

## 고령토 (천연목질점토)의 급여가 산란계의 산란성적과 계란품질에 미치는 영향

김진수<sup>1</sup> · 조종관<sup>1</sup> · 윤세영<sup>1</sup> · 윤 구<sup>1</sup> · 권일경<sup>2</sup> · 채병조<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>강원대학교 동물자원과학과, <sup>2</sup>강원대학교 동물식품응용과학과

## Effects of Kaolin (Natural Ligneous Clay) Supplementation on Performance and Egg Quality in Laying Hens

Jin Soo Kim<sup>1</sup>, Jong Kwan Jo<sup>1</sup>, Se young Yoon<sup>1</sup>, Ku Yun<sup>1</sup>, Il Kyung Kwon<sup>2</sup> and Byung Jo Chae<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Animal Resources Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea, <sup>2</sup>Department of Animal Products & Food Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

### ABSTRACT

Two experiments were conducted to determine the effects of supplementing different levels of kaolin (Exp. 1) and effects of age of layers and levels of kaolin (Exp. 2) on the performance, egg and shell quality parameters of laying hens. In Exp.1, 64 laying hens of 58 wks age were randomly allotted to 4 treatments of 16 hens in each. Dietary treatments were basal diet supplemented with 0.0, 0.2, 0.4 and 0.6% kaolin. In Exp. 2 96 laying hens were divided into 6 groups of 16 hens each in a 2 x 3 factorial arrangement (two different ages, 30 and 58 wk and three levels of kaolin, 0.0, 0.2 and 0.4%). In both the experiment there were linear decreases in feed intake ( $P < 0.001$ ), improvement in FCR ( $P < 0.05$ ), and egg production ( $P < 0.05$ ), with increasing dietary kolin level. Supplementation of kaolin had no effect on the egg and shell quality parameters in both experiments. Thus, it is concluded that kaolin may improve performance, and 0.2% level showed the best laying performance.

(Key words : Kaolin, Laying hens, Egg production, Egg quality)

### 서 론

목질점토 (ligneous clay)는 암석이 풍화작용으로 분해되면서 규소알루미늄과 물이 결합하여 이루어진 점토광물질이다. 목질점토에는 벤토나이트 (bentonite), 고령토 (kaolin), 지오라이트 (zeolite) 등이 있으며 화학적 성질은 천연무기 비금속 광물의 특성상 자발적인 화학반응 능력은 없고 산, 알칼리에도 불용성인 것이 특징이다. 또한 점토광물질을 가축의 사료에 소량 첨가할 경우 장내 과잉수분을 흡수하여 연변을 방지하고, 사료의 장내통과시간을 지연시켜 소화율을 향상시키며 (Harms and Damron, 1973; Kurnick and Reed, 1960), 육성돈과 비육돈 사료에 첨가하면 증체량과 사료효율이 개선되고 건강상태가 좋아져 질병 발생률과 폐사율이 감소한다고 보고되었다 (Torii, 1977). 점토광물질을 육계 사료에 첨가하면 연변방지효과가 있어 농후사료의 일부를 대체할 수 있으며 (Lee, 1975), 3% 첨가시 증체량과 영양소 이용율이 개선되며 분 중의 수분 함량도 감소한다고 보고되었다 (Chung et al., 1978; Ha et al., 2001).

고령토 (kaolin)는 백색 혹은 황색의 분말로서 주로 캐올리나이트 군 (kaolinite group) 광물로 구성되어 있고 화학식은  $Al_2Si_2O_5$

