

## 인공 및 천연 제올라이트의 급여가 육계의 생산성과 장내 미생물에 미치는 영향

박재홍 · 이덕배<sup>1</sup> · 김상호<sup>2</sup> · 신원집 · 류경선<sup>3†</sup>

전북대학교 동물자원학과, 호남농업시험장<sup>1</sup>, 축산기술연구소 대전지소<sup>2</sup>, 전북대학교 바이오식품 소재 개발 및 연구센터<sup>3</sup>

### Effect of Dietary Supplementation of Artificial and Natural Zeolites on Performance and Intestinal Microbes of Broiler Chicks

J. H. Park, D. B. Lee<sup>1</sup>, S. H. Kim<sup>2</sup>, W. J. Shin and K. S. Ryu<sup>3†</sup>

Department of Animal Resource and Biotechnology, Chonbuk National University, Chonju 561-756

<sup>1</sup> National Honam Agricultural Experiment Station, Iksan 570-080

<sup>2</sup> National Livestock Research Institute, Daejeon 305-365

<sup>3</sup> Research Center for Industrial Development of BioFood Materials, Chonju 561-756, South Korea

**ABSTRACT** : An experiment was conducted to compare the influences of artificial zeolite(AZ) produced from fly ash and natural zeolite(NZ), those were supplemented into broiler diets, on performances, intestinal microbes and some blood chemistry for 5 wks. The experimental diets contained 21.5 and 19% CP for starting and finishing period, respectively. The ME was 3,100 kcal/kg of feed in both starter and finisher diets. Three hundred twenty chicks were assigned to 5 treatments with 4 replicates and fed one of five experimental diets containing different levels of AZ or NZ ; 0% zeolite, 1.5% AZ, 3.0% AZ, 1.5% NZ, and 3.0% NZ. Weight gain, feed intake and feed conversion were measured with weekly basis. Blood cholesterol and intestinal microflora were analyzed at the end of the experiment. Weight gain of chicks fed with NZ tended to increase, but was not statistically different from other diet groups. However, the birds of fed with 3.0% AZ showed significant decrement of weight gain compared to that of control( $P<0.05$ ). No significant difference in feed intake was found among five treatment. Feed conversion was significantly improved in 3.0% NZ treatment relative to that of 3.0% AZ( $P<0.05$ ). There were no consistent differences in intestinal microbes between the control and zeolite groups. Blood cholesterol was significantly lower in 3.0% NZ treatments than the others( $P<0.05$ ). These results suggest that AZ can be added to broiler feeds less than 1.5% without any detrimental effects on chick performances.

(Key words : artificial zeolite, natural zeolite, broiler, performance, nutrients digestibility)

## 서 론

제올라이트는 3차원적인 입체구조 결정체의 규산염 광물 질로서 구조의 변화 없이 구조 중에 함유한 물을 가역적으로 흡수· 방출할 수 있고 우수한 양이온 치환용량을 갖는다. 이러한 높은 흡착작용과 염기치환용량을 이용하여 오래 전부터 가축에 대한 이용 효과가 연구되어 왔다.

Damron et al.(1986)과 Fethiere et al.(1994)은 Na의 공급원으로 제올라이트 0.16%까지 첨가시 육계의 생산성이 현저하게 개선되었다고 하였고, Ballard(1988)와 문윤영(1989)은 육계에 있어서 제올라이트의 사용수준은 보통 1~3% 정도로

서, 증체율, 사료효율, 영양소 이용율이 개선되었다고 보고하였다. 또한 Ca, Zn, Mg, K 등과 같이 생리적으로 중요한 양이온은 제올라이트와 결합된 Na와 쉽게 교환되어 여러 영양분의 이용을 증가시킨다고 하였다(Breck, 1974).

