

삼씨유와 달맞이유의 급여가 계란 내 감마지방산 축적에 미치는 영향

박병성[†]

강원대학교 동물생명공학과
(2008년 3월 7일 접수 ; 2008년 5월 26일 채택)

Effects of feeding evening primrose oil and hemp seed oil on the deposition of gamma fatty acid in eggs

[†]Byung-Sung Park

*Dept. of Animal Biotechnology, Kangwon National university, Chuncheon 200-701, Korea
(Received March 7, 2008 ; Accepted May 26, 2008)*

Abstract : Hemp seed oil and evening primrose oil were incorporated into the diets of laying hens for 5 weeks and the level of gamma fatty acid in the eggs that the treated hens laid was then evaluated. Hens were fed corn-soybean based diets that contained 5% tallow, 5% corn oil (CO), 5% hemp seed oil (HSO), or 5% evening primrose oil (EPO). The hemp seed oil and evening primrose oil influenced the amount of gamma linolenic acid found in the eggs through blood. The level of gamma linolenic acid in the plasma was significantly higher in hens that received the HSO and EPO diets than in those that received the tallow and CO diets. The HSO and EPO diets led to a 1.09% and 4.87% increase in egg gamma linolenic acids, respectively, when compared with eggs produced by hens treated with tallow and CO. Taken together, these data demonstrate that healthy eggs with increased gamma linolenic acids can be generated by minor diet modifications when hemp seed oil or evening primrose oil is included in the hen diet.

Keywords : evening primrose oil, hemp seed oil, eggs, γ -linolenic acid, fatty acid.

1. 서론

감마지방산은 지질대사 개선 및 각종 현대인의 식습관성 질환을 예방하는 데 도움이 될 수 있어 새롭게 떠오르는 생체활성 지질이다. 웰빙 시대 소비자들은 건강에 유익한 고기능성 축산식품을 선호하고 있으며, 밀려오는 수입식품에

대비한 새로운 축산식품의 개발이 절실히 필요한 때이다. 감마지방산이란 오메가 6(n-6) 계열의 모지방산인 리놀레인산(linoleic acid, 18:2n-6)으로부터 합성되는 중간대사물로서 감마리놀렌산(GLA, gamma linolenic acid, 18:3n-6)과 디호모감마리놀렌산(DGLA, dihomo-gamma linolenic acid, 20:3n-6)을 말한다 [1]. 사람의 혈액은 리터당 5~6 g 지질을 함유하며 리놀레인산과 그 대사물은 1,500 mg/L, GLA 25 mg/L, DGLA 100 mg/L 그리

[†]주저자 (e-mail : bspark@ kangwon.ac.kr)

고 아라키돈산 400 mg/L이 함유되어 있고, 사람의 모유에는 충분한 량의 감마지방산이 함유된 것으로 알려졌다 [2]. 젖을 분비하기 시작한지 1주일 후 모유 내 GLA 함량은 모유 지질 리터 당 0.35~1.0%이며, 비슷한 량이 초유 즉 젖을 분비하기 시작한 첫째 날에 생산된 모유에도 함유되어 있음이 밝혀졌다 [3]. 사람의 모유는 리터당 약 33 g의 지질을 함유하기 때문에 하루에 약 800 mL의 젖을 먹는 체중 5 kg의 모유섭취 유아는 하루 체중 kg 당 GLA 약 25~65 mg을 섭취한다 [1]. DGLA는 사람의 모유 내 상당히 높은 량이 함유되어 있으며 총 지질의 0.3~0.4%인 것으로 알려졌다. 따라서 모유섭취 유아는 일일 체중 kg 당 20~26 mg의 DGLA를 섭취한다 [4]. 감마지방산이 부족하게 되면 아토피성 피부염의 발생율이 높은 데 최근 우유를 섭취하고 자라난 어린이들에게서 아토피성 피부염 발생율이 높은 것은 바로 이러한 이유 때문으로 볼 수 있다 [5, 6, 7]. 한편 감마지방산을 공급해주면 여성의 생리통 격감, 습진 등의 피부질환 방지, 노화지연으로 인한 화장품 사용 여성들의 피부보호, 혈액 지질대사 개선에 의한 심혈관계 질환(심근경색, 동맥경화증), 뇌혈관 질환(뇌졸중) 예방, 고혈압 예방, 면역강화, 비만 예방효과 그리고 폐경기 여성의 골다공증 예방효과들이 새롭게 밝혀지고 있다 [8, 9]. 감마지방산의 안전성을 고려한 일일 최대 섭취량은 1일 300~360 mg 또는 체중 50 kg 성인 여성이 일일 체중 kg 당 6~7 mg인 것으로 보고되었고 [10], 임상적 결과 및 국내 시판되고 있는 수입 건강보조식품에서 제시된 일일 섭취권장량은 30 mg 이상으로 나타나 있다. 감마지방산은 모유에서 최초로 발견되었고 GLA로서 감마지방산은 삼씨유(hemp seed oil) 1~6%, 달맞이유(evening primrose oil) 7~10%, 까막까치밥나무유(black currant oil) 15~20%, 서양자초유(borage oil) 18~25%가 함유되어 있다 [11, 12, 13]. 또한 삼씨유와 달맞이유를 이용해서 닭고기 내 감마지방산을 강화할 수 있음이 보고되었다 [14]. 감마지방산은 대부분의 축산식품 특히 계란에는 거의 함유되어있지 않으며 수행된 연구결과도 찾아 볼 수 없었다. GLA가 사람에서 정상적으로 합성된다 하더라도 Δ^6 -desaturase 역가

