

산란계 사료내 Conjugated Linoleic Acid(CLA)와 불포화지방산 함유 에의 첨가가 산란율과 계란의 품질에 미치는 영향

김효진¹ · 유종상¹ · 신승오¹ · 조진호¹ · 진영걸¹ · 황염¹ · 김영준² · 황광연³ · 양무성⁴ · 김도중⁴ · 김인호^{1,†}

¹단국대학교 동물자원과학과, ²고려대학교 식품생명공학과, ³고려대학교 생명공학부, ⁴유니바이오테크

Effects of Dietary Conjugated Linoleic Acid (CLA) and Oil Containing Unsaturated Fatty Acid Supplementation on Egg Production Rate and Quality in Laying Hens

H. J. Kim¹, J. S. Yoo¹, S. O. Shin¹, J. H. Cho¹, Y. J. Chen¹, Y. Huang¹, Y. J. Kim²,
K. Y. Whang³, M. S. Yang⁴, D. J. Kim⁴ and I. H. Kim^{1,†}

¹Department of Animal Resource & Science, Dankook University, ²Department of Food & Biotechnology, Korea University

³Division of Biotechnology, Korea University, ⁴Unibiotech Co. Ltd.

ABSTRACT This study was conducted to investigate the effects of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and oil containing unsaturated fatty acid supplementation on egg production and quality in laying hens. Two hundred-eighty eight, 36 week old ISA brown commercial layer, were employed in a 5 week feeding trial. Dietary treatments are 1) BO (basal diet + 1% soybean oil + 1% oat), 2) BS (basal diet + 1% safflower oil + 1% oat), 3) BF (basal diet + 1% free fatty acid + 1% oat), 4) CD (basal diet + 1% CLA containing diglyceride + 1% oat), 5) CT (basal diet + 1% CLA containing triglyceride + 1% oat) and 6) CP (basal diet + 1% CLA by-product + 1% soybean oil). For overall period, hen-day egg production was not significant among treatments ($P>0.05$). Egg shell breaking strength at 3 weeks in CP treatment was significantly lower than BS, BF, CD and CT treatments ($P<0.05$) and that at 4 weeks in BO and CP treatments was significantly lower than others ($P<0.05$). Egg shell thickness at 3 and 4 weeks in CP treatment was significantly lower than BS, BF, CD and CT treatments ($P<0.05$). Egg weight at 3 and 4 weeks in CP treatment was significantly lower than others ($P<0.05$). Yolk height at 4 weeks in BF and CT treatments was significantly highest compared to BO, CD and CP treatments ($P<0.05$) and among BO, CD and CP treatments, that in BO and CD treatments was significantly higher than CP treatment ($P<0.05$). At 4 weeks, yolk color in CP treatment was significantly higher than BO and BS treatments ($P<0.05$). Haugh unit at 3 and 4 weeks in BO and CP treatments was significantly lower than others ($P<0.05$). In conclusion, supplementing CLA and oil containing unsaturated fatty acid for laying hens improved egg shell breaking strength, egg shell thickness, egg weight, yolk height, yolk color and haugh unit.

(Key words : CLA, oil, egg production and quality, laying hens)

서 론

최근 건강에 대한 관심이 높아지면서 기능성 식품에 대한 소비자의 요구가 증가하였고 이에 따라 다양한 기능성 식품들이 개발·판매되고 있다. 그 중 기능성 물질인 conjugated linoleic acid(CLA)는 생리 활성 효과, 항암 효과 및 항산화 효과 등이 입증되어 사료 첨가제와 식품 첨가물로서의 이용에 있어 활발한 연구가 진행되고 있다. 또한, 계란이나 계육내 CLA 함량이 증가함에 따라 성인병을 유발하는 포화지방산

함량이 증가하고, 불포화지방산 함량이 감소된다는 보고도 있다(Lee et al., 1995; Thiel et al., 1998).

