

ANIMAL

# Effect of natural mineral complex on egg quality, egg production and hatchability in laying hens during the summer season

Han Jin Oh<sup>†</sup>, Jin Ho Cho<sup>†</sup>, Young Lee, Sung beom Yu, Jung Joo Lee, Seong Koo Cho\*

Department of Animal Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

\*Corresponding author: deercho@chungbuk.ac.kr

<sup>†</sup> These authors equally contributed to this study as first author.

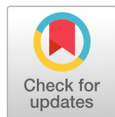
## Abstract

This study was conducted to investigate the effect of natural mineral complex fed to laying hens during the summer in terms of the egg quality. A total of 480 laying hens (160 leghorns, 160 Korean native chickens and 160 silkies, all 62 weeks old), were used for 4 weeks. The four dietary treatments were as follows: CON) basal diet; MC1) CON + 0.1% natural mineral complex (NMC); NMC3) CON + 0.3% NMC, and NMC5) CON + 0.5% NMC. In terms of egg weight, the NMC3 and NMC5 treatments had significantly higher egg weights than that of the CON ( $p < 0.001$ ) in all species. Eggshell strength in the NMC3 and NMC5 treatments was significantly higher than that of the CON in the leghorns on 2 week ( $p < 0.01$ ). In the Korean native chickens, the eggshell strength for the NMC1, NMC3 and NMC5 treatments was significantly higher than that of the CON during all periods. In 4 week, the eggshell strength for the CON and NMC1 treatment was significantly higher in the leghorns ( $p < 0.001$ ), but the MC treatments had a significantly higher eggshell strength than that of the CON in Korean native chickens. Egg production was significantly improved in all the treatments compared to the NMC3 treatment ( $p < 0.05$ ), and hatchability was also improved compared to the CON ( $p < 0.05$ ). In conclusion, supplementation of natural mineral complex in chicken diets influenced the egg quality during the summer season.

**Keywords :** natural mineral complex, Ca, laying hen, egg quality, summer

## Introduction

17년도 유럽 식용계란에서 피프로닐 성분이 검출되며 시작된 살충제 계란 파동사태는 대한민국 사회에 큰 혼란을 주었다. 특히 살충제가 검출된 계란은 대형마트에 납품되었으며, 소비자들은 식품을 선택할 때 세심한 주의를 기울이고 있다(Kim, 2017). 또, 병원성 박테리아의 침입을 막아주는 난각질은 소비자가 가장 중요시 하는 항목 중 하나로 작용하고 있고, 난각질 불량으로 인한 경제적 손실이 빈번히 발생하고 있다(Austic and Nesheim, 1990; Świątkiewicz et al., 2018). 또 이러한 현상은 여름철 높은 환경온도에서 또한 영향을 받는다(Deaton et al., 1981; Grizzle et al., 1992). 여름철



### OPEN ACCESS

**Citation:** Oh HJ, Cho JH, Lee Y, Yu SB, Lee JJ, Cho SK. 2018. Effect of natural mineral complex on egg quality, egg production and hatchability in laying hens during the summer season. Korean Journal of Agricultural Science. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20180035>

**DOI:** <https://doi.org/10.7744/kjoas.20180035>

**Editor:** Jwakyung Sung, National Institute of Agricultural Sciences

**Received:** February 22, 2018

**Revised:** May 17, 2018

**Accepted:** May 23, 2018

**Copyright:** © 2018 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

위생불량으로 인한 병원성 미생물의 증식과 계란 품질 저하를 막기 위한 냉방 비용 또한 엄청난 경제 손실을 야기한다 (Çabuk et al., 2006). 이러한 소비자의 추세와 산란계의 수익성을 높이기 위해 질적으로 높은 계란을 생산하는 것은 중요한 과제이다.

