수준이 미치는 영향에 대하여 알아보자고 본 연구를 실시하였다.

2. 재료 및 방법

40주령 갈색 산란계(ISA-brown) 36수를 공시하여 3처리 3반복, 반복당 4수를 니플이 설치된 2단 알루미늄 케이지에 임의 배치하여 총 20일간에 걸쳐 사양시험을 실시하였다. 시험사료는 옥수수과 대두박을 기초로 하고 tallow를 3%사용한 대조구와 tallow 1.5%+CLA 1.5%, CLA 3%로 총 3개의 처리로 시험을 실시하였다. 시험사료의 에너지 및 영양소의 수준은 NRC(1994) 요구량에 기초하였으며 사용된 지방공급원의 에너지 수준은 일정하게 두고 사료배합을 하였다.

CLA 유지에는 78.41%의 CLA가 포함되어 있으며 따라서 1.5% CLA 처리구의 총 CLA양은 1.17%이며, 3.0% CLA 처리구의 총 CLA양은 2.34%이다. CLA 유지내 지방산의 조성은 cis-9 trans-11 CLA isomer가 36.7%, trans-10 cis-12 CLA isomer가 36.83%, 그리고 기타 CLA가 4.88%로 구성되어있다. 기타 사양관리 및 분석항목은 실험2와 동일하다.

Table 15. Composition of experimental diets

Ingredients	T1	T2	T3
Corn 8%	58.87	58.87	58.87
Soybean meal 44%	17.00	17.00	17.00
Corn gluten 60%	5.40	5.40	5.40
Corn gluten feed	4.93	4.93	4.93
Salt	0.25	0.25	0.25
Tricalcium phosphate	1.39	1.39	1.39
Limestone	8.92	8.92	8.92
DL-methionine	0.07	0.07	0.07
Lysin-HCl	0.07	0.07	0.07
Premix ¹⁾	0.10	0.10	0.10
Tallow	3.00	1.50	0.00
Conjugated linoleic acid(CLA)	0.00	1.50	3.00
Total	100.00	100.00	100.00
Calculated analysis			
Dry matter	88.91	88.91	88.91
Crude protein	16.00	16.00	16.00
Crude fat	5.34	5.34	5.34
Crude fiber	3.46	3.46	3.46
Ash	12.56	12.56	12.56
TMEn(kcal/kg)	2,800	2,800	2,800

¹⁾ Provides per kg of diet(Vitamin A 8,000 IU/kg, Vitamin D 1,600 IU/kg, Vitamin E 10 ppm, Vitamin K 2 ppm, Vitamin B₁ 1.5 ppm, Vitamin B₂ 4 ppm, Pantothenic acid 5 ppm, Vitamin B₆ 2 ppm, Vitamin B₁₂ 0.01 ppm, Vitamin B₃(Niacin.) 20 ppm, Folic acid 0.4 ppm, Choline 500 ppm, Cobalt 0.3 ppm, Copper 6 ppm, Iron 50 ppm, Iodine 0.6 ppm, Manganese 30 ppm, Selenium 0.15 ppm, Zinc 40 ppm)

3. 결과 및 고찰

1) 산란율, 사료섭취량 및 난중의 변화

20일간의 CLA 처리에 따른 사료섭취량, 산란율, 난중의 변화는 나타나지 않았다. Ahn 등(1999)의 연구결과에서는 28일간의 2.5% CLA 처리에 비하여 5% CLA 처리시 사료섭취량과 산란율의 감소가 나타났다고 보고하였다.

Table 16. Effects of conjugated linoleic acid(CLA) level in laying hens diet on laying performances¹⁾

Parameters	CLA		
	0%	1.5%	3%
Feed consumption, g	122.8 ± 1.3	123.4 ± 0.9	120.3 ± 0.7
Egg production rate, %	93.4 ± 2.0	93.5 ± 3.4	92.7 ± 2.6
Average egg weight, g	65.1 ± 1.5	66.5 ± 1.3	63.2 ± 0.8
Eggmass, g	59.9 ± 1.4	61.3 ± 2.7	58.2 ± 3.7

¹⁾ Values are means ± S.E.

2) 난황내 지질함량의 변화

Table 17. Influence of conjugated linoleic acid(CLA) level on the total lipid of egg yolk¹⁾

Periods	CLA		
	0%	1.5%	3%
7d	27.5 ± 0.6	27.7 ± 0.7	27.9 ± 2.0
14d	30.4 ± 0.5	28.0 ± 1.2	23.2 ± 2.2
21d	29.2 ± 2.1	27.0 ± 0.4	29.2 ± 0.1
Means	29.1 ± 0.5	27.6 ± 0.2	26.8 ± 0.7

¹⁾ Values are means ± S.E.