돼지에 있어 CLA를 급여하였을 때 도체내 수분 및 지방이 현저히 감소하였고, 적육의 비육이 증가하였다는 보고가 있었으며(Ostrowska et al., 1999), Thiel-Cooper et al.(2001)은 증체량의 증가와 사료 효율 개선, 등지방 두께 감소, 배최장 근 단면적 증가의 효과가 있었다고 보고하였다. 산란계에 있어서는 CLA 급여시 난황내 CLA 함량이 현저히 증가하였고 보고되었으며(Jones et al., 2000), Ha et al.(1994)은 CLA

[†] To whom correspondence should be addressed : inhokim@dankook.ac.kr

급여시 계란 중의 CLA 함량은 증가하였지만 콜레스테롤의 함량은 약 10~15% 감소하였다고 보고하였다. 육계에서는 Ha et al.(1994)이 CLA 급여시 계육의 저장성을 향상시킬 수 있다고 보고하였다. 또한, 이정일 등(1999)은 육계사료내 CLA를 첨가급여하면 계육내 CLA 함량이 유의적으로 증가한다고 보고하였다. 또한, 반추 동물이나 단위 동물에게 CLA를 급여할 경우 사료 섭취량을 감소시킨다는 보고도 있다(O'Quinn et al., 2000; Miner et al., 2001).

이에 본 연구에서는 산란계 사료내 conjugated linoleic acid (CLA)와 불포화지방산 함유 oil을 첨가·급여하였을 때 산란율과 계란의 품질에 미치는 영향을 알아보려고 시험을 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험 동물 및 시험 설계

본 시험은 36주령 ISA Brown 갈색계 288수를 공시하였으며, 사양 시험은 4주간 실시하였다. 시험 설계는 1) BO(basal diet + 1% soybean oil + 1% oat), 2) BS(basal diet + 1% safflower oil + 1% oat), 3) BF(basal diet + 1% free fatty acid + 1% oat), 4) CD(basal diet + 1% CLA containing diglyceride + 1% oat), 5) CT(basal diet + 1% CLA containing triglyceride + 1% oat) 및 6) CP(basal diet + 1% CLA by-product + 1% soybean oil)로 6개 처리구를 하여 처리구당 8반복, 반복당 6수씩 완전 임의 배치하였으며, 대두유와 귀리의 첨가시 에너지 수준은 유사하다고 가정하였다.

2. 시험 사료와 사양 관리

기초 사료는 NRC(1998)의 요구량에 따라 옥수수-대두박 위주의 사료로서 2,904 kcal ME/kg, 15.45% CP, 0.70% lysine, 3.23% Ca, 0.61% P를 함유토록 하였으며(Table 1), 시험에 사용된 safflower oil과 free fatty acid, CLA by-product의 지방산 조성은 Table 2에 나타내었다. 시험 사료는 가루 형태로 자유 채식토록 하였으며, 물은 자동 급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 하였다. 총 점등 시간은 일일 17시간이 되도록 조절하였다.

3. 조사 항목 및 방법

1) 산란율

산란율은 사양 시험 기간 중 매일 채집하여 처리구별로

Table 1. Diet composition (as-fed basis)

Ingredient	%
Corn	50.36
Soybean meal (CP 46%)	18.70
Wheat grain	10.00
Limestone	7.50
Wheat bran	5.00
Animal fat	4.44
Corn gluten meal	2.00
Tricalcium phosphate	1.40
Salt	0.30
DL-methionine	0.10
Mineral premix ¹	0.10
Vitamin premix ²	0.10
Chemical composition ³	
ME (kcal/kg)	2,904
Crude protein (%)	15.45
Lysine (%)	0.70
Methionine (%)	0.32
Calcium (%)	3.23
Phosphorus (%)	0.61
Available P (%)	0.35

¹ Provided per kg of premix: 25,000 mg Cu, 40,000 mg Fe, 60,000 mg Zn, 80,000 mg Mn, 1,500 mg I, 300 mg Co and 150 mg Se.

² Provided per kg of premix: 12,500,000 IU vitamin A, 2,500,000 IU vitamin D₃, 10,000 mg vitamin E, 2,000 mg vitamin K₃, 50 mg biotin, 500 mg folic acid, 35,000 mg niacin, 10,000 mg Ca pantothenate, 1,000 mg vitamin B₆, 5,000 mg vitamin B₂, 1,000 mg vitamin B₁ and 15 mg vitamin B₁₂.

³ Calculated values.

총 산란수를 사육두수로 나누어 백분율로 표시하였다.