계란은 유전적, 사양관리적, 생리적, 영양적 요인 등 많은 요인이 작용하고 있으며, 영양적인 요인으로 미네랄을 손꼽을 수 있다(Roland and David, 1988). 미네랄은 비타민과 함께 계란 내 대사에 이용되고, 체내에 골격, 체액 또는 연조직을 형성하며(Han, 1996a) 가금에 있어 사료 첨가제로 주로 사용되고 있다. 특히 칼슘은 뼈의 형성과 난각 형성에 주로 이용되고, 혈액 내에서 피를 응고시키는 역할을 한다. 칼슘 공급이 부족하게 되었을 시 산란계에서는 성장 지연, 사료 섭취량 감소, 난각 불량과 산란율 감소 등의 결과를 초래하고, 심할 경우 폐사가 발생하게 된다. 칼륨은 뇌, 간 및 근육 등에 많이 함유되어 있으며, 혈장이나 장액에서 산도가 염기의 균형을 유지하거나 적절한 삼투압을 유지되도록 나트륨과 함께 작용하며, 세포의 내부 효소를 활성화 시키고 정상적인 심장박동에 도움을 준다. 칼륨 공급이 부족하게 되었을 시 근육 허약증과 장의 긴장력 감퇴, 심장 허약, 호흡기 근육이 약해지는 이상징후를 보이고, 철의 결핍 시 빈혈 및 우모의 탈색 등이 나타나게 된다(No, 2001). 필수 미량 영양소로 셀레늄은 항암, 항바이러스효과, 번식 기능 및 면역력 기능에 중요한 역할을 하며(Combs, 1981), 가금류에 적절한 공급은 산란율과 부화율을 개선하며(Cantor and Scott, 1974) 난황, 난백 및 전란의 셀레늄 함량이 증가하는 결과가 확인 되었다(Hassan, 1986; Davis and Fear, 1996; Jiakui and Xiaolong, 2004; Payne et al., 2005). 구리 또한 가축의 성장 촉진과 축산물 내 콜레스테롤 함량을 낮추는데 사용되며, 난황 콜레스테롤을 감소시키는 효과를 보였다(Pesti and Bakalli, 1998; Balevi and Coskun, 2004; Mahdavi et al., 2005; Lim et al., 2006; You, 2007).

본 연구의 목적은 여름철 산란계에 천연 미네랄 첨가가 계란품질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 레그혼, 토종닭과 오골계를 이용하여 실시하였다.

## Materials and Methods

### 시험 동물 및 시험 설계

본 시험은 62주령 Leghorn 160수, 토종닭 160수와 오골계 160수를 공시하였고, 4주간 여름 환경에서 사양 시험을 실시하였다. 시험 처리구는 사료내 천연 미네랄 첨가제(Natural mineral complex)의 첨가 수준에 따라 CON) basal diet, MCI) CON + 0.1% 천연 미네랄 첨가제(Natural mineral complex, NMC), NMC3) CON + 0.3% NMC, NMC5) CON + 0.5% NMC로 나누었으며, 처리 당 2반복 반복당 20수씩 임의 배치하였다.

### 시험 사료 및 사양관리

시험 사료는 옥수수-대두박 위주의 사료로서 NRC (1994) 사양 표준을 기초로 하여 ME 2,904 kcal/kg, CP 15.45%, Lysine 0.70%, Ca 3.23% 및 P 0.61%를 함유토록 하였다(Table 1). 본시험에 사용된 미네랄 첨가제(난각 강화제)의 주요 성분 및 함량은 Table 2에 나타내었다. 시험 사료는 가루형태로 자유 채식토록 하였으며, 물은 자동 급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 하였다. 총 점등시간은 일일 17시간으로 조절하였다.

**Table 1.** Feed formula and chemical composition (as-fed basis).

Ingredients	%
Corn (%)	50.36
Soybean meal (CP 46%)	18.70
Wheat grain (%)	10.00
Limestone (%)	7.50
Wheat bran (%)	5.00
Animal fat (%)	4.44
Corn gluten meal (%)	2.00
Tricalcium phosphate (%)	1.40
Salt (%)	0.30
DL-methionine (%)	0.10
Mineral premix <sup>x</sup> (%)	0.10
Vitamin premix <sup>y</sup> (%)	0.10
Chemical composition <sup>z</sup>	
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

<sup>x</sup>Provided per kg of complete diet: 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.

<sup>y</sup>Provided per kg of complete diet: 12,500,000 IU of vitamin A, 2,500,000 IU of vitamin D<sub>3</sub>, 10,000 mg vitamin E, 2,000 mg vitamin K<sub>3</sub>, 50 mg biotin, 500 mg folic acid, 35,000 mg niacin, 10,000 mg Ca pantothenate, 1,000 mg vitamin B<sub>6</sub>, 5,000 mg vitamin B<sub>2</sub>, 1,000 mg vitamin B<sub>1</sub> and 15 mg vitamin B<sub>12</sub>.

