

산란계에 있어 델타-아미노레블린산의 급여가 생산성 및 계란 품질에 미치는 영향

홍종욱¹ · 신승오² · 조진호² · 진영결² · 유종상² · 이제현² · 장해동² · 김효진² · 김인호^{2*}

¹대상팜스코, ²단국대학교 동물자원학과

Effects of Dietary Delta-Aminolevulinic Acid on Egg Production and Egg Quality in Laying Hens

J. W. Hong¹, S. O. Shin², J. H. Cho², Y. J. Chen², J. S. Yoo², J. H. Lee², H. D. Jang², H. J. Kim² and I. H. Kim^{2*}

¹DAESANG Famsco, Anseong, Korea

²Department of Animal Resource & Science, Dankook University

ABSTRACT This study was conducted to evaluate the effects of dietary delta-aminolevulinic acid (ALA) on egg production and egg quality in laying hens. A total of 114 (30-wk age) ISA brown commercial hens were used in current trial for 28 days. Dietary treatments included 1) CON (basal diet), 2) 0.05 (basal diet + ALA 0.05%), 3) 0.1 (basal diet + ALA 0.1%) and 4) 0.2 (basal diet + ALA 0.2%). There were four dietary treatments with four replication per treatment and twelve laying hens per replication. During the overall period, egg production was quadratically affected ($P=0.01$) by ALA supplementation compared with control treatment. Egg weight increased (linear effect, $P=0.01$; quadratic effect, $P=0.01$) as the level of delta-aminolevulinic acid supplementation increased in the diets. Yolk color was increased quadratically ($P=0.03$). The difference of hemoglobin concentration was increased (quadratic effect, $P=0.01$) as the level of delta-aminolevulinic acid supplementation increased in the diets. In conclusion, the results of the experiment suggest that dietary delta-aminolevulinic acid could affect egg weight, yolk color and hemoglobin concentration in laying hens.

(Key words : δ -aminolevulinic acid, egg quality, iron, laying hens)

서 론

델타-아미노레블린산(delta-aminolevulinic acid)은 살아있는 모든 동물 또는 기관내에서의 tetrapyrrole 화합물(e.g. chlorophyll, heme과 vitamin B₁₂)의 전구체로서, α -아미노산이 아니므로 단백질 합성에는 이용되지 않으나, porphyrin과 heme 합성에 필수적인 대사물질이다. 의학계에서 델타-아미노레블린산은 광학 치료 요법(Fijan 등, 1995, Kloek 와 van Hene-gouwen, G. M. J. B., 1996)에 사용되고 있고, 최근에는 농업 분야에서 식물 성장 촉진 효과가 보고되었고(Hotta 등, 1997 ab), 어류 질병학 분야에서 특정 어류 병원체에 대한 항균 효과도 규명되었다(박경희, 2001).

경제 동물에 있어 델타-아미노레블린산의 급여 시험 결과가 Mateo 등 (2004)에 의해서 보고된 바 있으며, 축산 분야에 있어 델타-아미노레블린산에 대한 사양 시험이 최근에 와서 시도되었다. 민병준 등(2004)은 델타-아미노레블린산이 성장

능력을 개선시키며, 혈액내 철 및 hemoglobin 농도를 증가시키고, 항생제(apramycin과 oxytetracycline)와 상승 효과가 있는 것으로 보고하였다. 배합 사료를 구성하는 곡물 사료에는 다량의 미네랄이 함유되어 있으나 체내 이용률이 매우 낮으며, 단위 가축의 소화기관내에서는 myo-inositol-hexaphosphate를 분해할 수 있는 Phytase의 분비가 충분하지 못하다. Oteiza 등(1995)은 델타-아미노레블린산이 철의 저장 단백질인 ferritin으로부터 철을 분리한다고 하였으며, 델타-아미노레블린산의 급여는 간의 철 함량을 증가시킨다고 보고하여 델타-아미노레블린산이 Heme 합성에 필요한 철의 이용성을 높이는 것임을 시사했다. 델타-아미노레블린산에는 가축 생리를 증진시키는 여러 가지 효과가 있으므로 산란계의 사료 내 급여 시 활용 가치가 높을 것으로 사료되나, 현재 가금에 있어서 델타-아미노레블린산의 첨가 시험이 전무한 실정이다.

