

사료내 비태인과 단백질 수준이 산란계의 생산 능력, 혈액의 조성, 복강지방 및 간의 아미노산 함량에 미치는 영향

박재홍 · 박수영 · 류경선[†]

전북대학교 동물자원과학과

Effects of Dietary Betaine and Protein Levels on Performance, Blood Composition, Abdominal Fat and Liver Amino Acid Concentration in Laying Hens

J. H. Park, S. Y. Park and K. S. Ryu

Department of Animal Resources and Biotechnology, Chonbuk National University

ABSTRACT An experiment was conducted to investigate the effects of dietary betaine and protein levels on performance, internal egg quality, blood composition, abdominal fat and liver amino acid concentration in laying hens. A total of 432 ISA-Brown laying hens were randomly allotted to four treatments with six replications for twenty four weeks. Treatments were factorially designed with two levels of crude protein(14.5 and 16.5%) and two levels of betaine(0 and 600ppm). The egg production was increased by feeding 16.5% protein-fed group compared to that of 14.5% protein-fed groups($P<0.05$), but was different from betaine supplementation. Increasing protein and betaine supplementation to diets improved egg weight, egg mass and feed conversion($P<0.05$). Eggshell breaking strength, thickness and Haugh unit were not influenced by either dietary betaine or protein levels. Dietary betaine did not affect serum total protein, albumin and uric acid concentration, whereas uric acid concentration was increased in 16.5% protein-fed groups($P<0.05$). The deposition of abdominal fat was lower in 600ppm betaine groups compared to those fed on 0ppm betaine groups($P<0.05$). Concentration of the most hepatic amino acids were affected by dietary protein levels and betaine supplementation. There were synergistic effect between dietary protein and betaine. These results suggested that dietary betaine can improve the egg weight, mass, feed conversion and decrease the abdominal fat, but increase the hepatic amino acid contents.

(Key words: laying hens, betaine, performance, abdominal fat, liver amino acid)

서론

비태인은 자연적으로 발생하는 4급 아민(trimethyl glycine)의 저분자 물질로 콜린이 산화되어 생성되며, 대부분의 동·식물에 존재한다. 가축용 원료 사료에 비태인은 미량 존재하며, 가금과 양식 어류의 사료에서 메티오닌과 콜린을 부분적으로 대체하기 위하여 사료 산업에 처음으로 도입된 이후 그 이용은 증가되어 왔다(Virtanen, 1992). 비태인은 척추동물에서 삼투압 조절, 메틸기 공급원 등의 역할을 하며(Saunderson

and Mackinlay, 1990), 영양, 생리 및 약리학적인 대사 등에 다양하게 영향을 미치는 인자로 보고되어 왔다. 이외에도 콧수막에 감염된 병아리에서 비태인은 소장점막의 삼투압에 작용하여 세포액의 유출을 억제하여 생산능력을 개선시킬 수 있다(Virtanen et al., 1993). 척추동물은 메틸기를 합성하는 능력이 부족하기 때문에 식이에 의존하게 되는데 메티오닌, 콜린, 비태인은 가축사료에서 중요한 메틸기이며, 이들은 메틸기 대사과정에서 상호 관계를 갖는다. 콜린의 메틸기는 간의 미토콘드리아에서 비태인으로 산화되어 메틸화 반응에 이

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2003-000-10134-0) 지원으로 수행되었음.