<sup>z</sup>Calculated values.

**Table 2.** Composition of natural mineral complex.

Ingredients	%
Mineral (g/kg)	
Ca	42.000
P	21.000
K	15.000
Na	14.000
Fe	4.990
Mg	1.535
Zn	1.195
Cr	0.120
Cu	0.160

## 조사항목

### 산란율, 부화율 및 사료 섭취량

산란율은 사양 시험기간 중에 매일 집란하여 처리구별로 총 산란수를 사육수로 나누어 백분율을 표시하였으며, 부화율은 입란 후 21일째 발생율을 조사하였다. 사료섭취량은 매주 총 급여량에서 잔량을 제외하여 측정하였다.

## 난중, 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 측정하였고, 난중은 매주 집란한 계란을 전자저울을 이용하여 2주 간격으로 측정 하였다.

## 통계처리

본 시험에서 얻어진 모든 자료는 SAS program ver 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)의 GLM procedure를 이용 Duncan's multiple range test로 처리하여 평균 간의 유의성을 검정하였다. 또한 종안에 처리구 함량에 따른 유의성, 종간의 처리구 함량에 따른 유의성, 종과 처리구 함량에 따른 유의성을 분리하여  $p < 0.05$  범위에서 유의성을 검정하였다.

## Results and Discussion

### 난중, 난각 강도 및 난각두께, 사료섭취량

여름철 천연 미네랄 첨가제가 산란계의 계란 품질에 미치는 영향은 Table 3에 나타내었다. 레그혼 종에서 2주, 4주간 천연 미네랄 첨가제를 추가 급여하였을 때, 난중에서 CON에 비해 천연 미네랄 첨가제 처리구에서 유의적으로 높게 나타났다( $p < 0.001$ ). 난각강도는 2주간 추가 급여하였을 때 CON에 비해 NMC3와 NMC5에서 유의적으로 높게 나타났지만 ( $p < 0.01$ ), 4주차에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 2주간 추가 급여시, 난각 두께에서는 유의적인 차이가 없었지만 4주간 천연 미네랄 첨가제를 추가 급여하였을 때 CON과 NMC1이 다른 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났다( $p < 0.001$ ).

토종닭에서 난중은 2주, 4주간 천연 미네랄 첨가제를 추가 급여하였을 때 CON에 비해 천연 미네랄 첨가제 처리구에

**Table 3.** Effect of natural mineral complex for egg quality on summer season in laying hens.

Items	Leghron						Korean native chicken						Silky					
	CON	NMC1	NMC3	NMC5	SE	p-value (%)	CON	NMC1	NMC3	NMC5	SE	p-value (%)	CON	NMC1	NMC3	NMC5	SE	p-value (%)
2 week																		
weight <sup>xy</sup> (g/egg)	58.41b	62.99a	64.27a	63.10a	0.55	***	58.07b	62.25a	62.62a	63.44a	0.62	***	42.17b	43.73b	49.27a	47.55a	1.14	***
shell strength <sup>xy</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	3.73b	3.86ab	4.07a	4.03a	0.08	**	3.18b	3.96a	3.85a	3.84a	0.07	***	3.81	4.13	4.10	3.96	0.10	NS
shell thickness <sup>xy</sup> (0.01mm)	0.35	0.36	0.35	0.35	0.01	NS	0.28c	0.39a	0.30b	0.31b	0.01	***	0.29b	0.32a	0.33a	0.33a	0.01	**
4 week																		
weight <sup>xy</sup> (g/egg)	58.61b	62.84a	63.93a	63.15a	0.64	***	58.00b	62.38a	62.44a	63.81a	0.61	***	40.78b	42.37b	48.53a	46.52a	1.11	***
shell strength <sup>xy</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	3.76	3.94	3.87	3.75	0.07	NS	3.28b	3.87a	3.88a	3.96a	0.11	***	4.02	4.06	3.92	4.02	0.07	NS
shell thickness <sup>xy</sup> (0.01mm)	0.37a	0.38a	0.34b	0.33b	0.01	***	0.27c	0.34b	0.28c	0.38a	0.01	***	0.31	0.33	0.32	0.33	0.01	NS
ADFI	109.2	109.2	109.2	108.8	0.40	NS	148	148.2	148.8	148.6	1	NS	62.4	62.2	62	62	0.70	NS

CON, basal diet; NMC1, CON + 0.1% natural mineral complex; NMC3, CON + 0.3% natural mineral complex; NMC5, CON + 0.5% natural mineral complex; SE, Standard error; ADFI, Average daily feed intake; NS, Not significant.

