

유기철의 첨가가 산란계의 생산성 및 난 성분에 미치는 영향

양철주^{1,†} · 나상준¹ · 고석영¹ · 오종일¹ · 정대균² · 김해영³ · 정일병⁴ · 황보종⁴ · 정완태⁴
¹순천대학교 동물자원학과, ²(주) RNA, ³경희대학교 생명과학부, ⁴축산연구소

Effects of Organic Iron Supplementation on Productivity and Egg Composition in Laying Hens

C. J. Yang^{1,†}, S. J. Na¹, S. Y. Ko¹, J. I. Oh¹, D. K. Jung², H. Y. Kim³, I. B. Chung⁴, J. Hwangbo⁴, and W. T. Chung⁴

¹Department of Animal Resource and Science, Suncheon National University, 315 Maegok-dong, Suncheon, Chonnam 540-742, South Korea

²RNA Inc., 319 College of Industry, Kyung Hee University, Suwon, Geonggi-do 449-701, South Korea

³Division of Life Science, Kyunghee University, 1 Sochen-ri, Giheung-eup, Yongin-si, Geonggi-do 449-701, South Korea

⁴Poultry Division, National Livestock Research Institute, 253 Gyesan-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-365, South Korea

ABSTRACT This study was conducted to evaluate the effect of iron reinforcing agent on the performance in laying hens for seven weeks. One hundred ninety eight 30-wk-old Brown Tetra layers were assigned to 9 treatments: control containing 45 mg Fe from iron sulfate per kg diet (FE-45), FE-90 (control multiplied two times), FE-180 (control multiplied four times), YM-45 containing 45 mg Fe from yeast mutant, YM-90 (YM-45 multiplied two times), YM-180 (YM-45 multiplied four times), YF-45 containing 45 mg Fe from ferritin containing yeast, YF-90 (YF-45 multiplied two times), YF-180 (YF-45 multiplied four times) in the experiment. Each treatment had four replications of 6 birds each. In the average egg production, the YF-180 was highest and the FE-45 (the control) was lowest; the YM-180, YF-90, and YF-180 were significantly ($P < 0.05$) higher than the control. In the comparisons of egg weight and egg mass, the YF-180 was significantly higher ($P < 0.05$) than the FE-90 or the control. In the FCR, the YM-90 was highest and the YF-45 was lowest. There was no significant difference between the control and YM-90 although the YF-45 was significantly ($P < 0.05$) lower in FCR than the control. In the eggshell thickness, the YF-180 was the thickest and the FE-90 was the thinnest; the YF-45 or the YF-180 was significantly thicker ($P < 0.05$) than the control. In the eggshell strength, the YF-45 was the strongest and the YM-45 was the weakest; the YM-90, YF-45, and YF-180 were significantly stronger ($P < 0.05$) than the control. In the cholesterol level of egg yolk, the control (FE-45) was the highest and the YF-45 was the lowest; there was a significantly different ($P < 0.05$) between these two treatments. In conclusion, in case of adding organic iron to feed for layers, it gives improvement on performance of layers and develop chemical composition of eggs.

(Key words : Fe, yeast, egg production, eggshell thickness, laying hens)

서 론

철은 생체내에서 이루어지는 거의 모든 대사에 필수적인 성분으로, 다른 영양소와 비교하여 비교적 소량이 필요하다 (Bezkorovainy, 1989; Bothwell et al., 1979; Finch and Hueher 1986; 김윤지, 1999). 철은 우리나라에서 일반적으로 결핍되기 쉬운 영양소이며(채범석 등, 1981), 또한 선진국에서 식이

성 철분 결핍이 주요 영양문제가 되고 있다(Hallberg and Rossander 1984; Lynch et al., 1984). 이와 같이 생체내에서 중요한 기능을 하는 철은 자연상태인 금속염의 경우, 생체내로 흡수될 때 체내 흡수율이 아주 낮아서 그 이용율이 큰 문제점으로 제기되어 왔다. 식품에 함유되어 있는 철은 그 함량도 중요하지만 실제적으로 이용되는 정도를 평가하는 생체 내 이용도가 매우 중요하다(Fritz et al., 1970; Hallberg, 1981;

이 논문은 2001~2004 년도 농림기술관리센터의 벤체형중소기업 기술개발사업 연구비 지원에 의해 연구되었음.