[†] To whom correspondence should be addressed : seon@chonbuk.ac.kr

이용된다(Kidd et al., 1997). 이러한 결과, 콜린의 대사산물인 비태인은 호모시스테인을 메티오닌으로 전변을 활성화 한다(Baker and Czarniecki, 1985). 그러나 비태인의 메티오닌 대체와 지방 감소에 미치는 영향에 대한 연구 결과는 다양하게 보고되어 왔다. Esteve-Garcia and Mack(2000)는 소맥, 대맥, 타피오카, 어분, 대두박 그리고 메틸기 공급을 위한 콜린 첨가제 등으로 배합된 시험사료에서 메티오닌이 브로일러의 증체량과 사료요구율을 개선하며, 가슴육 생산량을 증대하였을지라도 비태인의 첨가는 상대적으로 효과가 적은 것으로 보고하였다. Schutte et al.(1997)도 메티오닌이 결핍된 사료에 비태인 또는 메티오닌을 첨가하여 육계에 급여시 증체에 미치는 영향은 없었으며, 단지 사료요구율이 약간 개선되었다고 하였다. 또한 40주령 산란계에 0.35%의 메티오닌과 0.72%의 함유량 아미노산을 함유한 옥수수, 대두박 위주의 기초 사료에 콜린과 비태인을 첨가하면 산란율, 난중 등의 생산성에 차이가 없는 것으로 나타났다(Harms and Russell, 2002). 이러한 결과와는 다르게 Virtanen and Rosi(1995)는 옥수수-대두박 위주의 사료에 메티오닌 또는 비태인을 첨가시에 육계의 증체량, 가슴육 생산량, 사료요구율이 개선되었으며, 복강 지방의 무게가 감소되었다고 하였다. 이와 같이 비태인의 급여 효과가 일관적이지 못한 원인은 기초사료의 성상, 시험 기간, 시험에 사용된 품종의 유전적 차이 등에 기인할 것으로 사료된다. 따라서 본 연구는 콜린 함량이 충족된 옥수수-대두박 위주의 산란계 사료에서 조단백질 수준을 다른 조건에서 비태인의 첨가가 산란계의 생산성 및 단백질 대사와 관련되는 인자에 미치는 영향을 구명하고자 사양시험을 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험설계와 사양관리

본 시험에 이용된 공시동물은 18주령 ISA-Brown 산란계로서 처리구는 조단백질(14.5, 16.5%)과 비태인(0, 600ppm) 수준을 각각 다르게 하여 2×2 요인분석 시험을 실시하였다. 처리구당 6반복을 두었고, 반복당 18수씩 총 432수를 공시하여 24주간 사양시험을 실시하였다. 시험 사료의 대사 에너지 수준은 2,800kcal/kg 수준으로 하였고, 아미노산 조성은 단백질 수준에 적합하게 배합하였다(Table 1). 시험기간 동안 물과 사료는 자유채식시켰으며, 점등시간을 1일 18시간이 되도록 하였다.

Table 1. Formula and chemical composition of basal diet

Ingredients	CP	
	14.5%	16.5%
Corn	67.80	64.29
Soybean meal	14.03	17.59
Corn gluten meal	3.31	4.86
Wheat bran	3.73	2.14
Limestone	8.88	8.87
Dicalcium phosphate	1.64	1.61
Salt	0.38	0.38
DL-methionine(98%)	0.04	0.06
Vitamin premix ¹	0.10	0.10
Mineral premix ²	0.10	0.10
Total	100.00	100.00
Calculated chemical composition		
ME(kcal/kg)	2,800	2,800
CP(%)	14.50	16.50
Methionine(%)	0.28	0.32
Met+Cys(%)	0.55	0.61
Lysine(%)	0.65	0.74
Cystine(%)	0.27	0.29
Ca(%)	3.70	3.70
P(%)	0.40	0.40
Choline(mg/kg)	1,052	1,118

¹ Provided per kilogram of diet: vit. A, 5,500IU; vit. D₃, 1,100IU; vit. E, 11IU; vit. B₁₂ 0.0066mg; riboflavin, 4.4mg; niacin, 44mg; pantothenic acid, 11mg (Ca-pantothenate, 11.96mg); choline, 190.96 mg (choline chloride 220mg); menadione, 1.1mg (menadione sodium bisulfite complex, 3.33mg); folic acid, 0.55mg; pyridoxine, 2.2mg(pyridoxine hydrochloride, 2.67mg); biotin, 0.11mg; thiamin, 2.2mg(thiamine mononitrate, 2.40mg); ethoxyquin, 125mg.