2) 난중, 난각 강도 및 난각 두께

계란을 3주와 4주째에 채집한 후 난중은 전자저울을 이용하여 측정하였다. 난각 강도는 난각 강도계(Ozaki MFG. Co., Ltd., Japan)를 이용하였으며, 난각 두께는 dial pipe gauge(Ozaki MFG. Co., Ltd., Japan)를 이용하여 난각의 둔단부, 예단

Table 2. Fatty acid composition of fat source

Fatty acid composition (ppm)	Safflower oil	Free fatty acid	CLA by-product
Palmitic acid (16:0)	6.2	3.93	4.49
Stearic acid (18:0)	2.3	1.25	2.00
Oleic acid (18:1)	11.7	11.65	12.12
Linoleic acid (18:2)	74.1	2.35	3.02
CLA (c9,t11) (18:2)	21.51	26.82	24.56
CLA (t10,c12) (18:2)	38.48	41.76	41.30
Total CLA	75.41	79.73	77.20

부 그리고 중앙부를 측정하였다.

3) 난황색 및 호우 유닛(Haugh unit)

계란을 3주와 4주째에 채집한 후 난황색은 *Yolk color fan* (Roche, Switzerland)을 이용하여 난황의 색도를 측정하였다. 호우 유닛(Haugh unit)은 Ozaki사의 캘리퍼스도 난황의 높이와 직경을 측정하여 Sauter et al.(1951)의 방법에 의하여 난황의 높이를 난황의 직경으로 나누어 계산하였다.

4. 통계 처리

모든 자료는 SAS(1996)의 General Linear Model Procedure를 이용하여 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 산란율

산란계 사료내 CLA와 불포화지방산 함유 oil의 첨가가 산란율에 미치는 영향은 Table 3에 나타내었다. 전 시험기간 동안, 산란율에 있어서 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). Chamruspollert and Sell(1999)이 산란계 사료내 CLA를 첨가 급여하였을 때 산란율에서 유의적인 차이를 보이지 않았다는 보고와 Alvarez et al.(2004b)이 산란계 사료내 CLA와 어유를 혼합 급여하였을 때 산란율에서 유의적인 차이를 보이지 않았다는 보고와 일치하였다. 또한, Ahn et al.(1999)이 산란계 사료내 CLA를 5% 첨가 수준까지 급여하였을 때 산란율이 유의적으로 감소한다고 보고하였고, Shang et al.(2004)은 산란계 사료내 CLA 함량을 증가시킬수록 산란율은 직선적으로 감소한다고 보고하였다. 지금까지의 연

Table 3. Effects of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and oil containing unsaturated fatty acid supplementation on egg production rate in laying hens

Items (%)	BO ¹	BS ¹	BF ¹	CD ¹	CT ¹	CP ¹	SE ²
0~1 weeks	81.20	82.10	80.24	82.24	81.24	81.04	1.34
1~2 weeks	82.08	81.22	82.22	82.32	80.76	81.74	2.12
2~3 weeks	81.32	82.28	81.28	82.48	82.12	81.68	1.35
3~4 weeks	81.40	82.20	82.32	81.34	81.20	82.52	1.46
0~4 weeks	81.24	81.84	83.20	82.70	82.14	82.48	1.04

¹ Abbreviations: BO, basal diet + 1% soybean oil + 1% oat; BS, basal diet + 1% safflower oil + 1% oat; BF, basal diet + 1% free fatty acid + 1% oat; CD, basal diet + 1% CLA(DG) + 1% oat; CT, basal diet + 1% CLA(TG) + 1% oat; CP, basal diet + 1% CLA by-product + 1% soybean oil.

² Pooled standard error.

구들에서는 CLA 첨가 시 산란율에서 다양한 결과들을 보이고 있는데, 이는 CLA의 첨가 수준이나 CLA의 급여원이 무엇인가에 따라 다양하게 나타나는 것으로 사료되며, 본 시험에서 사용된 지방원의 급여 수준 증가와 산란율 간의 상관관계에 대한 추가 연구가 필요하다고 사료된다.

2. 계란 품질

산란계 사료내 CLA와 불포화지방산 함유 oil의 첨가가 난각 품질에 미치는 영향은 Table 4에 나타내었다. 난각 강도에 있어서는 3주째에 CP 처리구가 BS, BF, CD, CT 처리구와 비교하여 유의적으로 낮았으며($P<0.05$), 4주째에는 BO와 CP 처리구가 다른 처리구들과 비교하여 유의적으로 낮은 결과를 보였다($P<0.05$). 난각 두께에서는 3주와 4주째 모두에서 CP 처리구가 BS, BF, CD, CT 처리구와 비교하여 유의적으로 낮은 결과를 보였다($P<0.05$). 신경훈 (2005)은 CLA와 ω -3 계열 지방산을 혼합 급여하였을 때 난각 강도에서 유의적인 차이를 보이지 않았다는 보고하였으며, 난각 두께에서 또한 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하여 본 시험 결과와 상이하였다. Alvarez et al.(2004a)은 지방원이 함유되지 않은 산란계 사료 내에 CLA를 첨가·급여하였을 때 난각 두께에서 유의적인 차이를 보이지 않았다는 보고와 주선태 등(2002)이 CLA를 첨가 급여하였을 때 난각 두께에서 유의적인 차이를 보이지 않았다는 보고도 본 연구 결과와 상이하였다. 난중에 있어서는 3주와 4주째 모두에서 CP 처리구가 다른 처리구들과 비교하여 유의적으로 낮았다($P<0.05$). Byon et al.

