

산란계에 *Bacillus subtilis*의 급여가 계란 품질, 혈액 성상 및 분내 암모니아태 질소 함량에 미치는 영향

김해진 · 유종상 · 권오석 · 민병준 · 손경승 · 조진호 · 진영걸 · 김인호[†]

단국대학교 동물자원학과

Effects of *Bacillus subtilis* Supplementation on Egg Quality, Blood Characteristics and Fecal NH₃-N in Laying Hens

H. J. Kim, J. S. Woo, O. S. Kwon, B. J. Min, K. S. Shon, J. H. Jo, Y. J. Chen and I. H. Kim[†]

Department of Animal Resource & Science, Dankook University

ABSTRACT This study was conducted to investigate the effects of *Bacillus subtilis* on the egg quality, blood characteristics and fecal NH₃-N in laying hens. A total of two hundred fifty two laying hens were randomly allocated into three treatments with seven replications for six weeks. Dietary treatments included 1) CON (control; basal diet), 2) BS0.2(control + 0.2% *Bacillus subtilis*) and 3) BS0.4 (control + 0.4% *Bacillus subtilis*). For overall period, hen-day egg production tended to increase by the *Bacillus subtilis* 0.4% in the diets, but was no significant difference. Egg weight, egg shell breaking strength, egg shell thickness, Haugh Unit, yolk color unit and egg yolk index were not affected by treatments. Difference of egg weight and egg shell breaking strength in the BS0.2 treatment tended to increase without significant difference. Difference of egg yolk index in laying hens fed *Bacillus subtilis* was increased ($P<0.05$). The concentrations of red blood cell (RBC) and white blood cell (WBC) were not significant difference. NH₃-N concentration in feces with BS0.4 treatment was significantly ($P<0.05$) lower than control. In conclusion, dietary *Bacillus subtilis* could decrease fecal NH₃-N.

(Key words : *Bacillus subtilis*, egg quality, blood characteristics, NH₃-N)

서 론

생균제(probiotic)란 용어는 Lilly와 Stillwell(1966)에 의해 처음으로 사용되었고, Parker(1974)에 의해 장내 미생물 균형에 도움을 주는 미생물이나 물질들로 정의되었다. 그 후 생균제는 1980년대 후반부터 단위가축의 생산성을 개선시킬 목적으로 *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus subtilis* 등이 주로 이용되어 왔다(Fuller와 Cole, 1989; Chiang와 Hsieh, 1995; Martin 등, 1995). 일반적으로 가축에 급여되는 생균제에는 생균, 사균, 효모, 세균 및 곰팡이 등의 단일 또는 복합적인 형태로 이용되는데, Newbold 등(1990)은 그 작용기작을 '생균제는 장내에서 유익균이 유해균을 경쟁적으로 배제함으로써 영양소 흡수에 대한 최적의

상태를 유지하도록 한다'고 설명하였다.

생균제는 가금에서 장내 *E. coli* 억제(Baba 등, 1991), *Salmonella* 증식 조절(Dunham 등, 1993), 성장 촉진, 장내 유익균의 수를 증가시키며(Fuller, 1989; 류경선와 박홍석, 1998), 혈청 콜레스테롤 감소(Abdulrahim 등, 1996)와 생산성 향상(Nahashon 등, 1993), 산란율, 사료효율, 난중 및 난백의 품질 개선(Tortuero와 Fernandez, 1995), 난황 콜레스테롤 감소(Haddadin 등, 1996) 효과가 있다고 보고하였다.

또한 산란계의 기호성을 자극하고(Nahashon 등, 1992; Nahashon 등, 1993), 비타민을 합성하고(Coates와 Fuller, 1977) 면역체계를 자극하여(Conway와 Kjelleberg, 1989) 산란계의 생산성을 극대화 시키는 역할을 한다고 보고되었다. 그러나 Watkins와 Kratzer(1984)는 생균제의 급여는 가축의 생

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

산성에 영향을 미치지 못하였다고 하였으며, Cerniglia 등 (1983)과 Goodling 등(1987)은 산란계에서 *Lactobacillus* 계통의 생균제 급여구는 대조구와 비교하여 산란율, 사료효율, 난중의 차이가 없었다고 보고하였다.