따라서, 본 연구의 목적은 산란계 사료에 델타-아미노레블린산의 첨가가 생산성 및 계란 품질에 미치는 영향을 평

* To whom correspondence should be addressed : inhokim@dankook.ac.kr

가하기 위하여 시험을 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험 동물 및 시험 설계

30주령 ISA Brown 갈색계 144수를 공시하였으며, 사료에 대한 7일간의 적응 기간 후, 28일간 사양 시험을 실시하였다.

시험 설계는 옥수수-대두박 위주의 사료를 급여한 대조구(CON), 대조구 사료에 델타-아미노레블린산(이지바이오시스템, Seoul, Korea)을 0.05(ALA0.05), 0.1%(ALA0.1) 그리고 0.2%(ALA0.2)로 4개 처리로 하여 처리당 4반복 반복당 12마리씩 완전 임의 배치하였다.

본 사양 시험에 사용한 델타-아미노레블린산은 유전자 재조합 기술을 이용하여 델타-아미노레블린산 생성 균주인 *Bradyrhizobium japonicum*의 delta-aminolevulinic acid synthase를 코딩하는 hem A 유전자가 삽입된 발현 벡터로 형질 전환된 대장균을 완성하였다. 이 대장균을 glycine과 succinyl-CoA가 첨가된 배양액에 배양하여 델타-아미노레블린산을 생산하였으며(Kang 등, 2004), 본 시험에 사용한 첨가제의 델타-아미노레블린산의 농도는 1,000 ppm 이었다.

2. 시험 사료 및 사양 관리

시험 사료는 옥수수-대두박 위주의 사료로서, 2,690 kcal 대사에너지/kg, 16.50% 조단백질, 0.79% 라이신, 3.60% 칼슘 및 0.42% 인을 함유하도록 하였다(Table 1). 시험 사료는 가루형태로 산란율과 체중을 고려하여 일정한 양을 급여하였으며, 물은 자동 급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 하였다. 총 점등 시간은 일일 17시간이 되도록 조절하였다.

3. 계란 품질 측정

1) 산란율 및 난중

산란율은 사양 시험 기간 중 매일 채집하여 처리구별로 총 산란수를 사육두수로 나누어 백분율로 표시하였으며, 난중은 채집한 계란을 전자 저울을 이용하여 측정하였다.

2) 난각 강도 및 난황색

난각 강도는 난각 강도계(Ozaki MFG. Co., Ltd., Japan)를 이용하였으며, 난황색은 Yolk colour fan (Roche, Switzerland)을 이용하여 난황의 색도를 측정하였다.

Table 1. Diet composition (as-fed basis)¹⁾

Ingredient	%
Corn	62.00
Soybean meal	18.37
Corn gluten meal	3.37
Rapeseed meal	3.00
Corn germ meal	2.37
Feather meal	0.50
Dicalcium phosphate	0.47
Limestone	9.18
Salt	0.30
Trace mineral premix ²⁾	0.11
Vitamin premix ³⁾	0.05
DL-methionine	0.23
Anthelmintics ⁴⁾	0.05

¹⁾ Diets were formulated to contain 2,690 kcal ME/kg, 16.50% crude protein, 0.79% lysine, 3.60% calcium and 0.42% phosphorus.

²⁾ Provided per kg of premix : 6,250,000 IU vitamin A, 1,250,000 IU vitamin D₃, 5,000mg vitamin E, 1,000 mg vitamin K₃, 25 mg biotin, 250 mg folic acid, 17,500 mg niacin, 5,000 mg Ca-Pantothenate, 500 mg vitamin B₆, 2,500 mg vitamin B₂, 500 mg vitamin B₁ and 7.5 mg vitamin B₁₂.

³⁾ Provided per kg of premix : 25,000 mg Cu, 40,000mg Fe, 60,000 mg Zn, 80,000 mg Mn, 1,500 mg I, 300 mg Co and 150 mg Se.

⁴⁾ Provided by 10mg cyromazine per kg of complete diet.

4. 혈액내 헤모글로빈 농도 측정

혈액 채취는 시험 개시시와 종료시에 처리당 10마리씩 이하 정맥에서 K₃EDTA vacuum tube(Becton Dickinson Vacutainer Syatems, Granklin Lakes, NJ)를 이용하여 혈액을 채취한 후 자동 혈액분석기(ADVID120, Bayer, USA)를 이용하여 헤모글로빈 농도를 측정하였다.