Table 4. Effects of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and oil containing unsaturated fatty acid supplementation on egg quality in laying hens

Items	BO ¹	BS ¹	BF ¹	CD ¹	CT ¹	CP ¹	SE ²
Egg shell breaking strength (kg/cm ²)							
3 week	3.26 ^{ab}	3.47 ^a	3.50 ^a	3.47 ^a	3.50 ^a	3.17 ^b	0.16
4 week	3.24 ^b	3.48 ^a	3.49 ^a	3.46 ^a	3.48 ^a	3.20 ^b	0.21
Egg shell thickness (mm)							
3 week	0.337 ^{ab}	0.353 ^a	0.349 ^a	0.353 ^a	0.348 ^a	0.323 ^b	0.038
4 week	0.337 ^{ab}	0.361 ^a	0.360 ^a	0.355 ^a	0.352 ^a	0.324 ^b	0.044
Egg weight (g)							
3 week	64.98 ^a	63.72 ^a	64.73 ^a	64.21 ^a	63.24 ^a	61.41 ^b	0.96
4 week	63.69 ^a	64.31 ^a	63.42 ^a	63.91 ^a	64.36 ^a	61.44 ^b	0.84
Yolk height (mm)							
3 week	8.09 ^{bc}	8.50 ^b	8.82 ^{ab}	8.70 ^{ab}	9.33 ^a	7.71 ^c	0.53
4 week	7.93 ^b	8.64 ^{ab}	8.96 ^a	8.34 ^b	8.96 ^a	7.79 ^c	0.45
Yolk color unit							
3 week	8.56 ^{ab}	8.56 ^{ab}	8.42 ^b	8.44 ^b	8.44 ^b	8.67 ^a	0.15
4 week	8.21 ^b	8.39 ^b	8.57 ^{ab}	8.49 ^{ab}	8.50 ^{ab}	8.71 ^a	0.22
Haugh unit							
3 week	88.83 ^b	91.44 ^a	92.31 ^a	91.29 ^a	91.51 ^a	87.47 ^b	1.89
4 week	87.60 ^b	91.79 ^a	94.77 ^a	91.14 ^a	93.51 ^a	88.16 ^b	2.51

¹ Abbreviations: BO, basal diet + 1% soybean oil + 1% oat; BS, basal diet + 1% Safflower oil + 1% oat; BF, basal diet + 1% free fatty acid + 1% oat; CD, basal diet + 1% CLA (DG) + 1% oat; CT, basal diet + 1% CLA (TG) + 1% oat; CP, basal diet + 1% CLA by-product +1% soybean oil.

² Pooled standard error.

^{a~c} Means in the same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

(1996)은 산란계 사료내 CLA 급여시 난중에서 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하였으며, Ahn et al.(1999)은 CLA의 첨가수준을 다르게 하여 산란계에 급여하였을 때 난중에서 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 또한, Raes et al.(2002)은 CLA와 지방산을 산란계에 급여하였을 때 난중에서 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하였고, Alvarez et al.(2004a)은 지방원이 함유되지 않은 산란계 사료에 CLA를 첨가하여 급여하였을 때 난중에서 유의적인 차이를 보이지 않았다는 보고와 일치하였다. 난황색에 있어서는 3주째에 CT 처리구가 BS와 CP 처리구와 비교하여 유의적으로 가장 높았으며($P < 0.05$), BS 처리구는 CP 처리구와 비교하여 유의적으로 높았다($P < 0.05$). 또한, 4주째에는 BF와 CT

