한국가금학회지 제 32권 제 4호, 255~260 (2005)
Korean J. Poult. Sci. Vol. 32, No.4, 255~260 (2005)

육계사료와 식용유 정제 폐백토(Spent Bleaching Clay) 급여가 육계의 생산성에 미치는 영향

전해열[1] · 손장호[2,†] · 이길왕[1] · 김선구[1] · 강한석[1] · 신택순[1] · 조병욱[1]
[1]밀양대학교 동물자원학과, [2]대구교육대학교 실과교육과

Effects of Feeding Mixture of Commercial Broiler Feed with Spent Bleaching Clay from Vegetable Oil Refinery on Broiler Performance

H. Y. Jeon[1], J. H. Son[2,†], K. W. Lee[1], S. K. Kim[1], H. S. Kang[1], T. S. Shin[1] and B. W. Cho[1]
[1]*Department of Animal Science, Miryang National University,* [2]*Department of Practical Arts Education, Daegu National University of Education*

ABSTRACT This study was conducted to evaluate the feasibility of spent bleaching clay(SBC) as an energy resource for meat type chicks. A total of one hundred twenty 1-d old broiler chicks(Han-hyop, No. 3) were divided into four groups and each group was assigned to one of the following diets: 0(T1), 2.0(T2), 4.0(T3) and 6.0% SBC(T4). Each treatment had 3 replications of 10 birds. Before feeding experimental diets, they were fed a commercial diet for a week. Body weight gain and feed intake tended to increase in T3 and T4, respectively. Feed efficiency(feed intake/ gain) tended to decrease in T3 compared to other groups. Fatty acid composition of breast and thigh meat was not significantly affected by feeding SBC. Utilization of dry matter, energy, crude protein and crude fat was lower in T4 than in the other groups during both starter and finisher periods($p<0.05$). Crude ash utilization was not significantly affected by feeding dietary SBC.

These results indicate that broiler diets may be supplemented with 2 to 4% SBC without adverse effect on growth.
(Key words : spent breaching clay, broiler performance, body weight gain, feed intake, fatty acid composition)

서 론

대두유 가공 정유공정에서 알칼리 정제가 끝난 유지는 탈색공정에서 보통 2~3%의 백토를 탈색제로 첨가한 후 여과하여 유지와 탈색제를 분리시킨다. 이때 발생하는 폐백토(spent bleaching clay)는 약 25~30%의 지방을 함유한 채 탈색공정에서 제거된다(지구문화 편집부, 2002; Tasai 등, 2002).

계육을 식품으로서 가치를 증대하고 육계에서 질병에 대한 저항성 증진 및 생산성 향상 등을 위하여 여러 종류의 사료 첨가제가 이용되어왔다. Zeolite(Mumpton 과 Fishman, 1977; Quinsenderry, 1968) bentonite(Almquist 등, 1967), kaolin(Savory, 1984) 및 맥반석(손장호와 박창일, 1997) 등의 광물질들은 탈취, 이온교환, 토양개량 등을 위하여 오래전부터 사용되어왔지만 가축 사료로서도 미량광물질의 공급원 및 장내 유해한 독소, 세균, 가스, 과잉 수분 제거 등에 효과적으로 작용한다고 보고되어 있다(Day 등, 1970; Spandorf 등 1972; 이, 1975).

대두유 가공 정유공정 과정에서 생성되는 spent bleaching clay가 함유하고 있는 지방은 산가가 높고 산패 가능성이 높으므로 사료지방으로 가치가 제한되므로(Bartov, 1987) 지방의 산패를 방지하기 위하여 효과적인 항산화제의 첨가에 관한 연구도 요구된다. 한편 사료에서 지방은 기호성 증진에도 역할을 미치고 있는데 정유 부산물인 spent bleaching clay가 닭의 사료첨가제 및 사료의 기호성에 어떠한 영향을 미치는가에 대해서는 국내에 현재까지 보고된적이 없다.

그러므로 본 연구에서 대두유 정제공정에서 폐기되는 spent bleaching clay를 육계사료로서 가능성을 조사하기 위해 육계의 생산성과 체 지방 조성에 미치는 영향에 대하여 검토하였다.