5. 통계 처리

모든 자료는 SAS(1996)의 GLM Procedure를 이용하여, Polynomial regression(Petersen, 1985)를 이용하여 델타-아미노레블린산의 첨가 수준에 대한 Linear, Quadratic과 Cubic 효과를 결정하기 위하여 사용되었다.

결과 및 고찰

산란계에 있어 델타-아미노레블린산의 급여가 산란율에 미치는 영향을 Table 2에 나타내었다. 전체 사양 시험 기간 동안, 델타-아미노레블린산의 첨가 수준이 증가함에 따라 산란율이 감소하면서 0.2% 첨가 수준에서 다시 증가하는 경향을 나타내었다(quadratic effect, $P=0.01$). 그러나 난중(Table 3)에 있어서는 델타-아미노레블린산의 첨가 수준이 증가함에 따라 무거워지는 것으로 조사되었다(linear effect, $P=0.01$; quadratic effect, $P=0.01$).

델타-아미노레블린산 급여가 난강 강도에 미치는 영향을 Table 4에 나타내었다. 사양 시험 개시 후, 7일째 되는 측정된 난강 강도에 있어서는 델타-아미노레블린산의 첨가 수준

이 증가함에 따라 낮아지는 것으로 나타났으나(linear effect, $P=0.01$; quadratic effect, $P=0.01$), 전체 사양 시험 기간 동안, 델타-아미노레블린산의 첨가가 난강 강도에 영향을 미치지 못하는 것으로 조사되었다.

산란계에 있어 델타-아미노레블린산의 급여가 난황색에 미치는 영향을 Table 5에 나타내었다. 사양 시험 개시 후, 7일째 측정된 난황색에 있어서는 델타-아미노레블린산의 첨가 수준이 증가함에 따라 난황색이 짙어지는 것으로 평가되었다(linear effect, $P=0.01$; quadratic effect, $P=0.01$; cubic effect, $P=0.01$). 사양 시험 개시 후, 28일째 되는 날 측정된 난황색에 있어서는 0.1% 첨가 수준에서 가장 높은 것으로 나타났다가 0.2% 첨가 수준에서 낮아지는 것으로 조사되었다(cubic effect, $P=0.04$). 전체 사양 시험 기간 동안, 0.1% 첨가 수준까

Table 2. Effects of dietary delta-aminolevulinic acid on egg production in laying hens¹⁾

Item	ALA ²⁾ (%)				SE ³⁾	Probability ($P=$) ⁴⁾		
	0	0.05	0.10	0.20		1	2	3
1~7 days	89.93	86.81	86.11	90.28	0.89	0.93	0.01	0.55
8~14 days	93.45	86.31	86.78	90.18	1.45	0.16	0.01	0.48
15~21 days	93.15	89.58	88.65	95.54	1.38	0.32	0.01	0.42
21~28 days	93.75	91.37	89.68	91.37	0.87	0.01	0.01	0.04
0~28 days	92.53	88.54	87.33	91.75	0.52	0.15	0.01	0.24

¹⁾ One hundred forty four laying hens with an average initial age of 30 week old.

²⁾ Abbreviated ALA, delta-aminolevulinic acid.

³⁾ Standard error.

⁴⁾ Contrasts were : 1) linear; 2) quadratic; 3) cubic.

Table 3. Effects of dietary delta-aminolevulinic acid on egg weight in laying hens¹⁾

Item	ALA ²⁾ (%)				SE ³⁾	Probability ($P=$) ⁴⁾		
	0	0.05	0.10	0.20		1	2	3
7 days	59.48	59.39	60.28	59.59	0.13	0.04	0.02	0.01
14 days	59.07	60.58	62.60	60.67	0.60	0.01	0.01	0.10
21 days	59.72	62.55	61.95	61.12	0.58	0.17	0.01	0.22
28 days	59.04	61.58	62.61	60.40	0.67	0.10	0.01	0.57
Overall period	59.33	61.02	61.86	60.45	0.27	0.01	0.01	0.25

¹⁾ One hundred forty four laying hens with an average initial age of 30 week old.