산란계에서 제올라이트는 난각질을 개선시키고(Roland et al., 1985; Keshavarz, 1991) 난각 비중을 증가시킨다고 하였고(Roland, 1989), Ingram et al.(1989)과 Watkins et al.(1989)은 골수골을 발달시키며 P의 흡수에 영향을 미친다고 보고하였다(Fethiere et al., 1990; Roland et al., 1990; Latshaw, 1991; Moshtaghian et al., 1991). 또한 Ballard(1988)와 Edwards(1988)는 저칼슘 육계사료에 제올라이트의 첨가가 경골의 회분 함

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

량을 증가시키고 경골의 연골발육부전증을 감소시킨다고 하였다. 그리고 Leach et al.(1990)은 제올라이트 0.75%와 1.5% 첨가시 증체량과 경골의 회분함량이 증가하고 칼슘이 부족한 사료에 첨가시 구루병 발생을 감소시킨다고 하였다.

Mumpton(1977)은 제올라이트가 유해한 균체, 독소, gas 및 잉여수분 등을 흡착, 배설하여 연변과 하리를 방지하며 미량 광물질 공급원이 될 수도 있어 정장작용과 소화율 개선의 효과도 있다고 보고하였다. 그 결과 제올라이트는 aflatoxin을 감염시킨 육계에서 독성을 경감시켜 간, 신장, 심장 그리고 선위의 무게를 감소시킨다고 Huff et al.(1992)은 보고하였다.

국내에서 석탄을 이용한 화력발전소가 증가하고 이에 따라 발전용 연료인 석탄의 사용도 점차 증가하여 폐기되는 석탄회(fly ash)는 환경적인 문제를 야기할 수 있다. 1998년 석탄회의 발생량은 370만톤이며 2010년에는 그 발생량이 더욱 증가되어 연간 600만톤 정도로 추정되고 있다(김미영, 2001). 현재 석탄회는 레미콘 혼화제, 벽돌, 기와, 도자기 첨가제 등에 이용되지만 재활용율이 약 30% 정도(유정근 등, 1997)로 낮고 앞으로 매립지 감소와 석탄회 배출량의 증가를 고려하면 폐기 석탄회의 재활용은 매우 중요하다.

석탄회는 불연소물질로서 석탄 중에 함유되어 있는 회분(무기물질)과 미연소탄소가 주성분이며, 80% 이상이 알루미늄-규산염 유리질로 이루어져 있어 규산염 광물인 제올라이트 합성에 유용한 재료가 될 수 있다.

그러므로 본 실험은 천연제올라이트(NZ)와 화력발전소에서 발생한 폐기 석탄회로 합성한 인공제올라이트(AZ) 급여가 육계의 생산능력, 장내 미생물, ND항체가 및 영양소 소화율에 미치는 영향을 구명하기 위하여 시행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 동물 사양실험

공시동물은 1일령 코브 수컷으로 개시체중(41.5g±0.05)은 처리구별로 비슷하게 배치하였다. 물과 사료는 무제한으로 급여하였으며 전기 3주 동안 사료내 영양소 함량은 조단백질 21.5%, ME 3,100kcal/kg으로 하였고, 후기에는 조단백질 19%, ME 3,100kcal/kg 수준으로 급여하였다(Table 1).

처리구는 제올라이트를 첨가하지 않은 대조구, 인공제올라이트 1.5%, 3.0%, 천연제올라이트 1.5%, 3.0% 급여구의 5개이며 처리구당 4반복, 반복당 16수씩으로 총 320수를 공시하였다.

### 2. 인공제올라이트의 제조 과정

본 실험에 사용된 인공제올라이트(AZ)는 호남농업시험장이덕배 박사에게 의해 제조되었으며 그 방법을 간략히 기술하면 다음과 같다. 석탄재와 알칼리액을 1:8의 비율로 가열하여 생성된 인공제올라이트와 알칼리액 혼합물로부터 고체인 인공제올라이트와 액체인 알칼리액을 분리한 다음 탈액된 고체(인공제올라이트)는 물로 세척-탈수과정을 거쳐 과잉의 알칼리 성분을 제거하고 금속이온으로 포화시켜 생산하였다(이덕배, 1999). AZ와 석탄회의 성분 함량은 Table 2에 나타났다.

### 3. 조사항목

#### 1) 증체량, 사료섭취량, 사료요구율

체중은 매주 일정한 시각에 측정하였고 사료섭취량은 체중 측정시 반복별로 사료잔량을 측정하여 구하였다. 또한 사료요구율은 사료섭취량을 증체량으로 나누어 산출하였다.