3) 난황지질의 지방산 조성

산란계 사료내 CLA의 수준별 사용에 따른 난황지질내 지방산조성의 변화에 대한 결과는 표18에 나타내었다. 시험 10일째 난황내 CLA 함량은 사료내 CLA의 수준이 증가함에 따라 증가를 나타내었다 (P<0.05). 반면 CLA를 급여하지 않은 처리구(tallow 3% 처리)에서는 난황 내에서 CLA가 검출되지 않았다. CLA가 반추위내 미생물에 의해서 합성되는 지방산인 만큼 산란계에서는 CLA의 합성이 전혀 이루어지지 않는다는 것을 보여주었다. CLA 이외에 다른 지방산의 변화를 살펴보면 stearic acid(C18:0)와 OA(C18:1 n9)가 주목할 만한 변화를 나타내었다.

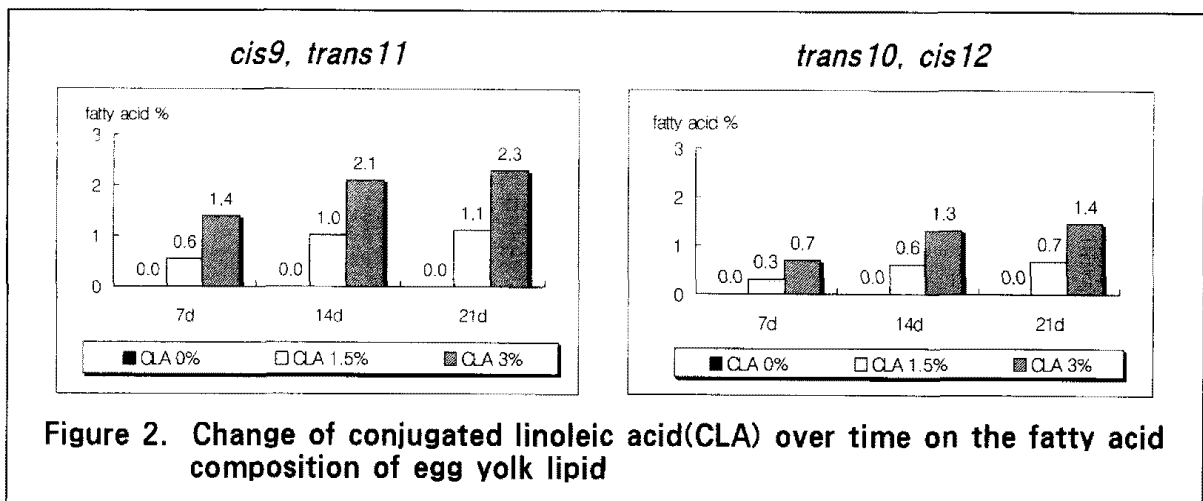


Figure 2. Change of conjugated linoleic acid(CLA) over time on the fatty acid composition of egg yolk lipid

Stearic acid는 사료내 CLA 처리에 따라서 급격한 증가를 나타내었으며 OA는 이와는 반대로 CLA 수준에 따라서 감소하였다. 또 DHA는 CLA수준에 따라서 유의한 감소를 나타내었으며 AA와 EPA 등 long chain polyunsaturated fatty acid(LCPUFA)의 감소경향이 뚜렷하게 나타났다. 난황내 SFA는 증가하였고 MUFA는 그 감소폭이 매우 컸다. PUFA는 CLA의 증가만큼의 증가가 관찰되었다.

이상의 결과는 시험 20일째 수집된 난황의 지방산 분석결과에서도 동일하게 나타났다. 난황지질내 CLA의 함량은 시험 10일째보다 약 2배 이상 증가되어 3% CLA 처리구의 경우 CLA의 비율이 10.26%에 이르렀다. 시험 10일째에 비하여 MUFA의 감소가 더 심하게 일어나서 CLA 수준의 증가와는 반대로 stearic acid의 감소와 더불어 palmitoleic acid(C16:1 n-7)도 감소되었다. C18:0와 C16:0의 증가도 시험 10일째와 같이 유지되었으며 LCPUFA의 감소도 관찰되었다.

Table 18. Influence of conjugated linoleic acid(CLA) level on the fatty acid composition of egg yolk lipid at 21th day