처리구가 BO, CD, CP 처리구와 비교하여 유의적으로 가장 높았으며($P < 0.05$), BO와 CD 처리구는 CP 처리구와 비교하여 유의적으로 높았다($P < 0.05$). 난황색에 있어서는 3주째에 CP 처리구가 BF, CD, CT 처리구와 비교하여 유의적으로 높았으며($P < 0.05$), 4주째에는 CP 처리구가 BO와 BS 처리구와 비교하여 유의적으로 높았다($P < 0.05$). Raes et al.(2002)이 CLA와 지방산을 산란계에 급여하였을 때 난황색에 있어 유의적인 차이를 보이지 않았다는 보고와 Ahn et al.(1999)이 CLA를 산란계에 급여하였을 때 난황색에는 차이가 없었다고 보고와 상이하였다. 호우 유닛(Haugh unit)에 있어서는 3주와 4주째 모두에서 BO와 CP 처리구가 다른 처리구들과 비교하여 유의적으로 낮았다($P < 0.05$). Suksombat et al.(2006)이 CLA

를 산란계에 급여하였을 때 호우 유닛(Haugh unit)에는 아무런 영향을 미치지 않았다는 보고와 신경훈(2005)이 CLA와 ω -3계열 지방산을 혼합 급여하였을 때 호우 유닛(Haugh unit)에서 유의적인 차이를 보이지 않았다는 보고하였다.

CLA와 지방이 대부분을 차지하는 난황 내 지방산과의 전이 관계에 관한 다수의 보고들은 있으나, 현재까지 CLA와 난각과의 생리학적 기전에 대해서는 밝혀진 바가 없어 보다 심도있는 연구가 필요하다고 사료된다.

적 요

본 시험은 산란계 사료내 conjugated linoleic acid(CLA)와 불포화지방산 함유 oil의 첨가가 산란율과 계란 품질에 미치는 영향을 알아보려고 실시하였다. 시험 동물은 36주령 ISA Brown 갈색계 288수를 공시하였으며, 사양 시험은 5주간 실시하였다. 시험 설계는 1) BO(basal diet + 1% soybean oil + 1% oat), 2) BS(basal diet + 1% safflower oil + 1% oat), 3) BF(basal diet + 1% free fatty acid + 1% oat), 4) CD(basal diet + 1% CLA containing diglyceride + 1% oat), 5) CT(basal diet + 1% CLA containing triglyceride + 1% oat), 6) CP(basal diet + 1% CLA by-product + 1% soybean oil)로 6개 처리를 하여 처리당 8반복, 반복당 6수씩 완전 임의 배치하였다. 산란율에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 난각 강도에 있어서는 3주째에 CP 처리구가 BS, BF, CD, CT 처리구와 비교하여 유의적으로 낮았으며($P < 0.05$), 4주째에는 BO와 CP 처리구가 다른 처리구들과 비교하여 유의적으로 낮았다($P < 0.05$). 난각 두께에서는 3주와 4주째 모두에서 CP 처리구가 BS, BF, CD, CT 처리구와 비교하여 유의적으로 낮았다($P < 0.05$). 난중에 있어서는 3주와 4주째 모두에서 CP 처리구가 다른 처리구들과 비교하여 유의적으로 낮았다($P < 0.05$). 시험 4주째의 난황색에 있어서는 BF와 CT 처리구가 BO, CD, CP 처리구와 비교하여 유의적으로 가장 높았으며($P < 0.05$), BO와 CD 처리구는 CP 처리구와 비교하여 유의적으로 높았다($P < 0.05$). 또한, 4주째의 난황색에 있어서는 CP 처리구가 BO와 BS 처리구와 비교하여 유의적으로 높았다($P < 0.05$). 호우 유닛(Haugh unit)에 있어서는 3주와 4주째 모두에서 BO와 CP 처리구가 다른 처리구들과 비교하여 유의적으로 낮았다($P < 0.05$). 본 시험 결과 산란계 사료내 CLA와 불포화지방산 함유 oil을 첨가·급여하면 산란율에는 아무런 영향을 미치지 않으나, 계란 품질에 있어서는 향상되는 결과를 보였다.