²⁾ Abbreviated ALA, delta-aminolevulinic acid.

³⁾ Standard error.

⁴⁾ Contrasts were : 1) linear; 2) quadratic; 3) cubic.

Table 4. Effects of dietary delta-aminolevulinic acid on egg shell breaking strength in laying hens¹⁾

Item	ALA ²⁾ (%)				SE ³⁾	Probability (<i>P</i> =) ⁴⁾		
	0	0.05	0.10	0.20		1	2	3
7 days	4.84	4.49	4.42	4.71	0.04	0.01	0.01	0.67
14 days	4.58	4.50	4.74	4.73	0.23	0.40	0.95	0.61
21 days	4.36	4.64	4.25	4.48	0.17	0.92	0.84	0.10
28 days	4.60	4.54	4.61	4.42	0.17	0.53	0.68	0.62
Overall period	4.58	4.54	4.50	4.58	0.09	0.91	0.53	0.77

¹⁾ One hundred forty four laying hens with an average initial age of 30 week old.

²⁾ Abbreviated ALA, delta-aminolevulinic acid.

³⁾ Standard error.

⁴⁾ Contrasts were : 1) linear; 2) quadratic; 3) cubic.

Table 5. Effects of dietary delta-aminolevulinic acid on yolk color unit in laying hens¹⁾

Item	ALA ²⁾ (%)				SE ³⁾	Probability (<i>P</i> =) ⁴⁾		
	0	0.05	0.10	0.20		1	2	3
7 days	5.5	6.1	5.6	5.9	0.1	0.01	0.01	0.01
14 days	6.9	7.1	7.7	7.4	0.2	0.07	0.36	0.20
21 days	6.7	7.1	6.8	6.7	0.2	0.91	0.22	0.20
28 days	6.7	6.5	7.1	6.5	0.2	0.95	0.22	0.04
Overall period	6.5	6.7	6.8	6.6	0.1	0.13	0.03	0.74

¹⁾ One hundred forty four laying hens with an average initial age of 30 week old.

²⁾ Abbreviated ALA, delta-aminolevulinic acid.

³⁾ Standard error.

⁴⁾ Contrasts were : 1) linear; 2) quadratic; 3) cubic.

지 난황색이 높아지다가 0.2% 첨가 수준에서 낮아지는 경향을 나타내었다(quadratic effect, *P*=0.03).

Table 6은 델타-아미노레블린산의 급여가 혈액내 hemoglobin 농도에 미치는 영향을 나타내었다. 델타-아미노레블린산의 첨가 수준이 증가함에 따라 혈액내 hemoglobin 농도가 유의적으로 증가하는 것으로 평가되었다(linear effect, *P*=0.01). 이러한 경향은 Min 등(2004)의 연구 결과와 일치하는 것으로 이유자돈에게 델타-아미노레블린산을 급여하면 혈액 내 hemoglobin 농도가 유의적으로 증가하는 것으로 보고하였다. 그러나, Mateo 등(2006)은 0.05% ALA 첨가시 RBC의 농도가 증가하였으나, hemoglobin 농도는 감소하였다고 보고하여 본 시험의 결과와 상이한 결과를 나타내었다.

Protoporphyrin에 철이 결합된 것이 heme이며, protoporphyrin

화합물은 델타-아미노레블린산이 결합하여 대사 과정을 통해 만들어진 것이기 때문에 첨가제로서 외부에서 델타-아미노레블린산 공급이 가축의 대사 과정에 참여하여 heme 합성을 증가시킨 것으로 사료된다.

결론적으로, 델타-아미노레블린산을 산란계에게 급여하면 난중 및 난황색 그리고 혈액내 hemoglobin 농도가 증가하는 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 델타-아미노레블린산(ALA)의 급여가 산란계의 생산성 및 계란 품질에 미치는 영향에 대해 알아보기 위하

Table 6. Effects of dietary delta-aminolevulinic acid on hemoglobin concentration in laying hens¹⁾

Item	ALA ²⁾ (%)				SE ³⁾	Probability ($P=$) ⁴⁾		
	0	0.05	0.10	0.20		1	2	3
Initial	14.2	12.3	11.1	12.5	-	-	-	-
At 28 days	12.6	11.8	13.0	14.3	-	-	-	-
Difference	-1.9	-0.4	3.3	1.7	1.1	0.01	0.20	0.16

¹⁾ One hundred forty four laying hens with an average initial age of 30 week old.