† To whom correspondence should be addressed : yangcj@sunchon.ac.kr

Monsen, 1988). 철은 체내에서 여러 가지 기능을 하는 필수적인 무기질이며, 산소운반 및 대사과정시 중요한 보조효소로서 작용을 하므로 생리적으로 중요한 영향을 미친다. 우리나라의 경우, 식생활의 서구화로 인해 동물성 식품의 섭취량이 증가되어 전반적인 철분영양 상태는 향상되고 있으나, 총 철분 섭취량의 80% 이상이 흡수율이 낮은 식물성 원료로 공급되고 있다(Sung, 1997; Kye and Paik, 1993; Nam and Ly, 1992).

가축의 사료에 첨가되는 철은 제 1철염이 철 첨가제로 대부분 이용되고 있으나, 이들은 체내 흡수율이 비교적 낮고 분뇨로 배설이 많아질 경우, 토양과 목초 등에 오염문제가 발생될 수 있기 때문에 비 heme성 단백질 물질인 ferritin을 대량생산하여 동물체내에서 철의 흡수율이 높은 철 강화 사료의 개발이 필요하다. 본 연구의 경우, 흡수율이 높고 생체 이용율이 높을 뿐만 아니라 위장장애가 없는 것으로 알려진 유기철을 제조하는 방법을 연구하기 위해 유전공학 방법을 이용한 철 저장단백질 생산 효모 균주 개발 및 철분 내성이 강한 효모 균주를 선별하여 효모 배양시에 다량의 철을 세포내로 이전시켜 효모의 구성성분과 결합된 유기철을 제조하고 이를 사료에 첨가시 이러한 문제점을 극복한 유기철을 함유한 효모를 제조하는 기술을 제공하는데 그 중요성이 있다.

국내에는 아직까지 페리틴(ferritin)을 이용한 철 강화사료와 철강화 축산물이 개발된 바가 없으며, 외국에서도 이를 이용한 사료 개발에 대한 연구가 거의 되어 있지 않은 실정이다. 따라서 본 시험은 철 강화제가 첨가된 사료를 산란계에 적용하여 생산성 및 계란의 화학적 조성에 미치는 영향을 평가하여, 철이 강화된 사료와 계란을 개발하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 공시동물, 시험설계 및 시험사료

공시동물은 30주령 갈색 테트라 산란계 198수를 공시하였다. 공시된 산란계는 2수용 3단 철제 cage에서 7주간 사육하였으며, 시험 사료 및 물은 자유 채식토록 하였다. 본 시험의 시험사료 배합율과 영양소 함량은 Table 1에 나타내었다. 시험사료는 항생제를 첨가하지 않고 NRC(1994)의 산란계 영양소 요구량에 맞추어 기초사료를 배합하여 NRC 권장인 황산 제 1철($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: FE)을 사용하여 사양표준 권장량인 Fe 45 mg/kg을 첨가하여 처리한 대조구 ① (FE-45), Fe 90

mg/kg 첨가한 처리구 ② (FE-90), Fe 180 mg/kg 첨가한 처리구 ③ (FE-180), *Saccharomyces cerevisiae* R100 (yeast mutant; YM, 철 함량 200 mg/kg)을 대조구의 철 함량 기준으로 45 mg/kg 첨가한 처리구 ④ (YM-45), 90 mg/kg 첨가한 처리구 ⑤ (YM-90), 180 mg/kg 첨가한 처리구 ⑥ (YM-180), *Saccharomyces cerevisiae* 2805-a7 TYFHLA-1(ferritin containing yeast; YF, 철 함량 500 mg/kg)을 대조구의 철 함량 기준으로 45 mg/kg 첨가한 처리구 ⑦ (YF-45), 90 mg/kg 첨가한 처리구 ⑧ (YF-90) 및 180 mg/kg 첨가한 처리구 ⑨ (YF-180)로 한 총 9처리구 4반복, 반복당 6수씩 임의배치하여 본 시험을 수행하였다. 시험에 사용된 *Saccharomyces cerevisiae*