(OH)<sub>4</sub>이며 대표적인 캐올리나이트의 결정구조는 1개의  $Si_4O_{10}$  사면체층과 1개의  $Al_4O_4(OH)_4$  팔면체층으로 구성되어 있다. 또한 고령토는 점토광물의 일종으로 축산분야에서 사료첨가제로 연구가 이루어지고 있으며 고령토를 기초사료에 4.2% 첨가함으로써 사료의 대사에너지가 증가되었고 (Sibbald et al., 1961), 육계사료에 2.5~8.0% 첨가하면 에너지효율이 증가되어 고령토가 마치 g당 1.5~2.0 kcal의 에너지를 지닌 것과 같은 결과를 보였다고 한다 (Qusterhout et al., 1967). 또한 병아리에게 6%의 kaolin 사료를 급여하면 약 6%의 사료효율 개선효과가 있다는 연구결과가 있으며 (Matterson et al., 1972) 산란계에 대한 실험에서는 kaolin을 2.5%, 5.0% 첨가한 사료를 급여하였을 때 산란율이 증가하였고 난황이나 난질에는 차이가 나타나지 않았지만 1g 첨가 시 배설물 중 수분함량이 0.7%씩 줄어들었다고 보고하였다 (Spandorf et al., 1972).

따라서 본 연구에서는 고령토 (kaolin)의 수준별 급여가 산란계의 생산성과 계란 품질에 미치는 영향에 대해 조사할 뿐만 아니라 주령에 따른 첨가 효과 및 상호관계에 대해서도 조사하고자 실시하였으며, 천연적인 기능성 사료첨가제로서의 가치를 규명하여 고령토 활용산업의 발전과 부존 사료자원의 개발 및 이용 가능성을 조사하기 위하여 실시하였다.

\* Corresponding author : Professors Byung Jo Chae, Department of Animal Resources Science, Kangwon National University, Chuncheon, Kangwondo, 200-701, Korea, Tel: +82-33-250-8616, Fax: +82-33-251-7719, E-mail: bjchae@kangwon.ac.kr

재료 및 방법

1. 실험설계, 실험동물 및 실험사료

본 연구는 고령토(천연목질점토)의 급여가 산란계의 산란성적과 계란품질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실험 1(첨가수준)과 실험 2(주령에 따른 급여효과)로 나누어 실시하였다.

실험 1에서는 고령토의 첨가수준에 따른 효과를 관찰하기 위하여 58주령 산란계(Hy-line Brown) 총 64수를 선별하여 고령토 0.0(대조구), 0.2, 0.4와 0.6% 첨가구로 구분하였으며 4처리 4반복으로 반복 당 4수씩 난괴법으로 배치하였다. 실험 2에서는 주령에 따른 급여효과를 비교하기 위하여 30주령과 58주령 산란계(Hy-line brown) 총 96수를 사용하여 각각 고령토 0.0(대조구), 0.2, 0.4%를 첨가하여 2×3 요인분석법으로 설계하였으며 6처리 4반복, 반복당 4수씩 난괴법으로 배치하였다.

실험에 사용한 목질고령토는 분말로써 SiO<sub>2</sub>가 67.54%로 가장 많이 함유되었고, Al<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>가 16.96%, CaO가 3.87% 그리고 Fe<sub>2</sub>O가 0.74%로 구성되어있다(한국자원연구소, 성분분석성적). 사료중의 기타 영양소 함량은 NRC(1994) 사양표준에 준하였고, 두 실험은 모두 첨가수준에 해당하는 같은 사료배합비를 사용하였으며 Table 1과 같다.

2. 사양관리

실험 1과 실험 2는 모두 강원대학교 소동물 사육장에서 같은 방법으로 시행되었으며 외부환경에 의한 영향을 최소로 줄일 수 있는 산란계용 무창계사에서 실시하였다. 모든 실험용 산란계는 A형 3단 케이지에 수용하였으며 물과 사료는 자유음수 및 자유채식 시켰다. 전 실험기간 사육실 온도는 25±3℃로 하였고 정상적인 점등관리(자연일조+조명 16시간)를 유지하였으며 기타 사양관리는 일반 상업적인 관행에 준하여 실시하였다. 실험기간은 총 6주로 적응기간 1주와 실험기간 5주로 나누어 실시하였다.