#### 2) 장내 미생물수 조사

실험 종료시 처리구별로 5수씩 조사하였으며 회장내용물은 Meckel's diverticulum 하단부에서 채취하고 맹장내용물은 2개의 맹장내용물을 모두 취하였다. 내용물은 멸균된 생리식염수 9ml에 중량 대 부피로  $10^{-1}$ 부터  $10^{-5}$ 까지 단계 희석하여 선택배지에 접종하였다. *Salmonella*, *E. coli*, *Lactobacillus* spp., yeast의 colony를 측정하기 위하여 SS agar, MacConkey agar, Rogosa agar, yeast morphology agar를 이용하였고, 39℃에서 24시간(*Lactobacillus* spp.는 48시간)동안 혐기상태로 배양(Table 3)한 후, 각각의 평판배지에서 colony의 수를 조사하였다. 조사된 미생물의 수는  $\log_{10}$ 을 취하여 나타났다.

#### 3) Cholesterol

혈청 총콜레스테롤, 중성지방, HDL은 아산제약의 효소비색법을 이용한 분석 kit를 이용하여 측정하였고 LDL은 Friedewald(1972)의 방법으로 계산하였다.

#### 4) 뉴켓슬병(ND) 항체가

뉴켓슬병 항체가는 14일령에 1차 접종하고 28일령에 보강접종후 시험종료시에 혈액을 채취하여 분리된 혈청으로부터 처리구별 항체가는 Beard et al.(1975)의 혈액 응집 억제 반응(heamagglutination inhibition test)을 이용하여 구하였으며, 모든 뉴켓슬병(ND) 항체 역가는  $\log_2$  값으로 나타내었다.

**Table 1.** Composition of experimental diets

Ingredients	Starter			Finisher		
	Control	Zeolite (%)		Control	Zeolite(%)	
		1.5	3.0		1.5	3.0
	..... % .....					
Corn	59.66	58.26	57.78	66.47	66.00	63.55
Soybean meal	27.71	25.52	21.82	24.75	21.06	20.52
Corn gluten meal	6.50	8.19	10.77	3.72	6.30	7.00
Soybean oil	2.64	3.00	3.00	2.00	2.00	2.77
Zeolite	-	1.50	3.00	-	1.50	3.00
Tricalcium phosphate	1.75	1.76	1.81	1.24	1.27	1.29
Limestone	0.90	0.89	0.88	1.10	1.09	1.08
Salt	0.38	0.38	0.38	0.34	0.34	0.34
L-lysine HCl	0.13	0.18	0.26	0.13	0.20	0.21
DL-methionine	0.13	0.12	0.10	0.05	0.04	0.04
Vitamin premix <sup>1</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral premix <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Calculated values</b>						
ME(kcal/kg)	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100
CP(%)	21.50	21.50	21.50	19.00	19.00	19.00
Methionine(%)	0.50	0.50	0.50	0.38	0.38	0.38
Lysine(%)	1.10	1.10	1.10	1.00	1.00	1.00
Ca(%)	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90	0.90
Available P(%)	0.45	0.45	0.45	0.35	0.35	0.35

<sup>1</sup> Provided per kilogram of diet: vit. A, 5,500IU; vit. D<sub>3</sub>, 1,100IU; vit. E, 11IU; vit. B<sub>12</sub> 0.0066mg; riboflavin, 4.4mg; niacin, 44mg; pantothenic acid, 11mg (Ca-pantothenate, 11.96mg); choline, 190.96mg(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.

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

**Table 2.** Chemical composition of artificial zeolite(AZ) and fly ash

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Si/Al
Fly ash(%)	71.9	17.5	2.4	1.8	0.48	0.69	0.64	1.01	2.05
AZ(%)	60.7	21.1	2.1	0.97	1.45	1.10	3.10	0.98	1.43

**4. 통계분석**

수집된 자료는 SAS package(1996)의 GLM procedure로 5% 수준에서 분산분석을 실시하였으며, 유의성검정 시 처리구 간의 통계적인 차이는 Duncan's new multiple range test (Steel and Torrie, 1980)를 이용하였다.