Table 1. Formula and chemical composition of basal diet (%)

Ingredient (%)	Control
Corn	65.59
Wheat bran	6.50
Soybean meal	16.00
Corn gluten meal	2.60
Salt	0.30
Vit-min mix ¹	0.30
L-Lysine · HCl	0.04
Methionine	0.07
Limestone	7.73
Tricalcium phosphate	0.87
Chemical composition ²	
ME (kal/kg)	2,750
C. P (%)	15.01
Lysine (%)	0.69
Methionine (%)	0.30
Ca (%)	3.25
Avail. P (%)	0.25

¹ Provided following nutrients per kg of diet : vitamin A, 9,000,000 IU; vitamin D₃, 2,100,000 IU; vitamin E, 15,000 IU; vitamin K, 2,000 mg; vitamin B₁, 1,500 mg; vitamin B₂, 4,000 mg; vitamin B₆, 3,000 mg; vitamin B₁₂, 15 mg; Ca-pantothenate, 8500 mg; niacin, 20,000 mg; biotin, 110 mg; folic acid, 600 mg; Co, 300 mg; Cu, 3,500 mg; Mn, 55,000 mg; Zn, 40,000 mg; I, 600 mg; Se, 130 mg.

² Calculated values.

R100은 15종류의 효모 중 균주내로 철 유입량이 가장 우수한 균주를 선발한 것이며, *Saccharomyces cerevisiae* 2805-a7 TYFHLAG-1은 ferritin이 고효율로 발현되는 재조합 효모로서, (주) RNA¹⁾가 보유한 균주를 본 시험에 이용하였다.

2. 조사항목 및 조사방법

1) 산란능력 및 난질

산란율은 시험기간 중 생산된 총 산란수를 공식수로 나누어 백분율로 환산하였으며, 난중은 집란 후, 칭량하여 총 난중을 총 산란수로 나누어 평균 난중을 구하였다. 사료 요구율은 시험기간중 총 사료섭취량을 총 산란량으로 나누어 산정하였으며, 난각의 두께는 난의 세 지점을 측정하여 그 평균치를 사용하였다. 난각강도는 난각 강도계(OZAKI MFG. Co. Ltd., Japan)를 이용하여 측정하였다. TSS (Technical Services and Supplies, FHK Japan)를 이용하여 하우유니트, 난백 높이, 난각색, 혈반 및 육반 등을 측정하였다.

2) 계란의 화학적 조성

난황의 지방산 분석은 시료 5 g과 Folch 용액(chloroform : methanol = 2 : 1, v/v) 100 ml를 혼합하여 질소 충전 직전에 밀봉하여 실온에서 30분간 교반한 다음 Buchner 여과기로 여과한 후, 여과액을 분액여두에 옮기고 증류수 70 ml를 가한 후 서서히 혼합한 다음, 냉장고(5℃)에서 2개층이 분리될 때까지 방치한 후, 아래층을 취하여 회전진공농축기(35℃)에서 농축시켰다. 농축액을 시험관에 옮겨 질소가스로 건조시킨 다음 5% sulfuric acid-methanol 3 ml를 가하고 석유 에테르 3 ml로 3회 추출하여 질소가스로 건조시킨 다음, 석유 에테르 100 µg으로 녹여서 GC(DS 6200, DONAM)로 분석하였다. 난황 cholesterol 분석은 Folch et al.(1957)의 방법으로 분석하였으며, 각 처리구의 계란 난황을 30 µm의 체를 통하여 난황막 및 알끈을 제거하고 잘 균질한 후 시료로 사용했다. 시료 2 g을 20 ml의 메탄올과 40 ml의 클로로포름에서 균질화시키고, 여과하여 원심분리시켜 하층만을 취하여 염류용액(0.88% 염화칼륨) 약 20 ml를 첨가하여 균질화시킨 후, 원심분리하여, 윗층의 여액을 제거한 다음, 감압농축기를 이용하여 클로로포름을 제거하고 지방의 무게를 측정하였다. 추출된 지방에 클로로포름으로 10 ml를 정확하게 채운 다음 키트(아산제약)를 이용하여 난황의 콜레스테롤을 측정하였다. 계란내 광물질 함량 분석은 ICP (Inductively Coupled Plasma,