† To whom correspondence should be addressed : jhson@dnue.ac.kr

재료 및 방법

1. 실험설계 및 사양실험

본 시험은 1일령 한협 3호 120수를 4처리, 3반복, 반복당 10수(암·수 각각 5수)를 육계시험을 위해서 제작된 cage에 배치하였다. 예비시험기간 1주를 포함하여 5주간 실행하였다.점등은 1일 24시간으로 하였으며, 물과 사료를 자유채식시켰다. 시험사료는 기초사료로 옥수수, 대두박이 주성분인 육계용 시판사료(울산농협 사료)에 조지방함량 26% 수준의 spent bleaching clay를 2, 4, 및 6% 첨가하여 급여하였다. 기초사료의 배합비 및 화학조성과 spent bleaching clay의 화학조성 및 시험설계는 각각 Table 1, 2 및 3에 나타내었다.

Table 1. Composition of basal diet

Ingredients	Starter	Finisher
Corn	46.31	61.33
Soybean meal	36.04	30.22
Wheat bran	10.00	3.00
Soybean oil	4.32	1.12
Dicalcium phosphate	1.16	1.62
Limestone	1.40	1.07
Fish meal		1.00
Salt	0.40	0.40
DL-methionine	0.16	0.05
Vitamin premix[1]	0.10	0.10
Mineral premix[2]	0.10	0.10
Total	100.00	100.00
Chemical composition		
ME(kcal/g)	3.200	3.200
Crude protein(%)	21.00	19.00
Choline(%)	1.395	1.274
Methionine(%)	0.501	0.390
Met+Cys(%)	0.831	0.699
Lysine(%)	1.179	1.084

[1] Vitamin premix provides the followings(mg or IU) per kg of diet: vitamin A, 5,500 IU; vitamin, D_3, 1,100 ICU; vitamin E, 10 IU; riboflavin, 4.4; vitamin B_{12}, 12; nicotinic acid, 44; menadione, 1.1; biotin, 0.11; thiamin, 2.2; ethoxyquin, 125.

[2] Mineral premix provides the following(mg per kg of diet) : Mn, 80 mg; Zn, 60 mg; Fe, 40 mg; Cu, 4.5 mg; Co, 1.0 mg; I, 0.5 mg; Se, 0.15 mg.

2. 조사항목

1) 증체량

Table 2. Chemical composition of spent bleaching clay[a]

Item	Spent bleaching clay
Chemical composition	
Moisture(%)	5.2
Ether extract(%)	26.0
Crude protein(N×6.25%)	0.5
Ash(%)	68.3
Mineral contents	
Ca(%)	0.26
P(%)	0.01
Na(%)	0.14
Mg(%)	0.08
K(%)	0.32
Zn(mg/kg)	10.3
Fe(mg/kg)	0.43
Cu(mg/kg)	2.0
Mn(mg/kg)	7.63
Cd(mg/kg)	ND[b]
As(mg/kg)	10.0
Hg(mg/kg)	0.056

[a] All values are expressed on a dry matter basis.
[b] ND : not detected.

Table 3. Experimental design on the effect of spent bleaching clay on the performance of broilers

Item	Treatment			
	T1	T2	T3	T4
Commercial concentrate(%)[a]	100	98	96	94
Spent bleaching clay(%)[a]	-	2	4	6
No. of replication	3	3	3	3
Bird/replication	10	10	10	10

[a] All values are expressed on as fed basis.

증체량은 5주간(예비시험 기간 1주 포함)의 총 시험기간 동안 매주 1회 총 5회에 걸쳐서 같은 시간(오전 9시)에 반복별로 측정하여 총 증체량은 종료시 체중에서 시험 개시시 체중을 제외한 값으로 구하였다.

2) 사료섭취량 및 사료효율

5주간의 총 시험기간(예비시험 기간 1주 포함)동안 매주 총 5회에 걸쳐서 같은 시간(오전 9시)에 체중을 측정한 직후에 반복별로 시험사료의 잔량을 측정하여 총사료 급여량에서 남은 사료량을 뺀 값으로 사료섭취량으로 구하였으며 다시 일당 사료섭취량 및 증체량을 환산하여 사료효율을 계산하였다.