고초균(*Bacillus subtilis*)은 배양의 편의성, 보존성, 효소, 산 그리고 열에 대한 안정성이 높아 사료 첨가제용 생균제 제로 널리 사용되고 있으며(Kim 등, 1997; Jang 등, 1999), 닭의 영양소 소화율과 이용율을 높이고, 질소의 배설량을 감소시켜 NH₃ 발생량을 줄이는 효과가 있다고 보고되었다(Santoso 등, 1999).

따라서 본 연구의 목적은 *Bacillus subtilis*를 산란계에 급여하였을 때 계란 품질, 혈액 성분 및 분내 암모니아태 질소 농도에 미치는 영향을 조사하기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험동물 및 시험설계

49주령 Hy-line brown 갈색계 252수를 공시하였으며, 사료에 대한 7일간의 적응기간 후, 6주간 사양시험을 실시하였다. 시험설계는 Table 1과 같이 옥수수-대두박 위주의 사료로서 NRC(1994)요구량에 따라 처리한 기초 사료구(CON; basal diet), 기초 사료내 고초균을 0.2% 첨가한 구(BS0.2; basal diet + 0.2% *Bacillus subtilis*), 기초 사료내 고초균을 0.4% 첨가한 구(BS0.4; basal diet + 0.4% *Bacillus subtilis*)로 3처리를 하여 처리당 7반복 반복당 12수씩 완전임의 배치하였다.

2. 시험사료 및 사양관리

시험사료는 옥수수-대두박 위주의 사료로서 NRC(1994) 사양표준을 기초로 하여 2,904 kcal ME/kg, 15.45% CP, 0.70% lysine, 3.23% Ca, 0.61% P를 함유토록 하였다(Table 1). 시험사료는 가루 형태로 자유채식토록 하였으며, 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 하였다. 총 점등시간은 일일 17시간이 되도록 조절하였다.

본 사양시험에 사용한 생균제는 *Bacillus subtilis* 1.0×10⁹ cfu/g를 함유한 단일 생균제이다.

3. 조사항목

1) 산란율 및 난중

산란율은 사양시험 기간중 매일 집란하여 처리구별로 총

Table 1. Feed formula and chemical composition

Ingredients	%
Corn	50.36
Soybean meal (CP 46%)	18.70
Wheat grain	10.00
Wheat bran	5.00
Corn gluten meal	2.00
Animal fat	4.44
Limestone	7.50
Tricalcium phosphate	1.40
Salt	0.30
DL-methionine	0.10
Mineral premix ¹	0.10
Vitamin premix ²	0.10
Total	100
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.

산란수를 사육수로 나누어 백분율로 표시하였으며, 난중은 개시시와 종료시에 집란한 계란을 전자저울을 이용하여 측정하였다.

2) 난각 강도 및 난각 두께

난각 강도는 난각 강도계(1-63-11, Ozaki MFG. Co., Ltd., Japan)를 이용하였으며, 난각 두께는 Dial pipe gauge(1-63-11, Ozaki MFG. Co., Ltd., Japan)를 이용하여 난각의 예단부, 중앙부 및 둔단부를 측정하였다.

3) 난황색, 난황계수 및 Haugh Unit

난황색은 Yolk color fan(Roche, Switzerland)을 이용하여 난황의 색도를 측정하였다. 난황계수는 Ozaki사의 캘리퍼스로 난황의 높이와 직경을 측정하여 Sauter 등(1951)의 방법에 의하여 난황의 높이를 난황의 직경으로 나누어 계산하였다. Haugh Unit는 ($HU = 100 \times \log(H - (1.701 \times W^{0.37}) + 7.57)$)의 방법(Haugh, 1937)으로 난백고(H)와 난중(W)을 공식에 대입하여 구하였다.

4) WBC 및 RBC

혈액 채취는 사양시험 개시와 종료시에 각각 익정맥에서 혈액을 채취한 후 혈액학적 검사에 이용하였다. 혈액학적 검사는 자동 혈액분석기(ADVID 120, Bayer, USA)를 이용하여 WBC와 RBC를 측정하였다.