² Provided in mg per kilogram of diet; Mn, 120; Zn, 100; Fe, 60; Cu, 10; I, 0.46; Ca, min: 150 max: 180.

2. 조사항목

1) 산란율, 난중, 산란량 및 사료요구율

산란수와 난중은 매일 조사하였고, 사료섭취량은 4주 간격으로 조사하였다. 산란율은 산란수를 사육수수로 나눈 값(henday egg production)으로 표시하였고, 평균 난중은 기형란을 제외하고 계산하였다. 1일 산란량(daily egg mass)은 1일 평균 산란율과 평균 난중을 곱하여 계산하였고, 사료섭취량은 1일 평균 수당 섭취량으로 표시하였다. 사료요구율은 1일

평균 사료섭취량을 1일 산란량으로 나누어 계산하였다.

2) 난각 강도, 난각 두께, 호유닛(Haugh Unit), 난황 색도

난각 강도, 난각 두께, 호유닛, 난황 색도는 8주 간격으로 조사하였으며, 처리구당 30 반복으로 측정하였다. 난각 강도는 난각 강도계(FHK, Japan)를 이용하였고, 난각 두께는 내부 난각막을 제거한 후 micrometer(FHK, Japan)로 측정하였다. 호유닛과 난황 색도는 계란 품질 측정기(QCM+, TSS, England)를 이용하여 측정하였다.

3) 혈액의 성상

시험 종료시 혈액을 취하여 혈청 중 총단백질과 알부민, 요산 함량을 자동 생화학 분석기(ADVIA 1650; JEOL, Japan)로 측정하였다.

4) 복강 지방의 비율

시험 종료시 각각의 처리구에서 체중이 비슷한 개체를 선별하고, 근위 주위와 복강 내부에 축적된 지방을 분리한 후 무게를 측정하여 생체중에 대한 비율로 계산하였다.

5) 간의 아미노산 함량

처리구당 5수씩을 선별하고, 간을 채취하여 분석 전까지

-70℃에서 보관하였다. 간의 아미노산 함량은 자동 아미노산 분석기(Sykam S1100, Germany)로 측정하였다.

3. 통계 분석

수집된 자료는 SAS package(1996)의 GLM procedure로 분산분석을 실시하였으며, 처리구간의 통계적인 차이는 Duncan's new multiple range test(Steel and Torrie, 1980)를 이용하였다.

결과 및 고찰

단백질 수준이 서로 다른 사료에 비테인을 급여시 산란계의 생산성에 미치는 영향은 Table 2에 나타내었다. 산란율은 단백질 16.5% 처리구에서 14.5% 처리구에 비하여 유의적으로 증가하였으나($P<0.05$), 비테인의 첨가 효과는 나타나지 않았다. 그러나 단백질 함량이 비교적 낮은 14.5% 사료에 비테인 600ppm을 첨가하였을 때에는 산란율이 85.06%로 무첨가구의 81.95%보다 증가하는 경향을 보였다. 난중은 사료 내 조단백질 함량이 16.5% 처리구가 14.5% 처리구에 비하여 증가하였으며, 비테인 첨가구는 무첨가구와 비하여 유의하게 증가하였다($P<0.05$). 또한 단백질과 비테인 사이에 상승

Table 2. Comparison of productivity in laying hens fed diets containing different levels of betaine and protein