가 부족하거나 Δ^6 -desaturase의 작용을 억압할 수 있는 여러 가지 인자들에 의해서 GLA의 양이 부족하게 되면 각종 질환에 노출되기 쉽다 [1, 2]. 따라서 이러한 상태에서 GLA의 공급은 유익이 될 수 있으며 일상적으로 섭취하는 축산식품을 통한 GLA의 섭취를 높이기 위한 방법의 하나로써 계란 내 GLA를 강화하는 연구가 필요하다. 본 연구는 감마지방산 급원으로서는 달맞이유와 삼씨유를 급여한 산란계에서 감마지방산이 강화된 새로운 기능성 계란 생산을 위한 기초실험 목적으로서 수행하였다.

2. 실험

2.1. 시험동물 및 실험설계

시험동물은 산란율 95%에 도달한 36주령의 갈색산란계(hyline brown) 120수를 이용하였다. 4처리구×3반복으로 완전임의 배치하였으며, 각 처리구 당 30수씩으로 나누어서 반복구 당 10수씩으로 구분하였다. 4개의 처리구는 우지(포화지방산) 5.0%를 함유하는 대조군과 옥수수유(n-6군), 삼씨유(n-3와 감마지방산군) 및 달맞이유(감마지방산군)를 각각 5.0% 함유하는 비교군으로 구분하였다.

2.2. 실험사료 및 사양관리

시험사료는 미국의 NRC 사양표준 [15]에서 제시한 산란계의 영양소 요구량을 참고로 하여 옥수수, 대두박, 밀기울 위주로 배합하였으며, 조단백질과 대사에너지 함량을 Table 1에 나타낸 것 같이 동일한 수준으로 조절해 주었다. 우지와 옥수수유는 재래시장에서 구입하였고, 삼씨유와 달맞이유는 (주)신우무역을 통하여 중국산(Rolf M. Wunder & Co.)을 구입해서 이용하였으며 이들의 지방산조성은 Table 2와 같다. 우지를 제외한 식물성 기름 내 불포화지방산의 산화 방지를 위해서 천연 항산화제로써 비타민 E(α -tocopheryl acetate)를 기름 kg 당 50 mg을 첨가하였다. 배합된 시험사료는 서늘한 장소에 보관하면서 산란계 36주령부터 40주령까지 5주 동안 무제한 급여해 주었다. 물은 무제한 급수해주었으며 기타 일반 사양관리는 본 대학 관행기준법에 의해서 실시하였다.

Table 1. The formula and nutrient composition of the experimental diets¹⁾

(% of diets)

Ingredients	Control	CO	HSO	EPO
Corn ground	51.30	51.30	51.30	51.30
Soybean meal	11.70	11.70	11.70	11.70
Wheat bran	18.00	18.00	18.00	18.00
Corn gluten meal	5.20	5.20	5.20	5.20
Tallow	5.00	-	-	-
Corn oil ²⁾	-	5.00	-	-
Hemp seed oil ²⁾	-	-	5.00	-
Evening primrose oil ²⁾	-	-	-	5.00
Limestone	7.30	7.30	7.30	7.30
Tricalcium phosphate	0.80	0.80	0.80	0.80
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
DL-methionine	0.10	0.10	0.10	0.10
Growth promotors	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100	100	100	100
Crude protein %	16.25	16.25	16.25	16.25
ME kcal/kg	2,700	2,700	2,700	2,700

¹⁾ Diets containing tallow(Control), corn oil(CO), hemp seed oil(HSO) or evening primrose oil(EPO), respectively.