5) 분내 암모니아태 질소 농도 측정

암모니아태 질소는 사양시험 종료시 각 동일한 시간동안 배설된 분을 처리별로 채취한 후, 동결건조기를 이용하여 건조시켜 Chaney와 Marbach(1962)의 방법에 따라 분내 암모니아태 질소 농도를 측정하였다.

4. 통계처리

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 *Bacillus subtilis*의 첨가가 산란율에 미치는 영향을 Table 2에 나타내었다. 총 6주간의 사양시험기간에 산란율은 *Bacillus subtilis*를 0.4% 첨가한 처리구가 다른 처리구에 비해 높은 경향을 보였으나 처리구간에 유의적인 차이는 없었다. 나재천 등(2003)은 산란계 사료내 복합생균제를 급여하였을 경우 복합생균제 처리구가 대조구와 비교하여 평균 산란율에서 다소 높은 경향을 보였으나 유의적인 차이는 보이지 않았음을 보고하여 본 시험의 결과와 일치하였다. 그러나, 류경선 등(1999)은 산란계 사료내 생균제를 첨가할 경우 산란율이 유의적으로 증가하였다는 보고와는 상반된 결과를 나타냈다. 이러한 연구결과와 차이는 시험에 이용된 생균제의 종류, 급여수준 그리고 시험 개시시 산란계의 주

Table 2. Effect of *Bacillus subtilis* on hen-day egg production (%) in laying hens

Age(week)	CON ¹	BS0.2 ¹	BS0.4 ¹	SE ²
2	78.69	78.57	78.32	1.49
4	79.85	79.34	81.30	1.23
6	82.31	81.55	84.10	1.23
Total	80.28	79.82	81.24	0.45

¹ Abbreviated CON; Control, BS0.2; Control+0.2% *Bacillus subtilis*, BS0.4; Control+0.4% *Bacillus subtilis*.

² Pooled standard error.

령의 차이에 따른 것으로 사료된다.

2. 계란 품질

산란계 사료내 *Bacillus subtilis*의 첨가가 계란 품질에 미치는 영향을 Table 3에 나타내었다. 난중, 난각강도, 난각두께, Haugh Unit, 난황색 그리고 난황계수 모두 처리들간에 유의적인 차이는 없었다. 그러나, 개시시와 종료시를 비교하여 난중과 난각강도에서 *Bacillus subtilis*를 0.2% 첨가한 처리구가 다른 처리에 비해 증가하는 경향을 보였으나 처리간에 유의적인 차이는 없었으며, 난황계수에서는 *Bacillus subtilis*를 첨가한 처리구가 대조구에 비해 증가량이 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.05$). 본 시험의 결과는 Abdulrahim 등(1996)과 Haddadin 등(1996)이 생균제의 급여가 난각두께에 영향을 미치지 않는다는 보고와 동일한 결과였으나 Rovinson(1977)과 Nahashon 등(1996)의 생균제의 급여가 난각질과 난황색이 유의적으로 증가하였다는 보고와는 상반된 결과를 나타냈다. 이러한 상반된 연구결과는 시험에 이용한 생균제의 종류와 첨가 급여량에서 차이에 따른 것으로 사료된다.

3. RBC, WBC 및 분내 암모니아태 질소

산란계 사료내 *Bacillus subtilis* 첨가가 RBC, WBC 및 분내 암모니아태 질소 함량에 미치는 영향을 Table 4에 나타내었다. RBC와 WBC는 처리구간에 유의적인 차이는 없었다. 분내 암모니아태 질소 함량에서는 *Bacillus subtilis*를 0.4% 첨가한 처리구가 대조구에 비해 유의적으로 감소하였다($P < 0.05$).