Spectro-telame, PLAME)로 측정하였다. 관능검사는 광해수(1992)의 방법에 의해서 실시하였으며, 관능검사의 시료는 시험종류시 계란으로 끓은 물에 20분간 삶은 것을 이용하였으며, 1에서 5점까지의 점수(1: 매우 나쁘다, 2: 나쁘다, 3: 보통이다, 4: 좋다, 5: 매우 좋다)인 5점 척도법(Stone et al., 1974)으로 외형, 색깔, 다즙성, 연도, 향과 종합적인 평가를 검사하였다.

3) 통계처리

본 시험에서 얻어진 자료의 통계처리는 SAS Statical Package Program(SAS, Institute, 1995)에 의하여 분산분석을 실시하였으며, 처리 평균간의 유의성 검정은 Duncan의 다중검정법을 이용하여 5% 수준에서 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 산란율, 난중, 산란량, 사료섭취량 및 사료요구율

본 시험에서의 각 처리구별 산란율, 난중, 산란량, 사료섭취량 및 사료요구율을 Table 2에 나타내었다. 산란율은 YF-180 처리구가 가장 높게 나타났으며, 대조구 FE-45가 가장 낮은 산란율을 보여 처리구간의 유의차를 보였다(P < 0.05). 산란율은 대조구 FE-45보다 YM와 YF 처리구가 높게 나타나 유종석 등(1990), Gerendia et al.(1992) 및 Lim(1992)이 산란계에 대해 활성효모 첨가로 산란율의 개선에 대한 실험보고와 유사한 결과를 얻었다. 각 처리구별 난중은 YF-180 처리구가 가장 높았으며, FE-90 처리구가 가장 낮은 난중을 보여 처리구간의 유의차를 보였다(P < 0.05). 산란량은 YF-180 처리구가 가장 높은 산란량을 보였으며, FE-45은 가장 낮은 산란량을 보여 처리구간의 유의차 있었다(P < 0.05). 사료섭취량은 YF-180 처리구가 FE-45 처리구보다 높게 나타났으며, FE-90 처리구는 FE-45 처리구보다 낮게 나타나 가장 낮은 섭취량을 보여 처리구간의 유의차를 보였다(P < 0.05). YM와 YF 처리구는 FE-45와 FE-90 처리구보다 높은 섭취량을 보였으며, 이는 Pepler(1982), Cantor et al.(1983) 및 Hughes(1987)는 효모배양물을 사료에 첨가했을 때, 기호성 증진제로서 작용을 하여 사료 섭취량을 증가시킨다는 보고와 유사하였다. 사료 요구율은 YM-90 처리구가 가장 높게 나타났으며, YF-45 처리구가 가장 낮은 사료 요구율로 보여 처리구간의 유의차를 보였다(P < 0.05). 사료 요구율

1) RNA Inc., 319 College of Industry, Kyung Hee University, Suwon, Geonggi-do 449-701, South Korea

Table 2. Effect of organic iron supplementation on egg production, egg weight, egg mass, feed intake and feed conversion ratio of layers

Item	FE (mg/kg)			YM (mg/kg)			YF (mg/kg)		
	45	90	180	45	90	180	45	90	180
Egg production (%)	82.81 ^c	87.30 ^{bc}	87.08 ^{bc}	87.40 ^{bc}	86.23 ^{bc}	88.86 ^{ab}	91.75 ^{bc}	93.73 ^{ab}	93.96 ^{ab}
Egg weight (g)	59.81 ^c	59.70 ^c	60.57 ^{bc}	62.29 ^{ab}	60.56 ^{bc}	62.30 ^{ab}	61.51 ^{abc}	61.92 ^{ab}	62.97 ^a
Egg mass (g)	49.53 ^d	52.01 ^{cd}	52.77 ^{cd}	54.51 ^{bc}	52.23 ^{cd}	55.38 ^{abc}	57.78 ^{abc}	58.16 ^{ab}	59.47 ^a
Feed intake (g/b)	120.91 ^{de}	117.53 ^e	126.30 ^{cde}	132.31 ^{ab}	135.14 ^{ab}	129.61 ^{abcd}	121.63 ^{cde}	131.48 ^{abc}	138.86 ^a
FCR	2.44 ^{ab}	2.26 ^{bc}	2.39 ^{bc}	2.32 ^{ab}	2.59 ^a	2.34 ^{bc}	2.11 ^c	2.27 ^{bc}	2.33 ^{bc}