**Table 3.** Media and culture conditions for microbial organisms

Microbial organisms	Selective media	Culture conditions
<i>Samonella</i>	SS agar (Difco 0074-17)	Surface plate, 37°C for 24hr
<i>E. coli</i>	MacConkey agar (Difco 0075-17-1)	Surface plate, 37°C for 24hr
Yeast	Yeast Morphology agar (Difco 0393-17)	Surface plate, 37°C for 24hr
<i>Lactobacillus</i>	Rogosa agar (Difco 0480-17-0)	Surface plate, 37°C for 48hr

### 결과 및 고찰

AZ와 NZ가 육계의 생산성에 미치는 영향은 Table 4에 나타났다. 증체량은 사육 전기 3주간에 통계적인 차이가 없었으나 사육 후기 2주간에 AZ 3.0% 처리구는 다른 처리구에 비하여 현저하게 감소되었다( $P < 0.05$ ). 5주간 전체 증체량은 AZ 3.0% 처리구에서 대조구에 비하여 현저하게 감소하였고 ( $P < 0.05$ ) NZ 처리구와 AZ 1.5% 처리구는 차이가 없었다. 사료섭취량은 전·후기 기간 동안 전체 처리구간에 통계적인 차이가 없었으나, AZ 3.0% 처리구가 감소하는 경향을 보였다. 또한 전기동안의 사료요구율은 AZ 3.0% 처리구가 AZ 1.5%와 NZ 처리구에 비하여 유의적으로 높았으나( $P < 0.05$ ), 대조구와는 통계적인 차이가 없었다. 후기에는 NZ 3.0% 처리구가 1.718로 대조구의 1.823과 비교하여 개선하는 경향을 보였지만 유의성은 없었다. 전체 사료요구율은 NZ 3.0% 처리구에서 1.595로 AZ 3.0% 처리구의 1.705보다 현저하게

개선되었으나( $P < 0.05$ ), 대조구와는 통계적인 차이가 없었다. 이러한 결과는 제올라이트의 급여가 육계의 증체량이나 사료요구율을 개선하지 못했다는 문윤영 등(1991), Kubena (1993) 및 Ward(1993)의 보고와 동일하였다.

AZ와 NZ의 첨가·급여가 육계의 회장과 맹장의 미생물에 미치는 영향에서 미생물수는 통계적인 차이가 없었다 (Table 5). 회장내 *Salmonella* 수는 NZ 1.5% 처리구가 감소하는 경향을 보였고 *E. coli* 수는 AZ 1.5%와 NZ 처리구가  $10^{-3}$  회석배수에서 검출이 되지 않았으므로 그 미만이라 생각된다. 이는 맹장에 비하여 회장에서 상대적으로 내용물의 이동이 빠르기 때문에 변이가 크기 때문이라고 생각된다. 그리고 회장내 *Lactobacillus*는 NZ 1.5% 처리구에서, yeast는 AZ 1.5%에서 증가하는 경향을 보였고, 맹장내 *Salmonella* 수는 대조구가 낮았으며 *E. coli*는 AZ 1.5% 처리구가 감소하는 경향을 나타냈으나 통계적인 차이는 없었다. 이외에도 *Lactobacillus*와 yeast 수는 AZ 1.5% 처리구가 증가하는 경향을 보였지만 통계적인 차이는 없었다. Pacajová and Venglovský (1997)는 돈분 현탁액에 천연제올라이트와 인공제올라이트

**Table 4.** Effect of dietary supplemental artificial zeolite(AZ) and natural zeolite(NZ) on performance of broiler chicks for five weeks

Treatments (%)	Weight gain(g)			Feed intake(g)			Feed conversion ratio		
	1~3 wk	4~5 wk	1~5 wk	1~3 wk	4~5 wk	1~5 wk	1~3 wk	4~5 wk	1~5 wk
Control	654.3	1,018.8 <sup>a</sup>	1,678.5 <sup>a</sup>	919.8	1,870.3	2,790.0	1.404 <sup>ab</sup>	1.823	1.660 <sup>abc</sup>
AZ 1.5	640.3	1,035.7 <sup>a</sup>	1,677.1 <sup>a</sup>	906.6	1,912.9	2,819.4	1.409 <sup>b</sup>	1.832	1.671 <sup>ab</sup>
3.0	595.8	928.8 <sup>b</sup>	1,530.7 <sup>b</sup>	871.5	1,732.6	2,604.0	1.463 <sup>a</sup>	1.859	1.705 <sup>a</sup>
NZ 1.5	658.0	1,076.4 <sup>a</sup>	1,741.8 <sup>a</sup>	913.2	1,934.0	2,847.2	1.387 <sup>b</sup>	1.785	1.635 <sup>bc</sup>
3.0	642.0	1,048.4 <sup>a</sup>	1,710.1 <sup>a</sup>	894.1	1,838.3	2,732.3	1.391 <sup>b</sup>	1.718	1.595 <sup>c</sup>
Pooled SE	8.2	11.5	18.6	9.1	34.0	42.3	0.01	0.01	0.01