가축에 있어 장관내로 분비된 요소는 요소분해효소에 의해서 암모니아로 분해되며(Wrong, 1981), 이러한 암모니아는 가축의 성장을 저해하는 역할을 한다(Lin과 Visek, 1991). *Bacillus subtilis*는 가축의 소화관에서 성장하기 힘들어 장내 용모에 정착하지 못하고 장내를 통과하면서 다른 생균제의

Table 3. Effect of *Bacillus subtilis* on the egg quality in laying hens

Parameters	CON ¹	BS0.2 ¹	BS0.4 ¹	SE ²
Initial				
Egg weight, g	63.14	63.31	63.78	1.87
Egg shell breaking strength, kg/cm ²	3.69	3.41	3.28	0.22
Egg shell thickness, mm	0.36	0.35	0.36	0.01
Haugh unit	93.05	93.28	93.30	1.08
Yolk color unit	8.90	8.19	8.70	0.16
Egg yolk index	0.44	0.42	0.42	0.01
Final				
Egg weight, g	62.79	63.64	62.59	0.54
Egg shell breaking strength, kg/cm ²	3.75	3.77	3.55	0.09
Egg shell thickness, mm	0.35	0.35	0.35	0.24
Haugh unit	88.80	87.73	87.44	0.77
Yolk color unit	7.26	7.23	7.26	0.08
Egg yolk index	0.45	0.45	0.45	0.01
Difference				
Egg weight, g	-0.35	0.33	-1.19	1.18
Egg shell breaking strength, kg/cm ²	0.06	0.36	0.27	0.13
Egg shell thickness, mm	-0.01	0.00	-0.01	0.39
Haugh unit	-4.25	-5.56	-5.86	0.81
Yolk color unit	-0.84	-0.97	-0.82	0.12
Egg yolk index	0.01 ^b	0.03 ^a	0.03 ^a	0.01

¹ Abbreviated CON; Control, BS0.2; Control+0.2% *Bacillus subtilis*, BS0.4; Control+0.4% *Bacillus subtilis*.

² Pooled standard error.

^{ab} Means in the same row with difference superscripts differ (P<0.05).

정착을 도우며, 대부분 분변으로 배설된 후 분변의 분해에 관여한다(Fuller, 1992). 따라서 김재황 등(2001)은 육계 사료 내 복합생균제를 첨가하였을 경우 암모니아 가스 농도가 유의적으로 감소하였다고 보고하였으며, Chiang와 Hsieh(1995)은 육계에 복합생균제를 급여하였을 경우 분내 암모니아 농도가 감소하였다는 보고는 본 시험의 결과와 일치하였다. 이러한 결과는 *Bacillus subtilis*에 의해 산란계의 질소 이용율이 개선되어(Santoso 등, 1999) 분내 질소 함량의 감소로 분내 암모니아태 질소의 농도가 감소하는 것으로 사료된다.

Table 4. Effects of *Bacillus subtilis* on RBC, WBC and fecal NH₃-N in laying hens

Parameters	CON ¹	BS0.2 ¹	BS0.4 ¹	SE ²
RBC, ×10 ⁶ (No./mm ³)				
Initial	1.87	2.09	2.13	0.08
Final	2.36	2.27	2.22	0.07
Difference	0.49	0.18	0.09	0.12
WBC, ×10 ⁵ (No./mm ³)				
Initial	2.09	2.41	2.43	0.17
Final	2.87	2.64	2.63	0.24
Difference	0.78	0.23	0.19	0.26
NH ₃ -N, ppm	524.77 ^a	454.40 ^{ab}	374.91 ^b	34.07

¹ Abbreviated CON; Control, BS0.2; Control+0.2% *Bacillus subtilis*, BS0.4; Control+0.4% *Bacillus subtilis*.

² Pooled standard error.

^{ab} Means in the same row with difference superscripts differ (P<0.05).