3. 조사항목

1) 사료섭취량 및 난 생산성

사료섭취량(feed intake)은 급여량과 잔량을 1주 간격으로 조사하여 각 처리구내 반복별로 주당 섭취량과 사료요구율(feed conversion ratio, FCR)을 산출하였다. 실험기간 동안 매일 오후 3시에 수집한 산란 개수와 연관, 파란 등을 합한 총 산란 개수를 사육수로 나누어 산란율(egg production)을 구하였으며, 수집된 계란전부의 무게를 측정하여 계란 수로 나누어 평균 난중(egg weight)을 산출하였다.

Table 1. Formula and chemical compositions of the basal diets for laying hens (Exp. 1 and 2)

Item	Kaolin, %			
	0	0.2	0.4	0.6
<b>Ingredients (%)</b>				
Yellow Corn	59.55	59.35	59.15	58.95
Soybean meal (44%)	23.55	23.55	23.55	23.55
Wheat bran	6.87	6.87	6.87	6.87
DCP	1.75	1.75	1.75	1.75
Limestone	7.65	7.65	7.65	7.65
DL-Methionine (50%)	0.04	0.04	0.04	0.04
L-Lysine (78%)	0.05	0.05	0.05	0.05
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Mineral premix <sup>1)</sup>	0.14	0.14	0.14	0.14
Vitamin premix <sup>2)</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
Kaolin	—	0.20	0.40	0.60
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Chemical composition, %</b>				
ME (kcal/kg)	2,650	2,643	2,636	2,629
CP	16.50	16.50	16.50	16.50
Ca	3.38	3.38	3.38	3.38
Avail. P	0.45	0.45	0.45	0.45
Lysine	0.87	0.87	0.87	0.87
Methionine	0.29	0.29	0.29	0.29
Met + Cys	0.57	0.57	0.57	0.57

<sup>1)</sup> Supplied per kg diet: 56 mg Fe, 0.07 mg Co, 56 mg Cu, 84 mg Mn, 70 mg Zn, 1.4mg I, 0.2 mg Se.

<sup>2)</sup> Vitamin premix per kg diet: 9000 IU Vit A, 1800 IU Vit D, 30 IU Vit E, 1 mg Vit K<sub>3</sub>, 1 mg Vit B<sub>1</sub>, 10 mg Vit B<sub>2</sub>, 4 mg Vit B<sub>6</sub>, 0.02 mg Vit B<sub>12</sub>, 12 mg pantothenic acid, 30 mg niacin, 0.2 mg biotin, 0.5 mg folic acid.

2) 계란품질

계란 품질 검사는 주 1회씩 총 5회에 걸쳐 주중 하루에 생산된 총 계란에서 임의로 선택하여 반복 당 3개, 처리 당 12개씩 취하여 실시하였다. 난각강도(eggshell strength)와 난각두께(eggshell thickness), 난황높이(yolk height) 및 난백높이(albumin height)는 Texture Test Systems(T2100C, Food Technology Co., USA)와 Dial Pipe Guage(Model 7360, Mitutoyo Co., Kwasaki 213., Japan)를 이용하여 측정하였다. 난황색도(egg yolk color)는 Yolk Color Fan (Roche Co., Switzerland)을 이용하여 측정하였다. Haugh unit는 난백높이와 난중을 대비한 수치를 이용하여 계산하였다(Roush, 1981).

4. 화학분석 및 통계처리

일반성분 분석은 AOAC (1990) 방법에 준하여 실시하였다. 실험 1과 2의 모든자료는 SAS(1990)의 General Linear Model Procedure를 이용하여 분산분석을 실시하였고, 실험 1은 고령토의 첨가수준에 대한 linear와 quadratic 효과를 검증하였고, 실험 2는 산란계의 주령과 첨가수준의 2원배치 분산분석을 통하여 주 효과 및 상호관계를 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 산란율, 난중 및 사료섭취량에 미치는 영향