CP (%)	Betaine (ppm)	Egg production (%)	Egg weight (g)	Egg mass (g/day/hen)	Feed intake (g)	Feed conversion
14.5	0	81.95	60.75	49.90	138.01	2.835
14.5	600	85.06	61.17	52.25	137.65	2.706
16.5	0	88.10	61.84	54.57	137.07	2.533
16.5	600	87.79	63.58	55.88	136.71	2.468
Main effect means						
CP	14.5	83.50 ^b	60.96 ^b	51.08 ^b	137.83	2.770 ^a
	16.5	87.94 ^a	62.71 ^a	55.23 ^a	136.89	2.501 ^b
Betaine	0	85.02	61.30 ^b	52.24 ^b	137.54	2.684 ^a
	600	86.43	62.38 ^a	54.07 ^a	137.18	2.589 ^b
----- P-value -----						
CP		0.0001	0.0001	0.0001	0.7558	0.0001
Betaine		0.1005	0.0001	0.0001	0.9041	0.0265
CP×Betaine		0.0457	0.0003	0.1099	0.9995	0.4569

^{a,b} Means within a column with no common superscripts differ significantly ($P<0.05$).

효과가 존재하여 비태인 첨가구는 무첨가구에 비하여 난중이 가장 크게 증가하였다. 산란량도 단백질 16.5% 처리구에서 14.5% 처리구에 비하여 유의적으로 증가하였고, 비태인 600ppm 첨가구도 무첨가구와 비교하여 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 사료 섭취량은 처리구간에 차이가 없었으며, 사료요구율은 단백질 16.5% 처리구와 비태인 600ppm 급여구에서 현저하게 개선되었다($P<0.05$).

이러한 결과는 산란계에서 사료내 단백질 수준이 산란율에 영향을 미친다는 Chi and Speers(1976)의 보고와 유사한 결과를 나타내었다. 또한 난중과 사료 요구율도 단백질 함량이 높은 사료를 급여시 현저하게 개선되었으므로($P<0.05$) 사료내 단백질 함량은 산란계의 생산성에 영향을 미치는 것으로 나타났다. Harms et al.(1990)은 메티오닌 함량이 제한된 산란계 사료에서 콜린의 첨가는 효과적이지만, 메틸기가 충족된 사료에서는 콜린의 첨가가 효과적이지 못하였다고 하였다. 또한 Harms and Russell(2002)도 메티오닌이 충분한 사료를 섭취하면 콜린이나 비태인은 생산성에 미치는 영향은 없었다고 하였다. 그리고 Keshavarz and Austic(1985)는 산란계 사료에 단백질 수준이 적당한 164g/kg 수준을 급여하였을 때 콜린의 첨가 효과는 없었지만, 단백질 수준이 낮은 144g/kg 수준에서는 콜린 1.34g/kg 첨가로 산란율이 개선되었다고 하였다. 본 시험에서 비태인은 난중, 산란량 및 사료 요구율을 개선하였는데 이러한 결과는 산란계에서 단백질 요구량이 상대적으로

높은 시기인 산란 피크 시기에 비태인이 메틸기로 작용하여 단백질을 보충하는 작용을 하였을 것으로 사료된다.

비태인의 급여에 따른 계란 품질의 변화는 Table 3에서 나타내었다. 비태인과 사료 단백질 수준에 따른 파각 강도, 난각 두께 및 호유닛은 차이는 없었지만 난황 색도는 단백질 14.5% 처리구에서 16.5% 처리구에 비하여 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 파각 강도와 난각 두께는 비태인을 첨가하지 않은 단백질 14.5% 급여구에서 다른 처리구보다 약간 증가하는 경향을 보였으나 이는 산란율의 저하에 기인한 것으로 사료된다. 그리고 단백질 14.5% 급여구는 16.5% 급여구에 비하여 시험 사료의 옥수수 함량이 약 3.5% 정도(Table 1) 증가하였기 때문에 난황의 색도가 증대된 것으로 사료된다.

Table 4는 산란계 사료내 비태인 첨가가 산란계의 혈액 조성에 미치는 영향을 조사하였다. 혈중 총단백질 함량은 단백질 16.5% 급여구와 비태인 600ppm 처리구에서 높은 수치를 나타내었으나 통계적인 차이는 없었다. 혈중 알부민 함량도 높은 단백질 수준과 비태인 첨가구에서 증가하는 경향을 보였으나 통계적인 차이는 없었다.