적 요

본 연구의 목적은 *Bacillus subtilis*를 산란계에 급여하였을 때 계란 품질, 혈액 성분 및 분내 암모니아태 질소 함량에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였다. 사양시험은 49주령 Hy-line brown 산란계 252수를 공시하였으며, 처리구로는 옥수수-대두박 기초 사료구(CON; control), 기초 사료구에 *Bacillus subtilis*를 0.2%(BS0.2; control+0.2% *Bacillus subtilis*)와 0.4%(BS0.4; control + 0.4% *Bacillus subtilis*) 첨가한 구로 구성되었다. 총 6주간의 사양시험 기간동안, 산란율은 *Bacillus subtilis*를 0.4% 첨가한 처리구가 수적으로 높은 경향을 보였으나 처리구간에 유의적인 차이는 없었다. 난중, 난각 강도, 난각 두께, Haugh Unit, 난황색 그리고 난황계수도 처리구간에 유의적인 차이는 없었다. 그러나 난중과 난각 강도의 증가량은 *Bacillus subtilis*를 0.2% 첨가한 처리구가 대조구에 비해 높은 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었으며, 난황계수는 *Bacillus subtilis*를 첨가한 처리구가 대조구에 비해 유의적으로 증가하였다(P<0.05). RBC와 WBC는 처리구간에 유의적인 차이는 없었다. 분내 암모니아태 질소 함량은 *Bacillus subtilis*를 0.4% 첨가한 처리구에서 대조구에 비해 유의적으로 감소하였다(P<0.05). 결론적으로, 산란계 사료내 *Bacillus subtilis*의 첨가는 분내 암모니아태 질소 함량을 감소

시키는 것으로 사료된다.

(색인어 : *Bacillus subtilis*, 계란품질, 혈액성상, 분내 암모니아태 질소)

인용문헌

- Abdulrahim SM, Haddadin MSY, Hashlamoun EAR, Rovinson RK 1996 The influence of *Lactobacillus acidophilus* and bacitracin on layer performance of chickens and cholesterol content of plasma and egg yolk. Br Poult Sci 37:341-346.
- Baba E, Nagaishi S, Fukuta T, Arakawa A 1991 The role of intestinal microflora on the prevention of *Salmonella* colonization in chickens. Poultry Sci 70:1902-1907.
- Cerniglia GJ, Goodling AC, Hebert JA 1983 The response of layers to feeding *Lactobacillus* fermentation products. Poultry Sci 62:1339(abstract).
- Chaney AL, Marbach EP 1962 Modified reagents for determination of urea and ammonia. Clin Chem 8:131.
- Chiang SH, Hsieh WM 1995 Effect of direct-fed microorganism on broiler growth performance and litter ammonia level. Asian-Aust J Anim Sci 8(2):159.
- Coates Me, Fuller R 1977 The gnotobiotics animal in the study of gut microbiology. Pages 311-346 In: Clarke RTJ, Bauchop T(Eds.) Microbial ecology of the gut. Academic press. London.
- Conway PL, Kjelleberg S 1989 Protein-mediated adhesion of *Lactobacillus fermentum* strain 737 to mouse stomach squamous epithelium. J Gen Microbiol 135: 1175-1186.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F tests. Biometrics 11:1-42.
- Dunham HJ, William C, Edens FW, Casas IA, Dobrogosz WJ 1993 *Lactobacillus reuteri* immunomodulation of stressor-associated disease in newly hatched chickens and turkeys. Poultry Sci 72(Suppl. 1):103(abstract).
- Fuller R 1989 Probiotics in man and animals; A review. J Appl Bacteriol 66:365-378.
- Fuller R 1992 Probiotics: The scientific basis. 1st ed Chapman & Hall, New York.
- Fuller R, Cole CB 1989 The scientific basis of the probiotics concept. Page 14 In Probiotics: Theory and Applications, Stark BA and Wilkinson JM(Eds.). Proceedings of conference held at the AFRC Institute of Grass land and Animal production, Hurley, U.K. 29 November, 1988.
- Goodling AC, Cerniglia GJ, Hebert JA 1987 Production performance of White Leghorn layers feed *Lactobacillus* fermentation products. Poultry Sci 66:480-486.
- Haddadin M, Abdulrahim SM, Hashlamoun EAR, Robinson RK 1996 The effect of *Lactobacillus acidophilus* on the production and chemical composition of hen's eggs. Poultry Sci 75:491-494.
- Haugh RR 1937 The Haugh unit for measuring egg quality. US Egg Poultry Mag 43:552-555.
- Jang BS, Yun HI, Park SC, Kim MK, Choi YW, Oh TK 1999 *Bacillus amyloliquefaciens* DS11 phytase on phosphorus concentration in broiler gastrointestinal tract. Kor J Vet Publ Hlth 23(1):45.
- Kim OK, Kim HK, Bae KS, Yu JH, Oh DTK 1997 Purification and properties of a thermostable phytase from *Bacillus* sp. DS11. Enzyme Microb Technol 22:2.
- Lilly DM, Stillwell RH 1966 Probiotics: growth promoting factors produced by microorganism. Science 147:747.
- Lin HC, Visek WJ 1991 Colon mucosal cell damage by ammonia in rats. J Nutr 121:887-893.
- Martin RG, Lyons TP, Jacques KA 1995 Probiotic feeding effect on performance and intestinal microflora of broiler chicks. Page 371 In Biotechnology in the Feed Industry, Proc 11th Annual Symp, Alltech Publ, KY, U.S.A.
- Nahashon SN, Nakaue HS, Mirosh LW 1992 Effect of direct-fed microbials on nutrient retention and production parameters of laying pillets. Poultry Sci 71(suppl): 111 (Abstract).
- Nahashon SN, Nakaue HS, Mirosh LW 1992 Effect of direct-fed microbials on nutrient retention and production parameters of Single Comb White Leghorn pullets. Poultry Sci 72(suppl. 1):87(abstract).
- Nahashon SN, Nakaue HS, Mirosh LW 1996 Nutrient retention and production parameters of Single Comb White Leghorn layers fed diets with varying crude protein levels and supplemented with direct-fed microbials. Anim Feed Sci Technol 61:17-26.
- Newbold CJ, Williams PEV, Mackin N, Walker A, Wallace RJ 1990 Effects of yeast culture on yeast numbers and fermentation in the rumen of sheep. Proc of Nutr Sci, July