3) 계육중의 지방산 함량 분석

계육중 지질의 추출은 Folch 등(1957)의 방법으로 추출한 80 mg을 tetron-lined screw-captube(20mL)에 넣고 내부 표준물질인 tricosanoic acid(in methanol 0.4mg/mL)를 1mL, 4% H_2SO_4(in methanol) 1mL를 넣은 다음 90℃에서 10분간 methylation 시켰다. 상온에서 방냉한 후 hexane을 2mL 넣고 증류수 5mL 첨가한 다음 교반 후 층 분리를 하였다. Sodium sulfate를 이용하여 상층의 수분을 흡착하여 제거한 후, GC vial(1.5mL)에 상층액 1mL를 취하여 넣었다. 이를 GLC(gas liquid chromatography HP 5890+)에서 Table 4와 같은 조건에서 분석하였다.

Table 4. Gas liquid chromatography conditions for analysis of meat fatty acid composition

Item	Condition
Instrument	HP 5890+Chromatography
Column	Sulpelcowax 10 fused silica capillary column 60m×0.32 i.d.
Temperature program	10℃/min
Detector	Flame Ionization Detector(FID)
Initial temperature	50℃
Initial time	1min
Final temperature	200℃
Final time	40min
Injector temperature	260℃
Detector temperature	260℃
Carrier gas	He
Split ratio	90 : 1
Intergrator	HP 3396 SeriesⅢ

4) 소화율 시험 및 일반조성분 분석

대사시험은 각각 2주간씩의 전·후기 사료 급여시험(4주간) 종료후 처리당 3수씩 총 12수씩을 2차례에 걸쳐 5일간의 적응기간을 거친 후 24시간씩 3회, 대사용 Cage 밑에 비닐을 골고루 편 후 전분 채취법으로 실시하였다. 또한 대사시험 기간동안 분뇨중에 사료, 깃털 또는 비늘 등의 이물질의 혼합을 최소화 시켰으며, 분뇨중 암모니아 확산 및 부패 방지를 위해서 5%의 HCl 용액 및 1mL의 톨루엔을 분뇨 채취전에 골고루 살포하였다(Son 등, 1997). 시험사료 및 계분은 55℃의 건조기에서 2일간 완전 건조시켜 1mm 입자로 분쇄한 후 일반성분 분석은 A.O.A.C(1990)법에 의하여 실시하였다. 또한 bomb calorimeter(k.k吉田製作所)를 이용하여서 Energy가를 측정하였다.

3. 통계분석

시험을 통해서 얻어진 성적들 SAS package(SAS Institute, 1996)의 GLM procedure로 분산분석을, Duncan의 New multiple range test를 이용하여 처리구 평균간의 유의성 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

Spent Beaching Clay(SBC) 첨가수준을 달리한 5주간(예비시험 1주)의 사육시험기간 동안의 증체중, 사료섭취량 및 사료요구율을 Table 5에 나타내었다.

증체량은 5주간의 시험 전 기간동안 통계적인 차이는 없었지만, SBC 2 및 4% 첨가구가 대조구보다도 각각 12.6g 및 47.5g 많아지는 경향이 인정되었다. 그러나 SBC 6% 첨가구에서는 전시험기간동안 대조구보다 30g 낮게 평가되었다. 이는 육계사료에서 6%의 SBC 첨가는 사료내 에너지의 함량은 증가시키지만 전체적인 영양소 불균형을 초래하여서 6%의 SBC 첨가는 증체율의 감소를 가져온 것으로 사료된다. 그러나 SBC 2% 및 4% 첨가는 에너지 공급 사료로써의 효과를 충분히 나타내어 성장률의 개선을 가져오는 것으로 보이며 육계 사육에 사료 내 4%의 SBC를 첨가하는 것이 육계 생산성의 증대화를 유도할 수 있을 것으로 사료된다.

이와 같은 결과는 Marion과 Woodroof(1966)가 조단백질

Table 5. Effect of feeding spent bleaching clay on body weight gain, feed intake and feed/gain in the broiler

Item	Weeks	Treatments				SEM
		T1	T2	T3	T4	
Weight gain(g/bird)	2~3	345.2	348.7	357.3	323.3	18.3
	4~5	512.5	521.6	547.9	504.1	24.0
	2~5	857.7	870.3	905.2	827.1	26.1
Feed intake(g/bird)	2~3	620.0	625.7	625.0	615.0	23.5
	4~5	1183.0	1139.0	1141.6	1239.2	29.5
	2~5	1803.0	1764.7	1766.6	1854.2	32.5
Feed / gain(g/g)	2~3	1.80	1.79	1.75	1.90	0.16
	4~5	2.31	2.22	2.08	2.46	0.19
	2~5	2.10	2.03	1.95	2.24	0.20

24%의 사료에 야자유를 5%씩 급여한 처리구가 대조구에 비하여 8주령시의 증체량이 개선되었다는 보고와 유사하였다.