²⁾ Abbreviated ALA, delta-aminolevulinic acid.

³⁾ Standard error.

⁴⁾ Contrasts were : 1) linear; 2) quadratic; 3) cubic.

여 시험을 실시하였다. 사양 시험은 30주령 ISA Brown 144 수를 공시하였으며 28일간 실시하였다. 시험 설계는 1) CON (기초 사료), 2) 0.05(기초 사료 + ALA 0.05%) 3) 0.1(기초 사료 + ALA 0.1%) 및 4) 0.2(기초 사료 + ALA 0.2%)로 4개 처리를 하여 처리당 4반복, 반복당 12수씩 완전 임의 배치하였다. 전체 사양 시험 기간 동안, 델타-아미노레블린산의 첨가 수준이 증가함에 따라 산란율의 감소가 나타났으나, 0.2% 첨가 수준에서 다시 증가하는 경향을 나타내었다(quadratic effect, $P=0.01$). 난중은 델타-아미노레블린산의 첨가 수준이 증가함에 따라 무게가 증가하였다(linear effect, $P=0.01$; quadratic effect, $P=0.01$). 난황색은 전체 사양 시험 기간 동안, 0.1% 첨가 수준까지 난황색이 높아지다가 0.2% 첨가 수준에서 낮아지는 경향을 나타내었다(quadratic effect, $P=0.03$). 델타-아미노레블린산의 첨가 수준이 증가함에 따라 혈액 내 hemoglobin 농도가 유의적으로 증가하였다(linear effect, $P=0.01$). 결론적으로, 산란계에 델타-아미노레블린산의 급여는 난중 및 난황색 그리고 혈액 내 hemoglobin 농도를 증가시키는 것으로 사료된다.

인용문헌

- Fijan S, Honigsmann H, Ortel B 1995 Photodynamic therapy of epithelial skin tumours using delta-aminolevulinic acid and desferrioxamine. *British Journal Dermatology* 133:282-288.
- Hotta Y, Tanaka T, Takaoka H, Takeuchi Y, Konnai M 1997a New physiological effects of 5-aminolevulinic acid in plants: the increase of photosynthesis, chlorophyll content, and plant growth. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 61:2025-2028.
- Hotta Y, Tanaka T, Takaoka H, Takeuchi Y, Konnai 1997b Promotive effects of 5-aminolevulinic acid on the yield of several crops. *Plant Growth Regulation* 22:109-114.
- Kang DK, Kim SS, Chi WJ, Oh HK 2004 Molecular cloning and over expression of the *Rhodobacter capsulatus* hem A gene in *E. coli* for the production of 5-aminolevulinic acid. *Journal of Animal Science and Technology. Proceedings* vol. II. 135 (Abstr.)
- Kloek J, Van Henegouwen GMJB 1996 Prodrugs of 5-Aminolevulinic acid for photodynamic therapy. *Photochemistry and Photobiology* 64:994-1000.
- Mateo RD, Ji F, Kim SW 2004 Use of δ -aminolevulinic acid in swine diet: Effects on growth performance, behavioral characteristics and hematological/immune statuses in nursery pigs. *Journal of Animal Science* 82 (Suppl. 1) : 247 (Abstr.).
- Mateo RD, Morrow JL, Dailey JW, Ji F, Kim SW 2006 Use of δ -aminolevulinic acid in swine diet: Effect on growth performance, behavioral characteristics and hematological/immune status in nursery pig. *Asian-Aust J Anim Sci* 19: 97-101.
- Min BJ, Kim IH, Hong JW, Kwon OS, Lee WB, Shon KS, Cho JH, Kim HJ 2003 Influence of dietary δ -aminolevulinic acid supplementation on growth performance and hematological changes in weaned pigs. *J Anim Sci* 82 (Suppl. 2) : 134(Abstr.)
- Peterson RG 1985 Design and analysis of experiments. Marcel dekker Inc., New York.
- SAS 1996 SAS user's guide. Release 6.12 edition. SAS Institute Inc, Cary, NC.
- 박경희 2001 어류 병원체에 대한 ALA (delta-aminolevulinic acid)의 항균 효과. 여수대학교 석사학위논문.