- 1989.
- NRC 1994 Nutrient requirements of poultry. National Academy Press. Washington DC.
- Parker RB 1974 Probiotics: the half of the antibiotic story. An Nutr & Health 29:4-8.
- Rovinson RK 1977 Yogurt and health. Br Nutr Foundation Bull 21:191-194.
- Santoso U, Ohtani S, Tanaka K, Sakaida M 1999 Dried *Bacillus subtilis* culture ammonia gas release in poultry house. Asian-Aust J Anim Sci 12(5):806.
- SAS Institute 1996 SAS/STAT[®] User's Guide, Release 6.12 Edition. SAS Institute Inc. Cary NC USA.
- Sauter EA, Stadelman WJ, Harns V, McLaren BA 1951 Methods for measuring yolk index. Poultry Sci 30:629-630.
- Tortuero F, Fernandez E 1995 Effects of inclusion of microbial cultures in barley-based diets fed to laying hens. Anim Feed Technol 53:255-265.
- Watkins BA, Kratzer FH 1984 Drinking water treatment with commercial preparation of a concentrated *Lactobacillus* culture for broiler chickens. Poultry Sci 63:1671-1673.
- Wrong OM 1981 Nitrogen compounds In: Wrong OM, Edmonds CJ, Chadwick VS(Eds.) The Large Intestine: Its Role in Mammalian Nitrogen and Homeostasis. John Wiley and Sons. New York. P. 133.
- 김재황 김영민 김상철 하홍민 고영두 김창현 2001 복합생균제(Economix)의 사료내 첨가가가 육계의 생산성 및 계사내 유해가스 감소에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지 43:349-360.
- 나재천 김태호 서옥석 유동조 김학규 이상진 김상호 하정기 김재황 2003 복합생균제의 급여가 산란계의 생산성에 미치는 영향. 한국가금학회지 30:145-150.
- 류경선 박홍석 1998 생균제의 급여가 육계의 생산성과 장내 미생물의 변화에 미치는 영향. 한국가금학회지 25:31-37.
- 류경선 박홍석 류명선 박주영 김상호 송희종 1999 생균제의 급여가 산란계의 생산성과 장내 미생물의 변화에 미치는 영향. 한국가금학회지 26:253-259.