²⁾Included 50 mg vitamin E per kg Oil.

Table 2. Fatty acid composition of oils

(% of total fatty acids)

Fatty acids	Tallow	Corn oil	Hemp seed oil	Evening primrose oil
14:0	1.00	0.19	0.38	0.21
16:0	24.00	14.33	9.76	9.01
16:1n-7	-	-	-	-
18:0	29.44	2.31	-	-
18:1n-9	33.65	30.00	19.38	19.29
18:2n-6	11.91	53.17	17.24	62.79
18:3n-6	-	-	1.68	8.03
18:3n-3	-	-	21.56	-
20:4n-6	-	-	-	-
22:5n-3	-	-	-	-
22:4n-6	-	-	-	-
22:6n-3	-	-	-	-
Total	100	100	100	100

2.3. 산란성적 및 계란품질 평가

매주 사료섭취량을 조사한 다음 산란계 한 마리 당 일일 평균 사료섭취량으로 계산하였고, 실험기간 중 매일 오후 3시를 기준으로 해서 일일 산란율을 조사하였다. 매일 생산한 계란 전체에 대하여 난중을 측정하였고, 각 처리구의 반복처리구 당 일일 3개씩의 평균무게에 가까운 계란을 선택하여 계란품질평가를 실시하였다. 난각강도, 난각두께 그리고 호우유니트는 각각 일본에서 구입한 측정기(FHK Co.)를 이용하였고, 호우유니트는 난백의 높이를 측정하여 다음과 같은 공식으로 계산하였으며, 난황색은 로슈의 난황색 부채(Roshe egg color fan, 독일)를 이용하여 조사하였다.

$$\text{Haugh Unit} : 100 \log (H + 7.57 - 1.7W^{0.37})$$

H : albumen weight (mm),
W : egg weight (g)

2.4. 혈액 지질분석

혈액시료는 각 처리구의 반복구 당 3마리 산란계의 날개정맥으로부터 헤파린 처리된 1 mL 주사기로서 채혈한 후 3,000 rpm으로 10분간 원심분리에 의해서 혈장을 분리하였고, 3마리 산란계로부터 분리한 혈장을 한군데 모아서 각 처리구의 반복구로서 측정하였다. 혈장의 중성지방과 총콜레스테롤 함량은 일반 상업용킷(아산제약)을 이용하여 측정하였다.

2.5. 지방산 조성 분석

시험사료를 급여하기 시작하여 일주일 간격으로 모아진 계란 지방산을 분석한 결과, 계란의 감마지방산 축적율이 더 이상 늘어나지 않고 일정하게 유지되는 것으로 판단하여(본 자료에 제시하지 않았음) 4주째부터 각 처리구로부터 일주일간 모은 계란 가운데 각 처리구의 반복구 당 3개씩을 삶아서 지방산분석을 위해 난황을 분리하여 한군데 모아서 각 처리구의 반복구로서 측정하였다. 지방산조성은 Morrison과 Smith의 방법 [16]을 변형하여 실시하였으며 이를 간단히 기술하면 다음과 같다. 계란의 지질은 Folch 등 [17]의 방법에 따라서 계란 난황 5 g을 혼합 유기용매(chloroform : methanol = 2 : 1) 200 mL와 0.88% KCL 6 mL를 가한 후 ultra turrex 2,500 rpm에서 3분간 격렬하게 교반하고 원심분리 후 지질층을 1