사료섭취량은 전 시험기간동안 대조구보다 2% 및 4%의 SBC 첨가구가 43.9g 및 31.4g 낮아지는 경향이 인정되었다. 일반적으로 사료중에 에너지 함량이 높으면 사료섭취량이 감소한다는 사실에 비추어 볼 때 SBC 첨가가 사료의 에너지를 높인 결과로 사료된다. 그러나 SBC 6% 첨가구의 시험기간중의 총 사료섭취량은 대조구보다는 46.2g 높아지는 경향을 나타내었다. 이는 증체중에서도 설명된 것과 같이 육계사료에 6%의 SBC 첨가는 사료내 에너지 함량 증가의 영향은 인정되지만 전체적으로 영양소 불균형에 따른 결과라고 사료된다. 따라서 SBC 2% 및 4%첨가는 에너지 공급 사료로서의 효과를 충분히 나타내어 사료섭취량 감소와 더불어서 증체중의 증가를 개선시키는 경향이 있음이 사료되었다.

사료요구율은 전시험기간동안 SBC 2% 및 4% 첨가구가 대조구보다 낮아지는 경향이, 반대로 SBC 6% 첨가구는 대조구보다 높아지는 경향이 인정되었다.

2. 계육중의 지방산 함량 변화

육계 배합사료에 Spent Bleaching Clay를 0, 2, 4 및 6%를 첨가하여 4주간 급여한 후 계육중에 검출된 지방산 조성 변화를 Table 6에 나타내었다.

계육의 지질 및 지방산 조성은 고기의 맛과 기호성에도 영향을 주고 있다(Hornstein 1961). 본 시험의 결과 계육의 대퇴부 및 흉심부에 나타난 지방산 조성의 차이에 SBC 첨가의 영향은 보이지 않았으나, SBC 6% 첨가구의 대퇴부에서 포화지방산인 myristic acid(C14:0), palmitic acid(C16:0)와 불포화지방산인 oleic acid(C18:1), 와 USFA의 비율이 다른 처리구에 비해서 낮게 나타나는 경향이 인정되었다. 포화지방산인 magaric acid(C17:0)는 6% 첨가구에서는 검출되지 않았다.

흉심 부위에서는 SBC 6% 첨가에서 oleic acid(C18:1)와 USFA의 비율이 다른 처리구보다 높은 경향을 나타내어 대퇴부위와는 상반되는 결과를 나타내었다. 또한 magaric acid(C17:0)가 SBC 6% 첨가구에서 나타나지 않아 대퇴부위와 같은 결과를 나타내었다.

3. 영양소 이용율

Spent Beaching Clay의 단계적인 첨가가 육계전기 및 후기 시험사료의 영양소 이용율에 미치는 영향은 Table 7에 나타내었다.

육계 전기 시험사료의 건물 이용율은 대조구 71.83%에 비하여 SBC 2% 및 4% 첨가구는 71.9~74.8%로 약간 높아지는 경향이 인정되었으나 SBC 6% 첨가구에서는 65.0%로 유의적으로 낮았다($p<0.05$). 그리고 조단백질 이용율은 대조구 44.05%에 비하여 SBC 2%와 4% 첨가구에서는 49.3~59.6%로 높아지는 경향이 인정되었고 SBC 6% 첨가구에서는 32.6%로 유의적으로 낮았으며($p<0.05$), 조지방 이용율도 건물 이용율 및 조단백질 이용율과 같이 대조구 76.9%로 SBC 2% 첨가구와 4% 첨가로 78.4~80.0%로 높아지는 경향이 인정되었고 6% 첨가구에서는 59.6%로 유의적으로 낮았다($p<0.05$).