<sup>a,b,c</sup> Means with the different superscripts within a column differ significantly ( $P < 0.05$ ).

**Table 5.** A comparison of ileal and cecal microbial number of broiler chicks fed artificial(AZ) and natural zeolite(NZ)

Treatments (%)	Ileum				Cecum			
	<i>Salmonella</i>	<i>E. coli</i>	<i>Latobacillus</i>	Yeast	<i>Salmonella</i>	<i>E. coli</i>	<i>Latobacillus</i>	Yeast
	..... log <sub>10</sub> cfu/g .....							
Control	5.000	6.588	8.271	6.000	6.522	6.943	7.925	6.845
AZ 1.5	6.190	4.301>	8.259	7.423	7.084	6.909	8.037	7.538
3.0	5.478	6.022	7.777	6.712	6.933	6.912	7.901	7.313
NZ 1.5	4.690	4.301>	8.381	5.699	6.900	7.085	7.762	7.323
3.0	5.370	4.301>	8.005	4.301>	7.257	7.035	7.464	7.349
Pooled SE	0.23	0.48	0.10	0.42	0.09	0.10	0.10	0.10

**Table 6.** Effect of dietary supplementation of artificial(AZ) and natural zeolite(NZ) on blood cholesterol, triglyceride and newcastle disease(ND) antibody(AB) titer of broiler chicks

Treatments (%)	Total cholesterol (mg/dL)	Triglyceride (mg/dL)	HDL (mg/dL)	LDL (mg/dL)	ND AB Titer
Control	139.87 <sup>a</sup>	94.97	80.85	36.87	6.00 <sup>c</sup>
AZ 1.5	132.32 <sup>ab</sup>	96.19	88.56	20.38	6.70 <sup>bc</sup>
3.0	131.51 <sup>ab</sup>	96.50	82.29	29.93	7.30 <sup>ab</sup>
NZ 1.5	127.30 <sup>b</sup>	82.32	92.39	20.79	7.55 <sup>a</sup>
3.0	127.22 <sup>b</sup>	85.46	83.34	26.78	7.39 <sup>ab</sup>
Pooled SE	1.45	2.68	1.82	2.40	0.12

<sup>a,b,c</sup> Means with the different superscripts within a column differ significantly(P<0.05).

를 첨가시 *Salmonella*와 coliform의 수가 감소하였다고 보고하였고, 제올라이트가 양이온 치환능력과 흡착작용에 의해서 장내 pH를 변화시켜 유해한 세균의 수를 감소시키고 유익한 균이 장내에 우점할 것이라는 기대와는 다르게 나타났다.

AZ와 NZ가 육계의 혈중 콜레스테롤과 중성지방 그리고 뉴캐슬병 백신에 대한 항체가에 미치는 영향은 Table 6에 나타났다. 총콜레스테롤은 NZ 1.5, 3.0% 처리구에서 대조구에 비하여 현저하게 감소하여(P<0.05) 제올라이트와 벤토나이트를 육계에 급여시 혈중 총콜레스테롤에 차이가 없었다는 Keçeci et al.(1998)의 보고와는 상이하였다. 중성지방, HDL-cholesterol 그리고 LDL-cholesterol은 처리구간에 통계적인 차이가 없었다. 뉴캐슬병 백신에 대한 항체는 AZ 3.0%와 NZ 처리구에서 대조구에 비하여 현저하게 높게 나타났다(P<0.05). 이는 globulin과 백혈구가 증가한 것으로 제올라이트가 면역계에 영향을 미치는 것으로 여겨지며 제올라이트가 면역 반응에 미치는 영향은 추후 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 실험의 결과, AZ 1.5% 급여수준에서 증체량은 대조구와 NZ 1.5%에 비하여 차이가 없었으나 AZ 3.0%는 감소하였다(P<0.05). 혈중 총콜레스테롤은 NZ 급여구가 현저하게 감소한 반면, AZ 급여구는 대조구와 차이가 없었다. 한편, 뉴캐슬병 백신에 대한 항체는 AZ 3.0%와 NZ 급여구가 대조구에 비하여 현저하게 증가하였다(P<0.05).