Fatty acids	CLA			Pooled SE
	0%	15%	3%	
14:0	0.38 ^b	0.64 ^a	0.63 ^a	0.01
16:0	24.11 ^b	35.21 ^a	35.69 ^a	0.51
16:1 n-7	2.65 ^a	0.97 ^b	0.67 ^b	0.08
18:0	8.03 ^b	20.04 ^a	19.56 ^a	0.52
18:1 n-9	45.56 ^a	23.06 ^b	19.42 ^b	1.06
18:2 n-6	11.31	13.98	14.50	0.25
18:3 n-3	0.19	0.29	0.28	0.01
c9,t11 CLA	0.00 ^c	1.12 ^b	2.30 ^a	0.09
t10,c12 CLA	0.00 ^c	0.68 ^b	1.44 ^a	0.06
Other CLA	0.00 ^c	0.37 ^b	0.86 ^a	0.04
20:4 n-6	1.82	1.11 ^b	1.12	0.05
20:5 n-3	0.10	0.17	0.10 ^b	0.01
22:6 n-3	0.52 ^a	0.07	0.00	0.02
Others	5.34	2.30	3.43	0.13
Total	100.00	100.00	100.00	0.00
SFA	32.52 ^b	55.89 ^a	55.88 ^a	1.03
MUFA	48.21 ^a	24.02 ^b	20.09 ^b	1.14
PUFA	13.94 ^c	17.79 ^{ab}	20.60 ^a	0.35
Total CLA	0.00 ^c	2.17 ^b	4.60 ^a	0.19

^{a-c} Values in a row not sharing a common letter differ significantly at P<0.05.

SFA : saturated fatty acid / MUFA : monounsaturated fatty acid / PUFA : polyunsaturated fatty acid

4) 살모넬라 challenge에 따른 간장과 비장의 상대적 중량변화

산란계 사료내 CLA의 수준별 사용과 salmonella challenge에 따른 간장과 비장의 상대적 중량의 변화에 대한 결과는 표19에 나타내었다. Salmonella challenge 실시 전과 후의 간장의 중량은 많은 차이를 나타내었다. 살모넬라 접종후 간장의 중량은 CLA의 수준과는 역으로 증가하였다.

살모넬라에 감염된 시험계의 간장에서는 흰색반점이 넓게 분포하는 전형적인 감염증상을 보였으며 CLA 0% 대조구에서는 간장의 부분 괴사가 발견되기도 하였다. 비장의 중량도 간장과 유사한 경향을 나타내었다. 살모넬라가 접종된 경우 중량이 약 2.5배 증가하였다. 하지만 CLA 수준에 따른 차이는 발견할 수 없었다.

Table 19. Effects of conjugated linoleic acid(CLA) level on relative organ weight after salmonella challenge¹⁾

Variables	Control (non challenged)	CLA		
		0%	1.5%	3%
Liver, g/100gBW	1.9 ± 0.2 ^a	5.0 ± 0.0 ^a	4.5 ± 0.2 ^{ab}	3.6 ± 0.2 ^b
Spleen, g/100gBW	0.09 ± 0.01 ^a	0.23 ± 0.05 ^a	0.24 ± 0.03 ^a	0.20 ± 0.01 ^a

¹⁾ Values are means ± S.E. / ^{a-c} Values in a row not sharing a common letter differ significantly at P<0.05.

5) 혈액 성분의 변화

살모넬라 접종전의 혈액내 GOT와 GPT 농도는 CLA에 따른 차이가 나타나지 않았다. 혈중 총지질 함량은 CLA 사용으로 감소되었으나 콜레스테롤은 차이가 없었다. 산란계 사료내 CLA의 수준별 사용과 살모넬라 challenge에 따른 혈액 성분의 변화에 대한 결과는 표20에 나타내었다. 살모넬라 접종에 따라서 접종하지 않은 대조구와 비교하여 보면 GOT와 GPT가 급격히 상승하였다. 혈중 총지질과 콜레스테롤은 대조구에 비하여 낮은 경향을 나타내었는데 이는 살모넬라 접종후 사료섭취량의 감소로 기인된 결과로 사료된다. 살모넬라 접종후 접종하지 않은 실험계에 비하여 macrophage로부터 분비되는 cytokine인 TNF- α 의 양은 증가하였으며 CLA 처리구는 그 양이 급격히 높아졌다.

Table 20. Effect of conjugated linoleic acid(CLA) level on blood metabolites in plasma after salmonella challenge¹⁾

Variables	Control (non challenged)	CLA		
		0%	1.5%	3%
GOT(IU/l) ²⁾	292.0 ± 78.6	776.3 ± 134.0 ^a	526.0 ± 46.0 ^a	610.3 ± 110.9 ^a
GPT(IU/l) ³⁾	1.7 ± 0.3 ^b	4.5 ± 1.8 ^a	4.0 ± 0.0 ^a	4.3 ± 0.9 ^a
Total lipid (mg/dl)	1797.7 ± 437.6	983.0 ± 111.5	702.5 ± 286.5	468.0 ± 110.0
Total cholesterol(mg/dl)	122.7 ± 21.7	91.8 ± 6.1	107.0 ± 17.0	93.0 ± 23.4
TNF- α (pg/ml) ⁴⁾	15.8 ± 6.8 ^b	48.8 ± 14.4 ^b	229.4 ± 87.6 ^a	143.6 ± 38.8 ^a

¹⁾ Values are means ± S.E. / ²⁾ GOT : glutamic oxaloacetic transaminase / ³⁾ GPT : glutamic pyruvic transaminase

⁴⁾ TNF- α : tumor necrosis factor- α / ^{a-b} Values in a row not sharing a common letter differ significantly at P<0.05.