이러한 결과는 육성돈에게 비태인을 수준별(0, 0.125, 0.250, 0.500%) 급여하였을 때 혈중 총단백질 함량과 알부민 함량은 차이가 없었다는 Mattews et al.(2001)의 연구 결과와 유사하였다. 그러나 Mattews et al.(1998)은 사료내 에너지와 조단백질 수준에 따라서 혈중 총단백질과 알부민의 함량에

Table 3. Comparison of egg qualities in laying hens fed diets containing different levels of betaine and protein

CP (%)	Betaine (ppm)	Eggshell breaking strength (kg/cm ²)	Eggshell thickness (μm)	Haugh unit	Yolk color index
14.5	0	4.65	371	87.77	8.0
14.5	600	4.23	365	87.91	7.8
16.5	0	4.24	369	87.42	7.3
16.5	600	4.24	370	88.14	7.4
Main effect means					
CP	14.5	4.44	368	87.84	7.9 ^a
	16.5	4.24	369	87.78	7.4 ^b
Betaine	0	4.44	370	87.59	7.7
	600	4.24	367	88.02	7.6
----- P-value -----					
CP		0.1804	0.5517	0.9579	0.0001
Betaine		0.1659	0.3533	0.6986	0.4967
CP×Betaine		0.1678	0.1665	0.7938	0.1276

^{a,b} Means within a column with no common superscripts differ significantly ($P<0.05$).

Table 4. Comparison of blood composition in laying hens fed diets containing different levels betaine and protein

CP (%)	Betaine (ppm)	Total protein (g/dL)	Albumin (g/dL)	Uric acid (mg/dL)	Abdominal fat (%)
14.5	0	7.03	1.70	9.09	4.865
14.5	600	7.14	1.78	8.29	4.324
16.5	0	7.11	1.82	11.84	5.268
16.5	600	7.79	1.84	10.56	3.866
Main effect means					
CP	14.5	7.09	1.74	8.66 ^a	4.59
	16.5	7.43	1.83	11.23 ^b	4.57
Betaine	0	7.07	1.77	10.62	5.07 ^a
	600	7.47	1.81	9.42	4.09 ^b
----- P-value -----					
CP		0.4039	0.2115	0.0042	0.9485
Betaine		0.3615	0.4901	0.2100	0.0302
CP×Betaine		0.5212	0.7180	0.7673	0.3138

^{a,b} Means within a column with no common superscripts differ significantly ($P<0.05$).

서 비태인이 영향을 미칠 수 있음을 시사하였다. 혈중 요산의 함량은 사료의 단백질 수준이 16.5%일 때 14.5%에 비하여 현저히 증가하였지만($P<0.05$) 비태인 처리구간에서는 차이가 없었다. Matthews et al.(1998)은 비태인 0.125%를 급여한 육성돈에서 사료에 첨가된 비태인이 질소 이용률을 개선하여 혈중 요소태 질소가 대조구에 비하여 유의적으로 감소되었다고 하였다. 그러나 Fernandez-Figares et al.(2002)은 비태인이 혈중 요소태 질소 수준에 영향을 미치지 않았다는 보고는 본 시험과 유사한 경향을 보였다. 생체중에 대한 복강지방의 비율은 비태인의 첨가로 유의적으로 감소되었다($P<0.05$). 비태인은 가금에서 콜린보다 더욱 효과적인 항지방간 인자일 수 있다(Saunderson and Mackinlay, 1990). 그러므로 비태인은 지방축적 감소에 영향을 미치고(Simon, 1999), 카르니틴의 합성을 매개로 지방산의 산화적 분해를 촉진하여 저지방육의 생산을 높일 수 있다(Schutte et al., 1997). Virtanen and Rosi(1995)의 연구에서도 메티오닌과 비태인을 옥수수-대두박 위주의 육계 사료에 첨가하여 급여한 결과, 가슴육 생산량은 증가하고, 복강 지방은 감소되었다고 하였다. 따라서 복강 지방 축적량의 감소로 단백질 합성을 위한 필수 아미노산 함량의 축적이 상대적으로 증가할 수 있는 가능성을 높게 하였다.