## 적 요

본 실험은 석탄재를 이용하여 합성한 인공제올라이트(AZ)의 사료적 가치를 구명하기 위하여 천연제올라이트(NZ)

와 동일한 수준으로 첨가·급여하여 육계의 생산성, 장내 미생물 및 혈중 콜레스테롤 등에 미치는 영향을 5주간 고찰하였다. 전기 3주 동안 사료내 조단백질은 21.5%, ME 3,100 kcal/kg으로 하였고, 후기에는 조단백질 19%, ME 3,100kcal/kg 수준으로 급여하였다. 처리구는 대조구(제올라이트 0%), AZ와 NZ를 각각 1.5, 3.0%씩 육계용 사료에 배합하였으며, 처리구당 4반복, 반복당 16수로 전체 320수를 공시하였다. 조사항목으로 증체량, 사료섭취량, 사료요구율은 주간별로 측정하였다. 장내 미생물, 혈중 콜레스테롤 및 뉴캐슬병 백신에 대한 항체는 실험종료시에 측정하였다. 증체량은 NZ 처리구에서 증가하는 경향을 보였으나 대조구와 통계적인 차이가 없었고, AZ 3.0% 처리구는 대조구에 비하여 현저하게 감소하였다(P<0.05). 사료섭취량은 처리구간에 차이가 없었으며 사료요구율은 AZ 3.0% 처리구에 비하여 NZ 3.0%가 현저하게 개선되었다(P<0.05). 제올라이트가 육계의 장내 미생물에 미치는 영향은 대조구와 차이가 없었으며 혈중 총콜레스테롤은 NZ 처리구에서 현저하게 감소되었고 뉴캐슬병 백신에 대한 항체는 제올라이트 처리구가 현저하게 증가하였다(P<0.05). 본 실험의 결과, AZ 1.5% 급여수준은 육계의 생산성에서 대조구와 차이가 없었으므로 육계 사료에 이용될 수 있는 수준으로 사료된다.

(색인어 : 인공제올라이트, 천연제올라이트, 육계, 생산성, 뉴캐슬병에 대한 항체)

## 인용문헌

Ballard R, Edwards HM 1988 Effects of dietary zeolite and vitamin A on tibial dyschondroplasia in chickens. Poultry