실험 1에서 사료내 고령토를 0, 0.2, 0.4 및 0.6% 수준으로 첨가하여 급여했을 때 전 실험기간 중의 평균 산란율, 난중, 및 일당 사료섭취량에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 2에 나타냈다. 고령토 0.4%의 전 실험기간 중의 산란율은 90.11%로 대조구의 88.89%에 비하여 다소 높은 것으로 나타났으나 처리구간의 유의적인 차이는 인정되지 않았다. 또한, 전 실험기간 중의 평균 난중도 처리구간 유의적인 차이가 나타나지 않았다 ( $p>0.05$ ). 그러나 사료섭취량은 전체적으로 고령토첨가구가 대조구에 비하여 적었고 (linear,  $p=0.001$ ; quadratic,  $p=0.001$ ) 사료요구율도 고령토 첨가구가 대조구에 비하여 개선되는 것으로 나타났다 (linear,  $p=0.006$ ; quadratic,  $p=0.004$ ).

실험 2에서 주령이 서로 다른 산란계(30과 58주령)의 사료내 고령토를 0, 0.2, 및 0.4% 수준으로 첨가하여 급여하였을 때 전 실험기간 주령과 첨가수준에 의한 평균 산란율, 난중 및 일당사료섭취량에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 3에 나타냈다. 산란율은 고령토 첨가구가 무첨가구에 비하여 높았으며 (level effect,  $p=0.040$ ), 특히 0.2% 첨가구가 다른 처리구보다 높은 산란율을 나타내었다. 또한 30주령 산란계는 58주령 산란계에 비하여 산란율이 월등히 높은 것으로 나타났다 (age effect,  $p=0.001$ ). 난중은 58주령 산란계가 30주령 산란계에 비하여 유의적으로 무겁게 나타났으나 (age effect,  $p=0.006$ ) 첨가수준에 따른 변화는 나타나지 않았다 ( $p>0.05$ ). 사료섭취량은 30주령 산란계가 58주령 산란계에 비하여 월등히 높았으며 (age effect,  $p=0.001$ ), 첨가수준에 따른 변화도 매우 커서 (level effect,  $p=0.001$ ) 주령별, 수준별 변화가 매우 크게 나타났다 (interaction effect,  $p=0.001$ ). 따라서 사료요구율에서 수준별 큰 차이를 나타냈는데, 고령토 첨가구가 무첨가구에 비하여 뚜렷이 개선되었으며 (level effect,  $p=0.006$ ) 58주령 산란계에서는 0.4% 첨가구에서 가장 많이 개선되었고, 30주령 산란계에서는 0.2% 첨가구에서 가장 많이 개선되었다. 또한 산란계 주령별 사료요구율에는 차이가 없었지만 ( $p>0.05$ ) 수준별 첨가효과가 뚜렷하여 주령과 수준의 상호작용효과에 영향을 미쳤다 (interaction effect,  $p=0.001$ ).

두 실험의 결과 산란율은 전체적으로 고령토 첨가구가 대조구보다 높은 결과를 나타내었다. 또한 산란계 사료내 고령토를 첨가하여 급여하면 사료섭취량은 줄었지만 난중은 대조구와 차이가 없었으며 결과적으로 사료요구율을 개선하는 효과가 있는 것으로 나타났다. 30주령 산란계는 58주령 산란계에 비하여 사료섭취량이 많고 산란율과 난중이 우수한 것으로 나타났다. 고령토는 생체에 독성을 나타내지 않고 환경 혹은 체내 유래의 독성물질을 흡착하는 능력을 갖고 있기 때문에 매우 간단하고 효과적인 기전으로 설사 혹은 소화기관의 질병을 예방 또는 개선하는 것으로 알려져 있다 (Gebesh et al., 1999; Heimann, 1984; Kasi et al., 1995; Trckova et al., 2004). 많은 연구결과에서도 고령토는 체내에서 아플라톡신(aflatoxin; Abdel-Wahhab et al., 1999; Phillips, 1999)을 배출하고 장독소(enterotoxins; Dominy et al., 2004), 병원성 미생물(Hassen et al., 2003), 중금속(Katsumata et al., 2003) 및 독소(poison; Knezevich and Tadic, 1994)로 인한