<sup>x</sup>Species effect ( $p < 0.01$ )

<sup>y</sup>Species × added mineral interaction ( $p < 0.01$ )

a - c: Means within a parameter with different letters differ significantly. \* $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

서 유의적으로 높게 나타났고( $p < 0.001$ ), 난각 강도 또한 2주, 4주간 천연 미네랄 첨가제를 추가 급여하였을 때, CON에 비해 천연 미네랄 첨가제 처리구에서 유의적으로 높게 나타났다( $p < 0.001$ ). 난각 두께에서 2주간 천연 미네랄 첨가제를 추가 급여하였을 때, NMC1에서 유의적으로 높게 나타났으나( $p < 0.001$ ), 4주간 천연 미네랄 첨가제를 추가 급여하였을 때, NMC5에서 다른 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났다( $p < 0.001$ ).

오골계에서 난중에 2주, 4주간 천연 미네랄 첨가제를 추가 급여하였을 때 NMC3와 NMC5에서 유의적으로 높게 나타났으며( $p < 0.001$ ), 난각 강도에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 난각 두께는 2주간 천연 미네랄 첨가제를 추가 급여하였을 때 CON에 비해 천연 미네랄 첨가제 처리구에서 유의적으로 높게 나타났지만( $p < 0.01$ ), 4주간 급여하였을 때 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

Shin et al. (2008)은 산란계에 천연 미네랄 및 비타민 강화제의 첨가를 통해 난중에 대해 유의적인 차이를 발견하지 못하였고, Lee et al. (2005)의 연구에서는 난중에 대해 칼슘 공급제를 추가 급여 시 처리구간에 유의적으로 향상된 결과는 나타났으나( $p < 0.05$ ), 칼슘 공급량 증가에 따른 효과는 나타나지 않았다 보고하였고, 칼슘 수준에 따라 난중에 대해 차이가 없다는 연구가 많았다(Kuhl et al., 1977; Castillo et al., 2004). 하지만 Yoo et al. (2006)의 결과, 미네랄 제제를 0.5% 추가 급여 시 난중이 유의적으로 높게 나타났으며( $p < 0.05$ ), 천연 미네랄 제제 0.5% 첨가한 처리구가 0.25% 첨가한 처리구에 비해 유의적으로 높은 경향을 보였다( $p < 0.061$ ). 이러한 결과는 본 시험의 결과가 유사하였다.

난각 강도에 대해 Ca 수준을 3-9% 까지 1.5% 증가 시킨 사료 급여 시 산란기간의 난각 강도가 유의적으로 증가하였다는 결과가 있었으며(Jackson et al., 1987), Bar et al. (2002) 와 Mehring and Titus (1964), Walter and Aitken (1962)의 연구에서 또한 칼슘의 첨가 수준이 증가하게 되면 난각 강도가 증가한다는 결과가 일치하였다. Ca와 P은 난각을 구성하는 주요 물질로, 추가적인 공급 시 난각의 강도와 두께가 증가하는 것으로 보인다. 또, 첨가시험에서 Fe의 첨가에 따라 난각질이 개선되는 경향을 보인 보고가 있었으며(Yang et al., 2004), Mabe et al. (2003), Waddell et al. (1991)과 Park et al. (2009) 연구에 의하면, 필수 미량 광물질인 Mg과 Mn, Cu 및 Zn의 추가 공급시 난각질이 개선되는 효과를 보였다.

Yoo et al. (2006)의 연구에 의하면 천연 미네랄 첨가 수준이 증가할수록 난각 두께가 유의적으로 향상되는 것을 보였고( $p < 0.05$ ), Shin (2010) 연구에 의하면 Cu의 추가적인 공급이 난각 두께와 질을 향상시켰다( $p < 0.05$ ). 이밖에도, Roland et al. (1985)과 Ko et al. (2005)의 연구에서도 유사한 결과가 나타났다. 난중과 난각강도 난각 두께가 상승하였다는 것은, 계란의 품질이 상승하였다는 것으로 안정적인 번식성적을 낼 수 있다고 사료된다.