대사에너지가도 조지방의 이용율과 비슷한 경향을 보였고 조회분 이용율은 처리구간의 유의함 차이는 인정되지 않았다. 후기 사양기간 중 건물 이용율은 SBC 4% 첨가구에서

77.7%로 가장 높았고 6% 첨가구에서 70.3%로 가장 낮았다($p<0.05$). 그리고 조단백질 이용율은 SBC 4% 첨가구에서 59.9%로 가장 높았으며 6% 첨가구에서 49.0%로 가장 낮았다($p<0.05$), 조지방의 이용율은 대조구가 81.7%로 가장 높았

Table 6. Fatty acid composition of the breast and thigh meat of broiler chicks after feeding spent bleaching clay for 4 weeks

Fatty acids composition(%)	Treatment				SEM
	T1	T2	T3	T4	
Breast meat					
14:0	1.37	1.21	1.21	1.16	0.09
16:0	23.94	23.93	22.68	21.48	1.31
16:1	5.56	4.97	5.21	5.33	0.34
17:0	0.39	0.31	0.26	-	0.07
18:0	7.64	8.51	7.92	7.04	0.38
18:1	44.68	44.20	45.38	45.30	1.34
18:2	14.95	15.01	15.84	16.28	1.37
20:4	1.48	1.85	1.48	1.42	0.05
SFA	33.34	33.96	32.07	31.68	2.20
USFA	66.66	66.04	67.93	68.32	3.37
Thigh meat					
14:0	1.32	1.25	1.23	1.10	0.27
16:0	23.3	23.13	22.14	21.21	0.52
16:1	5.07	4.67	5.19	5.30	0.46
17:0	0.38	0.33	0.26	-	0.05
18:0	8.40	8.73	8.86	9.68	0.08
18:1	43.49	44.26	43.78	43.52	2.00
18:2	14.98	15.65	16.27	16.21	0.20
20:4	2.00	1.98	2.27	2.98	0.14
SFA	33.4	33.44	32.49	32.99	2.07
USFA	66.0	66.56	67.51	68.01	2.76

C14:0(myristic acid), C16:0(palmitic acid), C16:1(palmitoleic acid), C17:0(magaric acid), C18:0(stearic acid), C18:1(oleic acid), C18:2(linoleic acid), C20:4(arachidonic acid).
SFA(Saturated fatty acid) : C14:0, C16:0, C17:0, C18:0.
USFA(Unsaturated fatty acid) : C16:1, C18:1, C18:2, C20:4.

Table 7. Efficiency of nutrient utilization in spent bleaching clay

Items	Treatment				SEM
	T1	T2	T3	T4	
Starter(2 weeks)					
Dry matter	71.83^{a}	71.94^{a}	74.83^{a}	65.06^{b}	2.23
Crude protein	44.05^{a}	49.36^{a}	59.63^{a}	32.62^{b}	3.10
Crude fat	76.96^{a}	78.46^{a}	80.00^{a}	59.69^{b}	4.37
Crude ash	37.57	36.77	36.52	34.55	2.35
ME	75.88^{a}	76.60^{a}	75.69^{a}	69.66^{b}	1.57
Finisher(2 weeks)					
Dry matter	74.06^{ab}	74.33^{ab}	77.74^{a}	70.36^{b}	1.72
Crude protein	51.79^{a}	53.66^{ab}	59.96^{c}	49.05^{a}	1.01
Crude fat	81.72^{a}	76.14^{b}	72.69^{b}	63.92^{c}	1.17
Crude ash	44.32	40.55	38.12	37.57	3.00
ME	81.87^{a}	77.54^{ab}	78.60^{ab}	74.80^{b}	2.07

$^{a\sim c}$ $p<0.05$.

고 SBC 6% 첨가구에서 49.0%로 가장 낮았다($p<0.05$). 조회분 이용율은 처리구간에 유의적인 차이가 인정되지 않았다. 대사에너지가 이용율은 대조구가 81.87%로 가장 높았고 SBC 2% 첨가구와 4% 첨가구에서 약간 낮은 경향이 인정되었으며 6% 첨가구에서는 유의적으로 낮았다($p<0.05$).

Velve 와 Baker(1974)는 대두유를 육계사료에 5, 10, 15 및 20% 수준으로 첨가한 결과 단백질 이용율에는 영향을 미치지 않았다고 보고하였다. 그러나 SBC 의 육계사료내 6% 첨가는 조단백질의 이용율이 전후기 모두 유의하게 감소시켜서 전자(Velve 와 Baker, 1974)의 결과와 상반된 결과를 나타내었다.