Table 2. Effects of dietary kaolin supplementation on laying performances and feed intake in laying hens (Exp. 1)

Item	Kaolin, %				SEM <sup>1)</sup>	p-value <sup>2)</sup>	
	0	0.2	0.4	0.6		L	Q
Egg production, %	88.89	85.83	90.11	85.51	0.89	0.436	0.644
Feed intake, g/day	133	109	114	106	2.75	0.001	0.001
Egg weight, g	62.56	63.94	62.88	60.29	0.83	0.315	0.259
FCR, g/100g egg mass	2.41	2.00	2.01	2.07	0.05	0.006	0.004

<sup>1)</sup> Standard error of means.

<sup>2)</sup> L: linear; Q: quadratic

Table 3. Effects of dietary kaolin supplementation on laying performances and feed intake in laying hens (Exp. 2)

Items	30 weeks			58 weeks			SEM <sup>1)</sup>	p-value <sup>2)</sup>		
	0%	0.2%	0.4%	0%	0.2%	0.4%		A	L	A×L
Egg production, %	92.03	94.44	92.13	74.48	82.29	81.48	1.65	0.001	0.040	0.185
Feed intake, g/day	126	109	130	117	119	102	2.02	0.001	0.001	0.001
Egg weight, g	57.97	58.50	59.16	63.46	62.09	61.94	0.71	0.006	0.965	0.679
FCR, g/100g egg mass	2.37	1.97	2.39	2.48	2.35	2.03	0.05	0.471	0.006	0.001

<sup>1)</sup> SEM: Standard error of means.

<sup>2)</sup> A: Age, L: Level, A × L: Age × Level.

설사를 방지하는 능력이 있는 것으로 나타났다. 실제로, 육계사료에 2.5~8%의 고령토를 첨가하면 에너지 이용효율이 개선되며 (Ousterhout, 1967) 병아리에게 6%의 kaolin 사료를 급여하면 약 6%의 사료효율 개선효과가 있다는 보고도 있다 (Matterson et al., 1972). 또한 산란기에 대한 실험에서는 kaolin을 2.5%, 5.0% 첨가한 사료를 급여하였을 때 산란율이 증가하였다 (Spandorf et al., 1972). 따라서 본 실험에서 사료요구율과 산란율 개선효과가 나타난 것은 고령토의 첨가가 육계 체내 병원균을 효과적으로 배출하여 영양소의 이용효율이 개선된 점에서 기인한 것으로 판단된다.

## 2. 난품질 및 난각품질에 미치는 영향

실험사료 내 고령토의 급여가 난품질과 난각품질에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 4와 Table 5에 나타냈다.

실험 1의 결과 고령토의 수준별 급여는 난품질과 난각품질에 대하여 처리구간에 유의적인 차이를 나타내지 않았지만 ( $p > 0.05$ ) 난황무게 (yolk weight)는 고령토 첨가구에서 무거운 경향을 나타냈으며 신선도 (haugh unit)도 고령토 첨가구가 대조구에 비하여 우수한 경향을 나타냈으나 통계적인 유의성은 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

실험 2의 결과 고령토의 수준별 급여는 난각강도와 난각두께가 30주령 산란계가 58주령 산란계에 비하여 우수하였으나 (age effect,  $p = 0.001$ ) 첨가수준별 차이는 관찰되지 않았다 (level effect,  $p > 0.05$ ). 난황색도 (yolk color), 난황두께 (yolk height) 그리고 난황무게 (yolk weight)도 주령별 유의적인 차이는 있었으나 (age effect,  $p = 0.025, 0.031$  and  $0.001$ ) 첨가수준에 의한 차이는 관찰되지 않았다 (level effect,  $p > 0.05$ ). 난백의 두께 (albumin height)는 58주령 산란계가 30주령 산란계보다 높게 나타났지만 (age effect,  $p = 0.022$ ) 첨가수준에 의한 통계적인 유의성은 나타나지 않았다. 신선도 (haugh unit)에서는 주령, 고령토의 첨가수준 그리고 주령과 첨가수준의 상호작용효과에 의한 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