산란기에 비태인을 급여한 후 채취한 간 조직의 아미노산 함량을 분석한 결과는 Table 5에 나타내었다. 산란계의 간에

서 고농도로 존재하는 아미노산은 glutamate, aspartate, leucine, lysine, arginine 등의 순으로 나타났다. 조단백질 함량이 14.5% 처리구보다 16.5% 처리구에서 isoleucine과 cystine, methionine 함량이 증가하였으며, 비태인 첨가로 valine과 arginine 함량이 유의하게 증가하였다($P<0.05$). 대부분의 아미노산이 조단백질과 비태인간의 상호작용을 나타냈으며, 조단백질 14.5% 처리구에서는 비태인의 첨가로 필수아미노산인 arginine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, phenylalanine, threonine, valine 함량이 증가하였다. 비필수아미노산인 alanine, aspartate, glutamate, glycine, serine, tyrosine 함량도 모두 증가하여 사료내 단백질 함량이 낮은 14.5% 처리구에서 비태인은 간의 아미노산 함량에 영향을 미친 것으로 나타났다.

Jansen et al.(1986; 1991)은 쥐에 고단백식을 급여하였을 때 뇌 조직의 필수 아미노산의 함량이 증가하였고, 간과 유선에 함유된 필수 아미노산 함량에 긍정적인 영향을 미쳤다고 하였다. 일반적으로 고단백 식이의 섭취는 혈장과 조직내 필수 아미노산의 농도를 증가시키는데, 그 원인은 소화 후 소장 점막을 통해 빠르게 흡수되어 세포내 존재하기 때문이다(Park and Rogers, 1995). 따라서 본 시험 결과, 단백질 함량이 낮은 14.5% 처리구에 비태인을 첨가시에 간 조직내 아미노산 함량이 유의적으로 증가하였고, 이는 비태인이 단백질 섭취가 상대적으로 부족한 산란계에서 단백질 보충에 효과적으로 작용하였음을 시사한다.

Table 5. Comparison of amino acid concentrations in liver of laying hens fed diets containing different levels of betaine and protein

Amino acid (%)	CP(%) Betaine (ppm)	Main effect								P-value		
		14.5		16.5		CP		Betaine		CP	Betaine	CP× Betaine
		0	600	0	600	14.5	16.5	0	600			
----- % -----												
Aspartate		1.42	1.68	1.67	1.56	1.55	1.62	1.55	1.62	0.2053	0.1346	0.0012
Threonine		0.71	0.86	0.85	0.79	0.79	0.82	0.78	0.83	0.1432	0.0925	0.0007
Serine		0.73	0.87	0.85	0.80	0.80	0.83	0.79	0.84	0.2259	0.0621	0.0005
Glutamate		2.12	2.51	2.49	2.38	2.32	2.44	2.31	2.45	0.1169	0.0638	0.0030
Proline		0.65	0.62	0.72	0.64	0.63	0.68	0.69	0.63	0.5638	0.4881	0.7318
Glycine		0.73	0.87	0.86	0.83	0.80	0.85	0.80	0.85	0.0901	0.0589	0.0042
Alanine		0.90	1.07	1.05	0.98	0.99	1.02	0.98	1.03	0.2598	0.0599	0.0003
Valine		0.85	1.03	1.00	0.94	0.94	0.97	0.93	0.98	0.2164	0.0454	0.0005
Isoleucine		0.66	0.79	0.80	0.76	0.72	0.78	0.73	0.78	0.0214	0.0684	0.0018
Leucine		1.35	1.62	1.60	1.50	1.49	1.55	1.47	1.56	0.1780	0.0765	0.0008
Tyrosine		0.63	0.72	0.72	0.69	0.68	0.71	0.68	0.71	0.2006	0.1728	0.0126
Phenylalanine		0.76	0.87	0.88	0.83	0.82	0.85	0.82	0.85	0.2060	0.2834	0.0180
Histidine		0.49	0.56	0.58	0.53	0.52	0.55	0.53	0.54	0.1364	0.5320	0.0027
Lysine		1.18	1.41	1.42	1.33	1.30	1.38	1.30	1.37	0.0967	0.1328	0.0021
Arginine		1.01	1.20	1.18	1.14	1.11	1.16	1.09	1.17	0.1346	0.0442	0.0058
Cystine		0.26	0.27	0.29	0.29	0.27	0.29	0.28	0.28	0.0095	0.6304	0.3412
Met		0.31	0.31	0.35	0.37	0.31	0.36	0.33	0.34	0.0057	0.5697	0.4786