난중과 난각강도 대해 종의 차이에 따라 유의적인 차이가 나타났으며( $p < 0.01$ ), 난각 두께에 대해서 또한 유의적인 차이가 나타났다( $p < 0.01$ ). 종과 첨가수준에 따른 난중과 난각강도, 난각 두께에서 유의적인 차이가 나타났다( $p < 0.01$ ;  $p < 0.01$ ;  $p < 0.01$ ). 백색 산란계인 레그혼의 경우 갈색산란계의 비해 난중은 가벼우나 난각이 두꺼우며, 산란 능력이 뛰어나다(North and Bell 1990). 하지만 토종닭의 경우 주로 육용계로 분류가 되어있으며, 산란계인 레그혼에 비해 크기가 크고, 그로 인해 사료 섭취량이 더 높게 나타났다(Kim et al., 2017; Cho et al., 2017). 오골계 또한 육용계로 사용되고 있으며, 다른 육용계에 비해 품질의 균일성이 낮으며, 산란성, 산육성 등 경제형질이 개량도가 낮아 산업화가 어려운 종이다(Han, 1996b; Chae et al., 2002). 이러한 이유로 종간의 차이가 나타난 것으로 사료된다.

## 산란율과 부화율

천연 미네랄 첨가제가 산란계에 산란율과 부화율에 미치는 영향은 Table 4에 나타내었다. 레그혼에서 산란율은 NMC3와 NMC5에서 CON과 NMC1에 비해 유의적으로 높게 나타났다( $p < 0.05$ ). 부화율에 대해서 NMC3와 NMC5에서 CON에 비해 유의적으로 높게 나타났다( $p < 0.05$ ).

토종닭에서 산란율은 CON에 비해 천연 미네랄 첨가제 처리구에서 유의적으로 높게 나타났으며( $p < 0.01$ ), 부화율에

**Table 4.** Effect of natural mineral complex for egg production and hatchability on summer season in laying hens.

Items (%)	CON	NMC1	NMC3	NMC5	SE
Leghorn					
Egg production	74.5b	76.5b	79.5a	80.0a	0.7
Hatchability	53.3b	56.7ab	60.0a	60.0a	0.7
Korean native chicken					
Egg production	56.5b	59.5b	60.5a	61.0a	0.4
Hatchability	50.0b	53.3ab	56.7a	56.7a	0.5
Silky					
Egg production	67.0b	70.0a	70.5a	70.0a	0.6
Hatchability	73.3b	80.0a	83.3a	83.3a	0.4

CON, basal diet; NMC1, CON + 0.1% natural mineral complex; NMC3, CON + 0.3% natural mineral complex; NMC5, CON + 0.5% natural mineral complex; SE, Standard error.

a - c: Means within a parameter with different letters differ significantly.

대해서 CON에 비해 NMC3와 NMC5에서 유의적으로 높게 나타났다( $p < 0.05$ ).

오골계에서 산란율은 CON에 비해 천연 미네랄 첨가제 처리구에서 유의적으로 높게 나타났으며( $p < 0.05$ ), 부화율에

대해서 CON에 비해 천연 미네랄 첨가제 처리구에서 유의적으로 높게 나타났다( $p < 0.01$ ).

Shin et al. (2008)의 연구에 의하면, 산란계에게 2 - 4주 기간 동안 미네랄 및 비타민 강화제의 첨가 수준에 따라 유의적으로 높은 산란율을 보였다( $p < 0.05$ ). 또 Yoon et al. (2000)의 연구에서는 육용 종계에서 미네랄 첨가에 따른 산란율이 개선되었다는 결과와 Ko et al. (2005)은 산란계 사료내에 0.5%의 장식 첨가는 산란율을 개선시켰다는 결과가 일치하였다. 산란율과 부화율의 향상은 난중, 난각 강도, 난각 두께의 개선으로 인해 영향을 받은 것으로 사료되며, 번식성적이 상승한 것을 보인다.

## Conclusion

본 시험에서 여름철 양계 사료 내 0.5% 천연 미네랄 첨가는 모든 품종에서 산란율, 부화율을 개선시키며, 난중, 난각 강도 및 난각 두께가 품종마다 차이는 있으나, 첨가 수준에 따라 유의적으로 개선되는 경향을 보였다.

## Acknowledgements

본 연구는 '2015학년도 대학회계 교내 연구비 지원사업'에 지원을 받아 수행되었습니다.