고령토는 구리, 칼슘, 인, 나트륨 및 아연과 같은 광물질의 우수한 급여원으로 사용할 수 있어 (Abrahams, 1997; Hunter and De Kleine, 1984; Hunter, 1973; Johns and Duquette, 1991; Kreulen and Jager, 1984; Vermeer, 1966) 난각품질 개선효과를 기대할 수 있다. 실제로 점토광물의 한가지인 클리네톨로라이트 (clinoptilolite)를 산란계에 급여하면 (50 g/kg) 난각의 강도가 개선되고 사료효율과 산란율이 높아진다 (Olver, 1997). 또한 불석 (zeolite)을 육계의 사료에 첨가하면 혈중 알루미늄과 아연의 농도

Table 4. Effects of dietary kaolin supplementation on egg and eggshell qualities in laying hens (Exp. 1)

Item	Kaolin, %				SEM <sup>1)</sup>	p-value <sup>2)</sup>	
	0	0.2	0.4	0.6		L	Q
Eggshell strength, %	3.15	2.88	2.91	2.97	0.11	0.637	0.492
Eggshell weight, g	6.37	6.05	6.15	6.08	0.78	0.286	0.436
Eggshell thickness, mm	34.75	34.88	39.92	35.58	1.21	0.498	0.374
York color	7.25	6.50	7.08	6.56	0.18	0.368	0.751
York height, mm	16.28	16.32	16.12	15.76	0.11	0.107	0.381
York weight, g	14.74	15.90	15.61	15.47	0.23	0.364	0.173
Albumin height, mm	6.11	7.59	6.89	6.60	0.28	0.755	0.129
Albumin weight, g	41.46	41.99	41.12	38.77	0.75	0.212	0.359
Haugh unit	75.04	85.37	81.31	80.26	1.98	0.516	0.169

<sup>1)</sup> Standard error of means.

<sup>2)</sup> L: linear; Q: quadratic.

Table 5. Effects of dietary kaolin supplementation on egg and eggshell qualities in laying hens (Exp. 2)

Items	30-weeks			58-weeks			SEM <sup>1)</sup>	p-value <sup>2)</sup>		
	0%	0.2%	0.4%	0%	0.2%	0.4%		A	L	A×L
Eggshell strength, %	3.50	3.44	3.36	2.64	2.85	2.28	0.11	0.001	0.122	0.328
Eggshell weight, g	5.71	5.85	5.83	6.02	6.20	5.89	0.07	0.095	0.530	0.647
Eggshell thickness, mm	33.83	34.29	36.63	31.71	32.83	31.38	0.47	0.001	0.347	0.078
York color	5.73	5.75	6.25	6.56	6.63	6.50	0.14	0.025	0.760	0.574
York height, mm	15.46	15.12	15.13	16.45	16.25	16.02	0.22	0.031	0.761	0.974
York weight, g	14.46	13.90	14.17	15.89	15.54	15.85	0.22	0.001	0.525	0.949
Albumin height, mm	6.06	5.91	7.50	8.19	6.85	7.35	0.24	0.022	0.104	0.085
Albumin weight, g	37.80	39.01	38.14	41.55	39.64	40.20	0.72	0.175	0.962	0.708
Haugh unit	77.13	76.94	87.26	88.82	82.00	83.85	1.40	0.072	0.129	0.051

<sup>1)</sup> SEM: Standard error of means.

<sup>2)</sup> A: Age, L: Level, A × L: Age × Level.

가 높아져 난각의 품질과 골격의 발달을 개선하는 것으로 나타났다 (Rabon et al., 1995). 그러나 본 실험의 결과, 난각품질의 개선효과를 관찰되지 않았다.