차로 분리한 다음, 이 과정을 3회 반복해서 추출된 지질을 최종적으로 질소가스를 이용하여 농축하였다. 농축된 지질 분획 중 4~5 mg을 검화용 반응 용기에 넣고 0.5 N methanolic NaOH(2 g NaOH/ 100 mL methanol)를 1 mL 첨가하여 15분간 가열한 후 냉각한다. 냉각 후 methylation 용 시약인 BF₃-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 방치시켰다. 상등액을 1~2 µL를 취하여 지방산 분석용 GLC(ACEM 6000 model, 영인과학, 한국)에 주입하여 지방산을 분석하였다. 지방산 분석에 사용한 표준용액으로는 미국 Supelco사의 PUFA No. 2, animal source를 이용하였다. 분석에 사용된 컬럼은 FFAP capillary column(30 m × 0.25 mm I.D., 0.25 µm film thickness)을 사용하였다. carrier gas로는 nitrogen(1 mL/min)을 이용하였으며 injection port temp. 240°C, detector temp. 250°C, oven temp. 160°C, split ratio는 10:1로 하였다.

2.6. 통계처리

분석된 자료의 통계처리는 SAS [18]의 GLM procedure를 이용하여 분산 분석하였고 Duncan's multiple range test에 의하여 95% 수준에서 처리 평균치 간의 통계적인 유의성을 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

시험기간 동안 조사된 사료 섭취량, 산란율 변화는 Table 3에서 보는 바와 같다. 사료 섭취량은 처리구간 통계적인 유의성이 나타나지 않았으나 산란율은 대조구가 기타 처리구에 비해서 감소를 하였고 통계적인 유의성이 나타났

다. 계란품질 즉, 호우유니트, 난각 두께, 파란강도 및 난황색은 Table 4에서 보는 바와 같다. 호우유니트는 달맞이유 첨가구가 모든 처리구 가운데서 가장 높았고 통계적인 유의성이 인정되었으나 기타 처리구간 통계적인 유의성은 없었다. 난각두께와 파란강도는 처리구간 차이를 보이지 않았으며 통계적인 유의성도 나타나지

Table 3. Feed intake and egg production for laying hens fed experimental diets¹⁾

Item	Control	CO	HSO	EPO	SEM ²⁾
Feed intake (g/d/hen)	121.59	121.87	121.23	121.60	2.8867
Egg production(%)	96.07 ^b	97.54 ^a	97.86 ^a	97.75 ^a	0.2501

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾SEM : standard error of means.

^{a,b}Values with different superscripts within a row differ significantly(p<0.05).

Table 4. Changes in the egg quality for laying hens fed experimental diets¹⁾

Item	Control	CO	HSO	EPO	SEM ²⁾
Haugh unit	97.77 ^b	98.85 ^{ab}	98.98 ^{ab}	100.37 ^a	0.4179
Egg shell thickness(mm)	0.36	0.35	0.35	0.33	0.0065
Egg shell breaking strength(kg/cm ²)	3.55	3.70	4.25	3.65	0.1266
Egg yolk color(RCF)	7.88 ^b	8.66 ^a	8.44 ^{ab}	8.66 ^a	0.1305

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾SEM : standard error of means.

^{a,b}Values with different superscripts within a row differ significantly(p<0.05).

않았다. 로슈의 난황칼러펜에 의하여 난황색의 농담이 구분되는데 1~14 등급까지 분류되는 난황색은 대조구와 삼씨유 첨가구가 서로 비슷하였으나 옥수수유 및 달맞이유 첨가구에 비해서 대조구는 낮게 나타났으며 통계적인 유의성이 인정되었다.

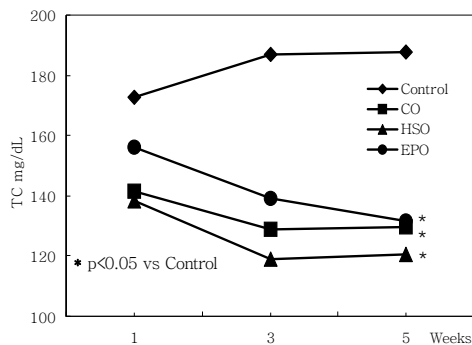


Fig. 1. Changes in the total cholesterol(TC) contents of plasma from laying hens from experimental diets¹⁾. ¹⁾Refer to Table 1.

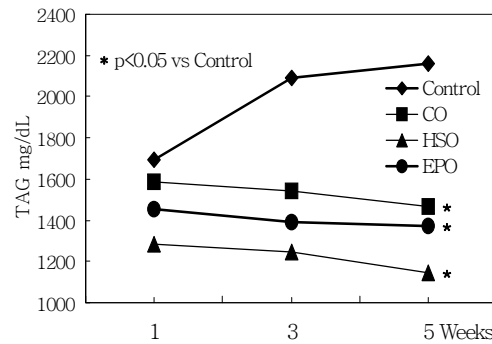


Fig. 2. Changes in the triacylglyceride(TAG) contents of plasma from laying hens from experimental diets¹⁾. ¹⁾Refer to Table 1.