맺 음 말

이상의 연구 결과 여러 가지 유지의 산란계 사료내 첨가에 따른 생산성과 생리적인 변화없이 AA와 CLA는 효과적으로 난황내로 이행되었다. AA와 CLA 공급원의 선택과 사료지방내 지방산 조성의 조절이 중요하며, 체내 지질대사과정을 이용하여 특정지질함량을 강화시킬 수 있었다. 또한 사료내 CLA첨가는 외래 병원균에 대한 면역력을 증가시킬 가능성이 시사되었다.

< 인 용 문 헌 >

- ▶ Belury, M.A., 1995. Conjugated dienoic linoleate : a polyunsaturated fatty acid with unque chemoprotective properties. Nutr. Rev. 53:83-89.
- ▶ Bidwell, R., 2002. A first for formulas. Babytalk. April, 67.

- ▶ Cherian, G., and J.S. Sim, 1993. Net transfer and incorporation of yolk n-3 fatty acids into developing chick embryo. *Poultry Sci.* 72:98-105.
- ▶ Cook, M.E., C.C. Miller, Y. Park, and M.W. Pariza, 1993. Immune modulation by altered nutrient metabolism : nutritional control of immune-induced growth depression. *Poult. Sci.* 72:1301-1305.
- ▶ DeLany, J.P., F. Blohm, A.A. Truett, J.A. Scimeca, and D.B. West, 1999. Conjugated linoleic acid rapidly reduces body fat content in mice without affecting energy intake. *Am. J. Physiol.* 276:R1172-R1179.
- ▶ Du, M., D.U. Ahn, and J.L. Sell, 2000. Effect of dietary conjugated linoleic acid and linoleic:linolenic acid on polyunsaturated fatty acid status in laying hens. *Poultry Sci.* 79:1749-1756.
- ▶ Folch, J., M. Lees, and G.H. Sloane-Stanley, 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.* 226:497-509.
- ▶ Fomsgaard A. H. Wirsaae, K. Bendtzen, 1988. Detection of tumour necrosis factor from lipopolysaccharide-stimulated human mononuclear cells by enzyme-linked immunosorbent assay and cytotoxicity bioassay. *Scand J. Immunol* 27:143-147.
- ▶ Ha, Y.L., N.K. Grimm, and M.W. Pariza, 1987. Anticarcinogens from fried ground beef, heat-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis* 8:1881-1887.
- ▶ Nurray, R.K., D.K. Granner, P.A. Mayes, and V.W. Rodwell, 2000. *Harper's Biochemistry*. 25th ed. pp.236-244.
- ▶ Naber, E.C., and M.D. Biggert, 1989. Patterns of lipogenesis in laying hens fed a high fat diet containing safflower oil. *J. Nutr.* 119:690-695.
- ▶ Pariza, M.W., S.H. Ashoor, F.S. Chu, and D.B. Lund, 1979. Effects of temperature and time on mutagen formation in pan-fried hamburger. *Cancer Lett.* 7:63-69.
- ▶ Park, G.B., J.I. Lee, Y.L. Ha, S.J. Kang, S.K. Jin, and S.T. Joo, 1998. Effect of conjugated linoleic acid on fatty acid composition and lipid oxidation of egg yolk. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 4:339-347.
- ▶ Park, Y., K.J. Albright, J.M. Storkson, W. Liu, and M.W. Pariza, 1999. Evidence that the trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid induces body composition changes in mice. *Lipids* 34:235-241.
- ▶ Siess, W., P. Roth, and B. Scherer, 1988. Platelet membrane fatty acids, platelet aggregation and thromboxane formation during a mackerel diet. *Lancet* 1:441-444.
- ▶ Takayasu, K., K. Okuda, and I. Yoshikawa, 1970. Fatty acid composition of human and rat adrenal lipids: occurrence of ω -6 docosatrienoic acid in human adrenal cholesterol ester. *Lipids* 5:743-750.
- ▶ Whelan, J., 1996. Antagonistic effects of dietary arachidonic acid and n-3 polyunsaturated fatty acids. *Journal of nutrition* 126:1086S-1091S.
- ▶ 김은미, 최진호, 지규만, 1997. 식이 홍화유와 들깨유 급여가 계란 난황내 지방산 조성의 변화에 미치는 변화. *한국축산학회지*. 39:135-144.
- ▶ 오홍록, 菅野道廣, 1994. 산란계 사료에 첨가된 식물유지류가 난황의 콜레스테롤 농도 및 지방산 조성에 미치는 영향. *한국가금학회지*. 21:183-193.