- Sci. 67:113-119.
- Beard CW, Hopkins SR, Hammond J 1975 Preparation of newcastle disease virus hemagglutination-inhibition test antigen. *Avian Dis* 19:692-699.
- Breck DW 1974 Zeolite as molecular sieves. Structure, Chemistry and Use. John Wiley and Sons, New York, NY.
- Damron BL, Johnson WL, Kelley LS 1986 Utilization of sodium from sodium bicarbonate by broiler chicks. *Poultry Sci* 65:782-785.
- Edwards HM, Jr 1988 Effect of dietary calcium, phosphorus, chloride and zeolite on the development of tibial dyschondroplasia. *Poultry Sci* 1436-1446.
- Fethire R, Miles RD, Harms RH 1990 Influence of synthetic sodium aluminosilicate on laying hens fed different phosphorus levels. *Poultry Sci* 69:2195-2198.
- Fethire R, Miles RD, Harms RH 1994 The utilization of sodium zeolite A by broilers. *Poultry Sci* 73:118-12.
- Friedewald WT, Levy RL, Fredrickson DS 1972 Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18:1163
- Huff WE, Kubena LF, Harvey RB, Phillips TD 1992 Efficacy of hydrated sodium calcium aluminosilicate to reduce the individual and combined toxicity of aflatoxin and ochratoxin A. *Poultry Sci* 71:64-69.
- Ingram DR, Aguillard CD, Laurent SM 1989 Bone development and breaking strength as influenced by sodium zeolite-A. *Poultry Sci* 68(Suppl 1):71(Abstr).
- Keçeci T, Oğuz H, kurtoğlu V, Demet O 1998. Effects of polyvinylpyrrolidone-e, synthetic zeolite and bentonite on serum biochemical and haematological characters of broiler chickens during aflatoxicosis. *Brithsh Poultry Sci* 39:452-458.
- Keshavarz K, McCormick CC 1991 Effect of sodium aluminosilicate, oystershell, and their combination on acid-base balance and eggshell quality. *Poultry Sci* 70:313-325.
- Kubena LF, Harvey RB 1993 Effect of hydrated sodium calcium aluminosilicates on aflatoxicosis in broiler chicks. *Poultry Sci* 72:651-657.
- Latshaw JD, Turner KA 1991 Failure of two feed additives (Shell-Developer and Ethacal) to improve eggshell quality. *Poultry Sci* 70:593-599.
- Leach RM, Jr, Heinrichs BS, Burdette J 1990 Broiler chicks fed low calcium diets. 1. Influence of zeolite on growth rate and parameters of bone metabolism. *Poultry Sci* 69:1539-1543.
- Moshtaghian J, Parsons CM, Leeper RW, Harrison PC, Koelkebeck KW 1991 Effect of sodium aluminosilicate on phosphorus utilization by chicks and laying hens. *Poultry Sci* 70:955-962.
- Mumpton FA, Fishman PH 1977 The application of natural zeolite in animal science and aquaculture. *J Anim Sci* 45:1188-1208.
- Pacajová Z, Venglovský J 1997 The effect of various doses of zeolite on counts of salmonellae, coliform and fecal coliform microorganism in pig slurry in laboratory conditions. *Veterinari Medicina* 42:161-164.
- Roland DA, Sr, Laurent SM, Orloff DH 1985 Shell quality as influenced by zeolite with high ion-exchange capability. *Poultry Sci* 64:1177-1187.
- Roland DA, Sr, Dorr PE 1989 Beneficial effect on synthetic sodium aluminosilicate on feed efficiency and performance of commercial leghorns. *Poultry Sci* 68:1241-1245.
- Roland DA, Sr, Rabon HW, Frost TJ, Laurent SM, Barnes DG 1990 Response of commercial leghorns to sodium aluminosilicate when fed different levels and sources of available phosphorus. *Poultry Sci* 69:2157-2164.
- SAS/STAT 1996 SAS user guide. release 6.12 edition, SAS Inst Inc Cary NC.
- Steel RGD, Torrie JH 1980 Principles and Procedure of Statistics, McGraw Hill, New York.
- Ward TL, Watkins KL, Southern LL 1993 Research note: interactive effects of sodium zeolite A and *Eimeria acervulina* infection on growth and tissue minerals in chicks.
- Watkins KL, Vagnoni DB, Southern LL 1989 Effect of dietary sodium zeolite A and excess calcium on growth and tibia calcium and phosphorus concentration in uninfected and *Eimeria aceroulina*-infected chicks. *Poultry Sci* 68:1236-1240.
- 김미영 2001 석탄회와 폐촉매를 이용한 제올라이트 합성에 관한 연구. 전북대학교 석사학위 논문.
- 문윤영 백인기 1989 Zeolite 첨가가 육계생산의 경제성에 미치는 영향. *한국가금학회지* 16:149-156.
- 문윤영 남궁환 장문백 백인기 1991 사료중 조라이트와 칼슘

- 및 인의 상호작용이 육계의 생산성에 미치는 영향. 한국 영양사료학회지 15(3):133-144.
- 유정근 홍성창 김인기 고경민 이시진 1997 석탄회의 중금속 흡착제어특성에 관한 연구. 대한환경공학회지 19:651-660.
- 이덕배 1999 석탄회의 인공제올라이트화에 의한 농업적 활용. 한국전력공사 삼천포 화력 본부 및 경상대학교 부설 농업자원이용연구소 공동주관 심포지엄화보.