(색인어: CLA, Oil, 산란율, 계란품질, 산란계)

인용문헌

- Ahn DH, Sell JL, Jo C, Chamrupollert M, Jeffrey M 1999 Effect of dietary conjugated linoleic acid on the quality characteristics of chicken eggs during refrigerated storage. *Poult Sci* 78:922-928.
- Alvarez C, Cachaldora P, Méndez J, García-Rebollar P, De Blas JC 2004b Effects of dietary conjugated linoleic acid and fish oil supplementation on performance and egg quality in laying hens. *British Poult Sci* 45(4):524-529.
- Alvarez C, Cachaldora P, Méndez J, García-Rebollar P 2004a Effects of conjugated linoleic acid addition on its deposition in eggs of laying hens, fed with no other fat source. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2(2):203-209.
- Byon JH, Park SJ, Park KA, Ha JK, Kim JO, Ha YL 1996 Beneficial effects of dietary anticarcinogenic conjugated linoleic acid (CLA) on the performances of laying hens and broiler. *J Food Sci Nutr* 1:99-105.
- Chamrupollert M, Shell JL 1999 Transfer of dietary conjugated linoleic acid to egg yolk of chickens. *Poult Sci* 78(8):1138-1150.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*.
- Ha YL, Ha HS, Bahn KN, Lee EJ, Ha JK 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 Jun. 25 29, Altant, GA, USA. 79D6: p249.
- Jones SD, Ma W, Robinson FE, Field CJ, Clandinin MT 2000 Isomer of conjugated linoleic acid (CLA) are incorporated into egg yolk lipids by CLA-fed laying hens. *J Nutr* 130: 2002-2005.
- Lee KN, Storkson JM, Pariza MW 1995 Dietary conjugated linoleic acid changes fatty acid composition in different tissues by decreasing monounsaturated fatty acids. p.183 in: IFT Annual Meeting Book of Abstracts, Anaheim, CA.
- Miner JL, Cederberg CA, Nielsen MK, Chen X, Baile CA 2001 Conjugated linoleic acid (CLA), body fat, and apoptosis. *Obe Res* 9:129-134.

- NRC 1998 Nutrient requirement of pigs(10th Ed.) National Research Council, Academy Press. Washington, D.C.
- O'-Quinn PR, Nelssen JL, Goodband RD, Unruh JA, Woodworth JC, Smith JS, Tokach MD 2000 Effects of modified tall oil versus a commercial source of conjugated linoleic acid and increasing levels of modified tall oil on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *J Ani Sci* 78:2359-2368.
- Ostrowsak E, Muralitharan M, Cross RF, Bauman DE 1999 Dietary conjugated linoleic acids increase lean tissue and decrease fat deposition in growing pigs. *J Nutr* 129:2037-2042.
- Raes K, Huyghebaert G, De Smet S, Nollet L, Arnouts S, Demeyer D 2002 The deposition of conjugated linoleic acids in eggs of laying hens fed diets varying in fat level and fatty acid profile. *J Nutr* 132:182-189.
- SAS 1996 SAS user's guide release 6.12 ed. SAS Institute Inc Cary NC.
- Sauter EA, Stadelman WJ, Harns V, McLaren BA 1951 Methods for measuring yolk index. *Poult Sci* 30:629-630.
- Shang XG, Wang FL, Li DF, Yin JD, Li JY 2004 Effects of dietary conjugated linoleic acid on the productivity of laying hens and egg quality during refrigerated storage. *Poult Sci* 83:1688-1695.
- Suksombat W, Samitayotin S, Lounglawan P 2006 Effects of conjugated linoleic acid supplementation in layer diet on fatty acid compositions of egg yolk and layer performances. *Poult Sci* 85:1603-1609.
- Thiel RL, Sparks JC, Wiegand BR, Parrish FC, Ewan RC 1998 Conjugated linoleic acid improves performance and body composition in swine. p.127 in: Midwestern Section ASAS and Midwest Branch ADSA 1998 Meeting, Des Moines, IA.
- Thiel-Cooper RL, Parrish FC, Jr., Sparks JC, Wiegand BR, Ewan RC 2001 Conjugated linoleic acid changes swine performance and carcass composition. *J Anim Sci* 79:1821-1828.
- 신경훈 2005 Conjugated linoleic acid와 ω -3계열 지방산의 혼합 첨가 급여가 양계 산물로의 이행 및 지질 대사에 미치는 영향. 건국대학교 대학원 석사학위논문.
- 이정일 주선태 최병태 하영래 박구부 1999 Conjugated linoleic acid (CLA) 급여기간이 계육의 CLA 함량과 지방산 조성에 미치는 영향. *한국축산학회지* 41(3):375-386.
- 주선태 이상조 허선진 하정기 하영래 박구부 2002 Conjugated linoleic acid(CLA)의 급여가 계란의 품질에 미치는 영향. *한국가금학회지* 22(3):252-258.
- (접수일자: 2008. 03. 01, 채택일자: 2008. 06. 09)