시험사료를 5주 동안 급여한 후 조사한 산란계 혈액의 총콜레스테롤(Fig.1)과 중성지방(Fig.2)의 변화는 삼씨유 처리구가 가장 낮았으며 대조구와 기타 처리구간 통계적인 유의성이 인정되었다. 이와 같은 결과는 삼씨유에 함유된

n-3지방산과 감마지방산의 상승작용 효과일 것으로 보이며, 결과적으로 계란의 콜레스테롤을 낮추었을 것으로 추정해 볼 수 있다 [10, 19].

시험사료를 섭취한 산란계의 혈액 지방산 조성 변화는 Table 5에서 보는 바와 같다. 혈액 내 감마리놀렌산은 감마리놀렌산을 함유하지 않은 대조구와 옥수수유 첨가구의 경우 검출되지 않았으며, 삼씨유와 달맞이유를 함유한 처리구는 대조구와 비교할 때 높은 경향을 나타냈으며 통계적인 유의성이 나타났다. 이는 시험사료를 통해서 섭취된 감마지방산이 혈액으로 이행되었음을 보여 주는 것이다.

산란계의 계란 내 지방산 조성 변화는 Table 6에서 보는 바와 같다. 계란 내 감마리놀렌산은 혈액에서와 비슷하게 삼씨유와 달맞이유 첨가구에서 축적효과를 나타냈다. 즉, 감마지방산을 함유한 지질급원을 섭취한 산란계에서 계란 내 감마리놀렌산의 축적율은 증가하였으며 통계적인 유의성이 나타났다. 따라서 섭취한 감마지방산이 혈액으로 이동한 후 계란 내로 이행, 축적되었음을 설명하는 것으로 볼 수 있다.

일반적으로 GLA는 동물의 체내에 축적되지 않는 것으로 알려져 있으나, 닭과 같은 단위동

물에서는 위 내 미생물이 없기 때문에 특정 불포화지방산을 일정수준이상 함유한 지방급원을 사료를 통하여 공급해 줌으로써 계란의 지방산 조성을 쉽게 바꿀 수 있는 것으로 알려져 있다 [19, 20]. 본 연구에서 나타난 특이할 만한 사실은 산란계사료 내 감마지방산 급원으로서 삼씨유와 달맞이유를 급여해 줌으로써 계란의 난황에서 감마지방산 수준을 증가시킬 수 있다는 점이다. 단위동물에게 사료의 지방급원을 조절하여 주면 조직 내 축적되는 지방산 조성을 바꿀 수 있다고 한 Hargis와 Elswyk(1993)의 보고는 본 연구결과를 뒷받침해 주는 것으로 볼 수 있다 [19]. 감마지방산은 사람과 동물의 생체 내에서 리놀레인산으로부터 대사되어 합성되는데, 리놀레인산은 Δ^6 -desaturase에 의한 비올제한 효소반응에 의해서 감마리놀렌산으로 대사되고, 사슬연장에 의해서 디호모감마리놀렌산으로 빠르게 전환되며, Δ^5 -desaturase에 의해서 아라키돈산으로 대사되기 때문에 대부분의 동물에서 조직 내 축적되지 않으며 [6, 21], 이러한 이유 때문에 외부로부터 일정 수준이상의 감마리놀렌산을 섭취해서 축적시키는 것이 가능할 것으로 판단된다. 감마리놀렌산이 사람

Table 5. Changes in the fatty acid composition of plasma from laying hens fed experimental diets¹⁾ (% of total fatty acids)

Fatty acids	Control	CO	HSO	EPO	SEM ²⁾
14:0	0.89 ^a	0.33 ^b	0.21 ^b	0.21 ^b	0.0981
16:0	25.84 ^a	23.66 ^b	21.08 ^c	21.56 ^c	0.5947
16:1n-7	4.65 ^a	0.36 ^b	0.26 ^b	0.12 ^b	0.5798
18:0	1.58 ^a	0.21 ^b	0.54 ^b	0.33 ^b	0.1795
18:1n-9	49.82 ^a	41.54 ^c	40.95 ^c	45.36 ^b	1.0880
18:2n-6	18.22 ^d	31.51 ^a	29.25 ^b	26.35 ^c	1.5265
18:3n-6	-	-	1.86 ^b	4.57 ^a	0.6328
18:3n-3	-	-	4.56	-	0.2886
18:1n-9	-	-	-	-	-
22:4n-6	-	-	1.29	1.50	0.1885
20:5n-3	-	-	-	-	-
22:6n-3	-	-	-	-	-
Total	100	100	100	100	-

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾SEM : standard error of means.