^{ab} Means within a column with no common superscripts differ significantly ($P<0.05$).

적 요

산란계 사료내 비태인의 첨가가 사료내 조단백질 수준에 따라 산란계의 생산성, 난 품질, 혈액 성분, 복강 지방 및 간의 아미노산 함량에 어떠한 영향을 미치는지 구명하기 위하여 산란계 18주령 ISA-Brown 산란계 432수를 이용하여 24주간 사양시험을 실시하였다. 처리구는 조단백질(14.5, 16.5%)과 비태인(0, 600ppm)을 각각 다른 수준으로 급여하여 2×2 요인분석시험을 실시하였다. 시험 사료는 대사 에너지 수준이 2,800kcal/kg, methionine과 lysine, cysteine의 수준은 단백질 수준에 비례하도록 배합하였다. 산란율과 난중은 매일 조사하였고, 사료 섭취량과 계란 품질은 4주마다 측정하였다. 시험 종료시 복강 지방과 간을 채취하였으며, 혈액중의 총단백질과 알부민, 요산 함량을 측정하였다. 산란율은 단백질 16.5% 처리구가 14.5% 처리구에 비하여 유의적으로 증가하

였으며($P<0.05$), 비태인 급여에 의한 차이는 나타나지 않았다. 난중은 단백질 16.5% 처리구와 비태인 600ppm 첨가구에서 유의적으로 증가하였으며($P<0.05$), 산란량 또한 단백질 16.5% 처리구와 비태인 600ppm 첨가구에서 증가하였다($P<0.05$). 그리고 사료요구율도 단백질 16.5% 처리구와 비태인 600ppm 첨가구에서 유의하게 개선되었다($P<0.05$). 난각 강도, 난각 두께, 호유닛은 비태인 첨가로 처리구간에 차이를 나타내지 못하였다. 혈청의 total protein과 albumin 함량은 처리구간에 통계적인 차이가 없었고, uric acid는 사료내 단백질 수준에 의존적으로 증가하였지만, 비태인 급여 수준의 차이가 미치는 영향은 없었다. 복강지방 함량은 비태인 600ppm 첨가구에서 무첨가구에 비하여 현저하게 감소되었다($P<0.05$). 간의 아미노산 함량은 높은 단백질 수준(16.5%) 또는 비태인(600ppm) 첨가로 인하여 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 그리고 단백질 함량이 낮은 14.5% 처리구에서는

비태인을 첨가함으로써 간의 아미노산 함량에 상승 효과를 나타내었다($P<0.05$). 본 시험 결과, 비태인은 산란계의 생산성을 개선시키며, 복강 지방을 감소시키고, 저단백질 사료에서 간의 아미노산 함량 증가에 효과적으로 작용하였다.