## 요 약

본 연구의 목적은 고령토(Kaolin)의 수준별 급여(실험 1)와 주령이 서로 다른 산란계의 수준별 급여(실험 2)가 산란계의 성적, 난품질 및 난각품질에 미치는 영향을 조사하기 위해 실시하였다. 실험 1에서는 58주령 산란계 총 64수를 이용하여 고령토 0.0, 0.2, 0.4 및 0.6% 급여구로 구분하였다. 실험 2에서는 두 가지 주령(30과 58주령)의 산란계와 세 가지 수준(0.0, 0.2 및 0.4%)의 고령토를 2 × 3 요인분석법으로 설계하였다. 두 실험의 결과, 고령토를 첨가하여 산란계에 급여하면 사료섭취량이 적어지고 사료요구율과 산란율이 개선되는 것을 관찰할 수 있었다. 그러나 난품질과 난각의 품질에는 고령토 첨가에 의한 효과가 나타나지 않았다. 이상의 결과에서 목질고령토의 첨가는 사료효율을 개선하고 산란율을 높여주는 기능이 있는 것으로 판단되며, 첨가수준은 30주령에서는 0.2%, 58주령에서는 0.2, 0.4%가 적정하다고 판단된다.

(주제어: 고령토, 산란계, 난품질, 난각품질, 사료섭취량)

## 인 용 문 헌

- Abdel-Wahhab, M. A., Nada, S. A. and Amra, H. A. 1999. Effect of aluminosilicates and bentonite on aflatoxin-induced developmental toxicity in rat. *J. Appl. Toxicol.* 19:199-204.
- Abrahams, P. W. 1997. Geophagy (soil consumption) and iron supplementation in Uganda. *Trop. Med. Int. Health.* 2:617-623.
- AOAC. 1990. Official Method of Analysis. 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.

- Chung, C. Y., Lee, K. H., Choi, D. U. and Han, I. K. 1978. Effects of cation exchange capacity and particle size of zeolite on the growth, feed efficiency and feed nutrients utilizability of broilers. *Korean J. Anim. Sci. Technol.* 20:622-630 (in Korean).
- Dominy, N. J., Davoust, E. and Minekus, M. 2004. Adaptive function of soil consumption: an *in vitro* study modelling the human stomach and small intestine. *J. Exp. Biol.* 207:319-324.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometric.* 11:1-42.
- Gebesh, V. V., Ianchenko, V. I. and Sukhov, I. A. 1999. Kaopectate in the combined treatment of patients with intestinal infection. *Lik. Sprava.* 3:140-142 (in Russian).
- Ha, H. M., Kim, J. H., Kim, S. C., Kim, Y. M. and Ko, Y. D. 2001. Effect of the Dietary Supplementation of Illite on the Growing and Finishing Pigs. *Korean J. Anim. Sci. Technol.* 43:663-670 (in Korean).
- Harms, R. H. and Darmron, R. H. 1973. The influence of various dietary follers on the utilization of energy by poultry. *Poultry Sci.* 52:2034 (abstr.).
- Hassen, A., Jamoussi, F., Saidi, N., Mabrouki, Z. and Fakhfakh, E. 2003. Microbial and cooper adsorption by smectitic clay. an experimental study. *Environ. Technol.* 24: 1117-1127.
- Heimann, G. 1984. Pharmacotherapy of acute infant enteritis. *Montsschr. Kinderheilkd.* 132:303-305 (in German).
- Hunter, J. M. 1973. Geophagy in Africa and in the United States: a culture-nutrition hypothesis. *Geogr. Rev.* 63:170-195.
- Hunter, J. M. and Kleine, R. 1984. Geophagy in Central America. *Geogr. Rev.* 74:157-169.
- Johns, T. and Duquette, M. 1991. Detoxification and mineral supplementation as functions of geophagy. *Am. J. Clin. Nutr.* 53:

448-456.