이러한 결과는 순수 대두유와 Clay가 혼합된 대두유의 차이에 기인할 것으로 사료되나 대두유와 Clay가 혼합된 대두유가 어떠한 영양적인 차이에 대한 구명은 추후에 다른 각도에서 좀더 세밀한 연구가 수행되어져야 할 것이다.

적 요

본 연구는 Spent Bleaching Clay(SBC)를 육계사료의 에너지 공급원으로 활용 가능성을 구명하기 위하여 실시하였다. 부화 직후의 120 수의 병아리(한협 3호)를 4처리 3반복, 반복당 10수(암수 각각 5수씩)를 Control(T1) 사료에 SBC를 2.0

%(T2), 4.0 %(T3) 및 6.0 %(T4)첨가한 4처리로 배치하였다. 시험사료 급여전 1주일은 시판사료를 급여하였다. 4주간의 시험 기간동안 증체중 및 사료 섭취량은 T3 및 T4 처리구에서 증가하는 경향이 인정되었다. 사료효율은 T3구에서 개선되는 경향이 인정되었다. 가슴살 및 다리살에서 지방산 조성을 사료의 처리에 따른 효과는 인정되지 않았다. 육계 초기 및 후기 사료 급여시 모두, 사료중의 건물, 조단백질 및 조지방 이용율은 T4 처리구가 다른 처리구에 비해서 유의하게 감소하였으며($p<0.05$), 대사에너지가도 T4 처리구가 다른 3구에 비해서 유의하게 저하하였다($p<0.05$). 사료중의 조회분의 이용율은 사료의 처리에 따른 차이는 인정되지 않았다.

결론적으로 본 시험의 결과 육계사료에 2~4%의 SBC 첨가는 육계의 성장 및 사료효율 개선의 가능성이 있음이 사료된다.

인용문헌

Almquist HJ, Christensen HL, Maurer J 1967 The effect of bentonites on nutrient retention by turkeys. Feedstuffs 39: 54-56.

AOAC 1990 Official Methods of Analysis(14th Ed.). Association of Official Agricultural Chemists. Washington DC.

Bartov I 1987 Effect of dietary fat and protein levels on monesin toxicity in broiler chicks. Poultry Sci 66(8):1385-1391.

Day DJ, Busgong RD, Dilworth BC 1970 Silicates in broiler diets. Poultry Sci 49:198-202.

Folch J, Lees M, Stanley GHS 1957 A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J Biol Chem 226: 497-509.

Hornstein I, Crowe PF, Heimberg MJ 1961 Fatty acid composition of meat tissue lipids. J Food Sci 26:581-262.

Marion JE, Woodroof JG 1966 Composition and stability of brailer carcasses as affected by dietary protein and fat. Poultry Sci 45(2): 241-253.

Mumpton FA, Fishman PH 1977 The application of natural zeolites in anmal science and aquaculture. J Animal Sci 45: 1188-1203.

Quiqsenderry JH 1968 The use of clay in poultry feed. Clays and Clay Minerals 16:267.

SAS 1996 User's Guide: Statisics. Version 6.12 ed. SAS Institute.

Savory CJ 1984 Regulation of food intake by brown Leghorn cockerels in response to dietary dilution with kaolin. Br Poult Sci 25(2):253-8.

Son JH, Karasawa Y 2000 Effect of removal of cecal contents on nitrogen utilisation and nitrogen excretion in cecal ligated chickens fed a low protein diet supplemented with urea. Br Poultry Sci 41:69-71.

Spandorf AH, Matterson LD, Hall K 1972 Results of feeding kaolin clay to laying hens under varying conditions. Poultry Sci 51:1867(abstr).

Tsai WT, Chen HP, Yang JM 2002 Adsorption of paraquat on the physically activated bleaching earth waste from soybean oil processing plant. J Environ Sci Health B 37(5) 453-63.

Velu JG, Baker DH 1974 Body composition and protein utilization of chicks fedgraded levels of fat. Poultry Sci 53 (5):1831-189.

손장호 박창일 1997 사료내 맥반석의 첨가가 성장중인 육계의 배설물 수분함량, 장내 암모니아 함량 및 혈액성상에 미치는 영향. 한국가금학회지 24(4):179-184.

이택원 1975 영계사육에 있어서 bentonite와 zeolite의 사료적 가치에 관한 연구. 한국축산학회지 17:625-628.

지구문화편집부 2002 최신 개정식품위생관계법규. 지구문화사출판사.