^{a,b,c,d}Values with different superscripts within a row differ significantly ($p < 0.05$).

Table 6. Changes in the fatty acid composition for eggs from laying hens fed experimental diets¹⁾ (% of total fatty acids)

Fatty acids	Control	CO	HSO	EPO	SEM ²⁾
14:0	1.02 ^a	0.51 ^b	0.41 ^b	0.42 ^b	0.0850
16:0	4.55 ^d	24.01 ^a	22.09 ^b	21.44 ^c	2.3625
16:1n-7	0.74 ^a	0.35 ^b	0.25 ^c	0.32 ^b	0.0578
18:0	0.88 ^a	0.61 ^b	0.29 ^d	0.41 ^c	0.0675
18:1n-9	64.26 ^a	40.24 ^c	38.99 ^d	40.56 ^b	3.1814
18:2n-6	28.55 ^c	32.07 ^b	32.65 ^a	29.04 ^c	0.5807
18:3n-6	-	-	1.09 ^b	4.87 ^a	0.7267
18:3n-3	-	-	3.23	-	0.0173
20:4n-6	-	2.21	-	-	0.0173
20:5n-3	-	-	1.00 ^b	4.00 ^a	0.6708
22:6n-3	-	-	-	-	-
Total	100	100	100	100	-

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾SEM : standard error of means.

^{a,b,c,d}Values with different superscripts within a row differ significantly (p<0.05).

과 동물에서 정상적으로 생성된다고 하더라도 Δ^6 -desaturase의 작용을 억압할 수 있는 인자들에 의해서 그 양이 부족할 수 있고, 감마지방산은 아라키돈산으로 아주 빠른 속도로 생체대사가 진행된다고 하였다 [6, 22, 23]. 본 연구에서 리놀레인산을 함유하고 있는 옥수수유 첨가구로부터 계란 지질 내 감마리놀렌산의 축적이 나타나지 않았던 점은 바로 이와 같은 감마리놀렌산의 빠르게 진행되는 생체대사 기전에 기인한 점으로 볼 수 있었다.

4. 결론

본 연구는 계란 내 감마지방산의 축적효과를 알아보기 위해서 산란율 95%인 36주령 hyline brown 산란계 120수를 4처리구로 구분, 완전입의 배치하여서 5주 동안 실험 사료를 무제한 급여하였다. 4개의 처리구에 대한 산란계는 우지를 함유하는 대조구, 옥수수유, 삼씨유 및 달맞이유를 각각 5.0%씩 함유하는 시험사료를 섭취시켰다. 삼씨유와 달맞이유의 섭취는 혈액으

로부터 이행되어 계란 내 감마리놀렌산의 축적을 증가에 기여하는 것을 확인하였다. 혈액 내 감마지방산은 대조구와 옥수수유 첨가구의 경우 검출되지 않았으나 삼씨유와 달맞이유 첨가구는 증가하였고 통계적인 유의성이 인정되었다. 계란 내 감마지방산의 축적율은 대조구와 옥수수유 첨가구에서는 나타나지 않았으나, 삼씨유와 달맞이유 첨가구는 각각 1.09%, 4.87% 높아졌으며 통계적인 유의성이 나타났다. 따라서 산란계사료 내 삼씨유와 달맞이유를 첨가, 급여함으로써 감마지방산이 강화된 기능성 계란생산이 가능할 수 있음을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 2007년 (주)홍성사료의 자문연구비 지원으로 이루어졌으며 실험기기분석에 협조를 해준 강원대학교 동물자원공동연구소에 감사드립니다.