## References

- Austic RE, Nesheim MC. 1990. Poultry Production. 13th ed. p. 325. Lea & Febiger, Ltd., Philadelphia, USA.
- Balevi T, Coskun B. 2004. Effect of dietary copper on production and egg cholesterol content in laying hens. *British Poultry Science* 45:530-534.

- Bar A, Razaphkovsky V, Vax E. 2002. Reevaluation of Ca and phosphorus requirements in aged laying hens. *British Poultry Science* 43:21-269.
- Çabuk M, Bozkurt M, Alcicek A, Çatli AU, Baser KHC. 2006. Effect of a dietary essential oil mixture on performance of laying hens in the summer season. *South African Journal of Animal Science* 36:215-221.
- Cantor AH and Scott ML. 1974. The effect of selenium in the hen's diet on egg production, hatchability, performance of progeny and selenium concentration in eggs. *Poultry Science* 53:1870-1880.
- Castillo C, Cuca M, Pro A, González, Morales E. 2004. Biological and economic optimum level of calcium in White Leghorn laying hens. *Poultry Science* 83:868-872.
- Chae HS, Ahn CN, Park BY, Yoo YM, Cho SH, Lee JM, Choi YI. 2002. Physicochemical properties of Korean Ogol chicken, the cross-bred ogol chicken and broiler meat. *Korean Journal of Food Science and technology* 29:185-194. [in Korean]
- Cho HM, Wickramasuriya SS, Shin TK, Kim E, Heo JM, Yi YJ. 2017. Determination of growth performance of crossbred Korean native chickens for twelve weeks after hatching. *Korean Journal of Agricultural Science* 44:566-573.
- Combs GF Jr. 1981. Influences of dietary vitamin E and selenium on the oxidant defense system of the chick. *Poultry Science* 60:2098-2105.
- Davis RH, Fear J. 1996. Incorporation of selenium into egg proteins from dietary selenite. *British Poultry Science* 37:197-211.
- Deaton JW, Reece FN, McNaughton JL, Lott BD. 1981. Effect of differing temperature cycles on egg shell quality and layer performance. *Poultry Science* 60:733-737.
- Grizzle J, Iheanacho M, Saxton A, Broaden J. 1992. Nutritional and environmental factors involved in egg shell quality of laying hens. *British Poultry Science* 33:781-794.
- Han IK. 1996a. Animal nutrition. p. 221. Shinkwang publisher, Seoul, Korea. [in Korean]
- Han SW. 1996b. Production technology of Korean native ogol. *Korean Society of Poultry Science* 23:145-151. [in Korean]
- Hassan S. 1986. Effect of dietary selenium on the prevention of exudative diathesis in chicks, with special reference to selenium transfer via eggs. *Transboundary and Emerging Diseases* 33:689-697.
- Jackson ME, Hellwig HM, Waldroup PW. 1987. Shell quality: Potential for improvement by dietary means and relationship with egg size. *Poultry Science* 66:1702-1713.
- Jiakui L, Xiaolong W. 2004. Effect of dietary organic versus inorganic selenium in laying hens on the productivity, selenium distribution in egg and selenium content in blood, liver and kidney. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 18:65-68.
- Kim KG, Choi ES, Kwon HK, Sohn SH. 2017. The effect of early chick weight on market-weight in Korean native chickens. *Korean Journal of Poultry Science* 44:259-265. [in Korean]
- Kim SK. 2017. Reviewing the Korean episodes of environmental chemicals in summer 2017. *The Korean Journal of Public Health* 54:3-12. [in Korean]
- Ko JW, Uuganbayar D, Oh DH, Bae IH, Cho SK, Kong IG, Yang CJ. 2005. Effects of dietary feldspar on productivity and composition of eggs in laying hens. *Korean Journal of Poultry Science* 32:219-224. [in Korean]
- Kuhl Jr HJ, Holder DP, Sullivan TW. 1977. Influence of dietary calcium level, source and particle size on