- Kasi, M., Kausar, P., Naz, R. and Miller, L. C. 1995. Treatment of diarrhoea in infants by medical doctors in Balochistan, Pakistan. *J. Diarrhoeal. Dis. Res.* 13:238-241.
- Katsumata, H., Kaneco, S., Inomata, K., Itoh, K., Funasaka, K., Masuyama, K., Suzuki, T. and Ohta, K. 2003. Removal of heavy metals in rinsing wastewater from plating factory by adsorption with economical viable materials. *J. Environ. Manage.* 69:187-191.
- Knezevich, D. L. and Tadic, V. 1994. Decontamination with clay or alcoholate of pigs percutaneously poisoned with VX and soman. *Vojnosanit. Pregl.* 51:488-491 (in Croatian).
- Kreulen, D. A. and Jager, T. 1984. The significance of soil ingestion in the utilization of arid rangelands by large herbivores, with special reference to natural licks on the Kalahari pans. In: Gilchrist F.M.C., MacKie R. I. (eds.): *Herbivore Nutrition in the Subtropics and Tropics.* Science Press, Johannesburg, South Africa. pp. 204-221.
- Kurnick, A. A. and Reed, B. L. 1960. Poultry nutrition studies with bentonite. *Feedstuffs.* 32, pp. 18.
- Lee, T. W. 1975. A study on the feed values between the bentonite and zeolite in the feeding of broiler chicken. *Korean J. Anim. Sci. Technol.* 17:625-628 (in Korean).
- Matterson, L. D., Spandorf, A. H. and Flustohowicz, J. J. 1972. The apparent nutritional value of kaolins. *Poultry Sci.* 51:1833 (abstr.).
- NRC. 1994. *Nutrient requirements of poultry.* 9th ed, National Academy Press, Washington, DC, USA.
- Olver, M. D. 1997. Effect of feeding clinoptilolite (zeolite) on the performance of three strains of laying hens. *Brit. Poultry Sci.* 38: 220-222.
- Ousterhout, L. E. 1967. The effect of Kaolin on the feed efficiency of chickens. *Poultry Sci.* 46:1303 (abstr.).
- Phillips, T. D. 1999. Dietary clay in the chemoprevention of aflatoxin-induced disease. *Toxicol. Sci.* 52:118-126.
- Qusterhout, L. E. 1970. Nutritional effects of clays in feed. *Feedstuffs.* 42:34-36.
- Rabon, H. W. Jr, Roland, D. A. Sr, Bryant, M. M., Smith, R. C., Barnes, D. G. and Laurent, S. M. 1995. Absorption of silicon and aluminum by hens fed sodium zeolite A with various levels of dietary cholecalciferol. *Poultry Sci.* 74:352-359.
- Roush, W. B. 1981. T159 calculator program for Haugh Unit calculation. *Poultry Sci.* 60:1086-1088.
- SAS, Institute. 1990. *SAS User's Guide: Statistics.* Version 6.03 Edition SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Sibbald, J. R., Slinger, S. J. and Ashton, G. C. 1961. Factors affecting the metabolizable energy content of poultry feeds. 3. The influence of kaolin and alphascel when used as ration diluents. *Poultry Sci.* 40:454-458.
- Spandorf, A. H., Matterson, L. D. and Hall, K. 1972. Results of feeding kaolin clay to laying hens under varying conditions. *Poultry Sci.* 51:1867 (abstr.).
- Torii, K. 1977. Utilization of natural zeolites in Japan. IN L. B. Sand and F. A. Mumpton (Ed) *Natural Zeolites; Occurrence, Properties, Use.* Pergamon Press, Elmsford, NY.
- Trckova, M., Matlova, L., Dvorska, L. and Pavlik, I. 2004. Kaolin, bentonite, and zeolites as feed supplements for animals: health advantages and risks. *Vet. Med. - Czech.* 49:389-399.
- Vermeer, D. E. 1966. Geophagy among the Tiv of Nigeria. *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 56:197-204.

(Received Oct. 27, 2010; Revised Jan. 10, 2011; Accepted Mar. 10, 2011)