(색인어 : 산란계, 비태인, 생산성, 복강지방, 간조직의 아미노산)

인용문헌

- Baker DH, Czarnecki GL 1985 Transmethylation of homocysteine to methionine: efficiency in the rat and chick. *J Nutr* 115:1291-1299.
- Chi MS, Speers GM 1976 Effects of dietary protein and lysine levels on plasma amino acids, nitrogen retention and egg production in laying hens. *J Nutr* 106:1192-1201.
- Esteve-Garcia E, Stefan M 2000 The effect of DL-methionine and betaine on growth performance and carcass characteristics in broilers. *Animal Feed Science and Technology* 87:85-93.
- Fernandez-Figares I, Wray-Cahen D, Steele NC, Campbell RG, Hall DD, Virtanen E 2002 Effect of dietary betaine on nutrient utilization and partitioning in the young growing feed-restricted pig. *J Anim Sci* 80:421-428.
- Harms RH, Russell GB 2002 Betaine does not improve performance of laying hens when the diet contains adequate choline. *Poult Sci* 81:99-101.
- Harms RH, Ruiz N, Miles RD 1990 Conditions necessary for a response by the commercial laying hen to supplemental choline and sulfate. *Poult Sci* 69:1226-1229.
- Jansen GR, Schibly MB, Masor M, Sampson DA, Longenecker JB 1986 Free amino acid levels during lactation in rats. Effects of protein quality and protein quantity. *J Nutr* 116:376-387.
- Jansen GR, Binard R, Longenecker JB 1991 Protein quality and quantity influence free amino acid levels in the brain and serum of rats during lactation. *J Nutr* 121:1187-1194.
- Keshavarz K, Austic RE 1985 An investigation concerning the possibility of replacing supplemental methionine with choline in practical laying rations. *Poult Sci* 64:114-118.
- Kidd MT, Ferket PR, Garlich JD 1997 Nutritional and osmoregulatory functions of betaine. *World Poultry Sci J* 53:125-139.
- Matthews JO, Southern LL, Pontif JE, Higbie AD, Bidner TD, 1998 Interactive effects of betaine, crude protein, and net energy in finishing pigs. *J Anim Sci* 76:2444-2455.
- Matthews JO, Southern LL, Higbie AD, Persica MA, Bidner TD 2001 Effects of betaine on growth, carcass characteristics, pork quality, and plasma metabolites of finishing pigs. *J Anim Sci* 79:722-728.
- Park TS, Rogers QR 1995 Changes in blood and tissue free amino acid concentrations in cats adapted to low-and high-protein diets. *Korean J Nutrition* 28:976-985.
- SAS Institute 1996 SAS/STAT[®] Guide Version 6.12. SAS Institute Inc. Cary NC.
- Saunderson CL, MacKinlay J 1990 Changes in body-weight, composition and hepatic enzyme activities in response to dietary methionine, betaine and choline levels in growing chicks. *British Journal of Nutrition* 63:339-349.
- Schutte JB, De Jong J, Smink W, Pack M 1997 Replacement value of betaine for DL-methionine in male broiler chicks. *Poult Sci* 76:321-325.
- Simon J 1999 Choline, betaine and methionine interactions in chickens, pigs and fish including crustaceans. *World's poult Sci* 55:353-374.
- Steel RGD, Torrie JH 1980 Principles and procedure of statistics. McGraw Hill New York.
- Virtanen E 1992 Betaine liefert effektiv methylgruppen. *Krafftutter* 6:261-262.
- Virtanen E, McNaughton J, Rosi L, Hall D 1993 Effects of betaine supplementation on intestinal lesions, mortality and performance of coccidia-challenged broiler chicks. *Proceedings of the 9th European Symposium in Poultry Nutrition*. JeleniaGora Poland pp.433-436.
- Virtanen EI, Rosi L 1995 Effects of betaine on methionine requirement of broilers under various environmental conditions. *Proc Aus Poult Sci Symp* 7:88-92.