- performance of laying chickens. *Poultry Science* 56:605-611.
- Lee KH, Na SW, Lee WJ. 2005. Effects of additional calcium additive on egg production, feed efficiency and egg shell quality in laying hens. *Korean Journal of Poultry Science* 32:67-72. [in Korean]
- Lim KS, You SJ, An BK, Kang CW. 2006. Effects of dietary garlic powder and copper on cholesterol content and quality characteristics of chicken eggs. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences* 19:582-586.
- No SH. 2001. *Poultry Nutrition*. p. 421. Shinkwang publisher, Seoul, Korea. [in Korea]
- North MO, Bell DD. 1990. *Commercial chicken production manual*. p. 367. Westport, Connecticut. USA
- NRC (Nutrient Requirements of Poultry). 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th ed. p. 54. National Academy Press, Washington D.C., USA.
- Mabe I, Rapp C, Bain MM, Nys Y. 2003. Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. *Poultry Science* 82:1903-1913.
- Mahdavi AH, Rahmani HR, Pourreza J. 2005. Effect of probiotic supplements on egg quality and laying hen's performance. *International Journal of Poultry Science* 4:488-492.
- Mehring Jr AL, Titus HW. 1964. The effects of low levels of calcium in the diet of laying chickens. *Poultry Science* 43:1405-1414.
- Park TS, Kim JY, You SJ, Lee BK, Kim JM, Kim EJ, Ahn BK, Kang CW. 2009. Effect of dietary organic or inorganic minerals (selenium and copper) on layer's production and their transfer into the egg. *Korean Journal of Poultry Science* 36:103-110. [in Korean]
- Payne RL, Lavergne TK, Southern LL. 2005. Effect of inorganic versus organic selenium on hen production and egg selenium concentration. *Poultry Science* 84:232-237.
- Pesti GM, Bakalli RI. 1998. Studies on the effect of feeding cupric sulfate pentahydrate to laying hens on egg cholesterol content. *Poultry Science* 77:1540-1545.
- Roland DA, Farmer M, Marple D. 1985. Calcium and its relationship to excess feed consumption, body weight, egg size, fat deposition, shell quality, and fatty liver hemorrhagic syndrome. *Poultry Science* 64:2341-2350.
- Roland SR, David A. 1988. Research note: Egg shell problems: Estimates of incidence and economic impact. *Poultry Science* 67:1801-1803.
- Shin SO, Cho JH, Chen YJ, Yoo JS, Kim HJ, Wang Y, Huang Y, Kim IH. 2008. Effects of mineral and vitamin enhanced supplementation on egg production, egg quality and concentration of calcium and phosphorus in serum of spent laying hens. *Korean journal of Poultry Science* 35:21-27. [in Korea]
- Shin KS. 2010. A study on the development of mineral proteinates and effects of Cu-soy proteinate and herbal mixture (Herb Mix<sup>®</sup>) combination on the performance of layers and broilers. M.S. dissertation, Chungang Univ., Seoul, Korea. [in Korean]
- Świątkiewicz S, Arczewska-Włosek A, Krawczyk J, Szczurek W, Puchała M, Józefiak D. 2018. Effect of selected feed additives on egg performance and eggshell quality in laying hens fed a diet with standard or decreased calcium content. *Annals of Animal Science* 18: 167-183.
- Waddell AL, Board RG, Scott BD, Tullett SG. 1991. Role of magnesium in egg shell formation in the domestic hen. *British Poultry Science* 32:853-864.
- Walter ED, Aitkin JR. 1962. Phosphorus requirement of laying hens confined to cages. *Poultry Science* 41:386-392.



- Yang CJ, Na SJ, Ko SY, Oh JI, Jung DK, Kim HY, Chung BI, Hwangbo J, Chung WT. 2004. Effects of organic iron supplementation on productivity and egg composition in laying hens. *Korean Journal of Poultry Science* 31:101-108. [in Korean]
- Yoo JS, Kim JD, Cho JH, Chen YJ, Kim HJ, Min BJ, Kang DK, Kim IH. 2006. The effect of natural mineral complex and chitosan supplementation on egg production and characteristics in laying hens. *Korean Journal of Poultry Science* 33:101-108. [in Korean]
- Yoon BS, Kang BS, Kim SH, Choi CH, Na CH, Suh OK. 2000. Effects of vitamins and mineral supplements on the performances of broiler breeder hens. *Korean Journal of Poultry Science* 27:181-187. [in Korean]
- You SJ. 2007. Production of low cholesterol eggs by dietary supplementation of natural ingredients and essential trace minerals in laying hen. Ph.D. dissertation, Konkuk univ., Seoul, Korea. [in Korean]