참고문헌

1. P. James and M. D. Carter, Gamma-linolenic acid as a nutrient, *J. Food Technology.*, **June**, 72 (1988).
2. D. F. Horrobin, Gamma-linolenic acid, *Rev. Contemp. Physiol.*, **1**, 1 (1990).
3. R. A. Gibson and G. M. Kneebone, Fatty acid composition of human colostrum and mature breast milk, *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 252 (1981).
4. G. Harzer, M. Haug, I. Dieterich and P. R. Gentner, Changing patterns of human milk lipids in the course of lactation and during the day, *Am. J. Clin. Nutr.*, **37**, 612 (1983).
5. M. Andreassi, P. Foreo, A. D. Lori, S. Masci, G. Abate and P. Amerio, Efficacy of Gamma Linolenic Acid in the treatment of patients with atopic dermatitis, *J. Int. Med. Res.*, **25**, 286 (1997).
6. R. Yasumoto, H. Fujita, T. Yamamoto, S. Tokura and M. Takikawa, The effectiveness, safety and usefulness of borage oil on dermatitis, *Acta Dermatologic.*, **92**, 249 (1997).
7. M. S. Manku, N. Morse-Fisher and D. F. Horrobin, Changes in human plasma essential fatty acid levels as a result of administration of linoleic acid and gamma-linolenic acid, *Eur. J. Clin. Nutr.*, **42**, 55 (1988).
8. L. J. Leventhal, E. G. Boyce and R. B. Zurier, Treatment of rheumatoid arthritis with gamma-linolenic acid, *Ann. Intern. Med.*, **119**, 867 (1993).
9. B. S. Park, Effect of dietary γ -linolenic acid on plasma lipid metabolism in rats, *J. of Korean Oil Chemist's Soc.*, **19**, 181 (2002).
10. C. Leicer, D. Ribnicky and A. Poulter, The composition of hempseed oil and its potential as important source of nutrition, *J. Nutra. Func. Med. Food.*, **2**, 35 (2000).
11. D. F. Horrobin, Nutritional and Medical importance of gamma-linolenic acid, *Lipid Res.*, **31**, 163 (1992).
12. Y. Y. Fan and R. S. Chapkin, Importance of dietary γ -linolenic acid in human health and nutrition, *J. Nutr.*, **128**, 1411 (1998).
13. H. Traitler and H. Winter, Fatty acid patterns in organ lipids in response to dietary blackcurrant seed oil rich in gamma-linolenic acid, *Progr. Lipid Res.*, **25**, 225 (1986).
14. B. S. Park, Evening primrose oil and hemp seed oil as an γ -linolenic acid source for broiler: Influence of fatty acid composition of chicken skin, thigh and breast muscle, *J. of Korean Oil Chemist's Soc.*, **24**, 196 (2007).
15. National Research Council, Nutrients requirements of poultry. 9th rev. National Academy Press, Washington DC. (1994).
16. W. R. Morrison and L. M. Smith, Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipid with boron fluoride-methanol, *Lipid Res.*, **5**, 600 (1967).
17. J. Folch, M. Lees and G. H. Sloane-Stanletys, A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue, *J. Bio. Chem.*, **226**, 497 (1957).
18. SAS Institute, SAS[®] User's guide: Statistics. Version 8 edition SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. (2000).
19. H. Özpınar, R. Kahraman, I. Abas, H. C. Kutay, H. Eseceli and M. A. Grashorn, Effect of dietary fat source on n-3 fatty acid enrichment of broiler meat, *Poult. Sci.*, **67**, 57 (2003).
20. P. S. Hargis and M. E. van Elswyk, Manipulating the fatty acid composition of poultry meat and eggs for the health conscious consumer, *World's Poult. Sci. J.*, **49**, 251 (1993).
21. B. S. Park, Lipids as new sources for

- production of animal novel foods, *J. Food Sci, Ani, Resour.*, **17**, 118 (1997).
22. M. M. Johnson, D. D. Swan, M. E. Surette, J. Stegner, T. Chilton, A. N. Fontech and F. H. Chilton, Dietary supplementation with γ -linolenic acid alters fatty acid content and eicosanoid production in healthy human, *Nutr.*, **127**, 1435 (1997).
23. J. L. Guil-Guerrero, J. C. López-Martínez, R. Navarro-Juárez, Gamma-linolenic acid from Cape Verdian Boraginaceae Gómez-Mercado, *Natural Product Research*, **20**, 9 (2006).