^{a-c} Means with different superscripts in the same row are significantly different ($P < 0.05$).

은 YM와 YF 처리구가 FE-45와 FE-90 처리구보다 개선되는 결과를 보였는데, 이는 활성효모를 산란계에 첨가한 유종석 등(1990), Lim(1992) 보고와 일치하였다.

2. 난각두께 및 난각강도

각 처리구별 난각두께, 난각강도는 Table 3에 나타내었다. 난각두께는 YF-180 처리구가 가장 두꺼웠으며, FE-90 처리구가 가장 낮은 난각두께를 보여 처리구간의 유의차를 보였다($P < 0.05$). 철과 철분단백질 첨가 수준이 증가함에 따라 난각 두께는 두꺼워지는 경향을 보였다. 난각 강도는 YF-45 처리구가 가장 높게 나타났으며, YM-45 처리구는 가장 낮게

나타나 처리구간의 유의차를 보였다($P < 0.05$). YM와 YF 처리구는 FE-45와 FE-90 처리구보다 강도가 강한 경향을 보였다.

3. 난황 색도

각 처리구별 난황 색도는 Table 4에 나타내었다. 백색도는 YM-90 처리구가 가장 높게 나타났으며, YF-90 처리구가 가장 낮게 나타나 처리구간의 유의차를 보였다($P < 0.05$). 적색도는 YF-90 처리구가 가장 높게 나타났으며, YF-180 처리구가 가장 낮게 나타났다. 그러나 처리구간 유의적 차이는 보이지 않았다. 황색도에서는 YM-90 처리구가 가장 높았으며,

Table 3. Effect of organic iron supplementation on eggshell thickness and eggshell strength of layers

Item	FE (mg/kg)			YM (mg/kg)			YF (mg/kg)		
	45	90	180	45	90	180	45	90	180
Eggshell thickness (μm)	336 ^{bc}	329 ^c	342 ^{bc}	340 ^{bc}	349 ^{ab}	352 ^{ab}	359 ^a	349 ^{ab}	364 ^a
Eggshell strength (kg/cm^2)	2,720 ^c	2,972 ^{bc}	2,977 ^{bc}	2,598 ^c	3,294 ^b	3,396 ^{bc}	4,506 ^a	3,352 ^{bc}	3,570 ^b

^{a-c} Means with different superscripts in the same row are significantly different ($P < 0.05$).

Table 4. Effect of organic iron supplementation on egg-yolk color changes in layer fed with ferritin supplementation

Egg-yolk color	FE (mg/kg)			YM (mg/kg)			YF (mg/kg)		
	45	90	180	45	90	180	45	90	180
L	47.18 ^{abc}	48.28 ^{abc}	48.46 ^{ab}	47.33 ^{abc}	48.60 ^a	47.09 ^{bc}	47.17 ^{abc}	46.97 ^c	47.49 ^{abc}
a	-1.66	-1.24	-1.62	-1.52	-1.61	-1.41	-1.55	-1.21	-1.79
b	50.52 ^{ab}	52.49 ^a	52.24 ^a	50.06 ^b	52.58 ^a	50.93 ^{ab}	50.64 ^{ab}	50.84 ^{ab}	50.49 ^{ab}

^{a-c} Means with different superscripts in the same row are significantly different ($P < 0.05$).

YM-45 처리구에서 가장 낮은 황색도를 보여 처리구간의 유의적 차이를 보였다($P < 0.05$).

4. 하우 유닛 (Haugh unit), 난백높이, 난각색, 혈반 및 잔반, 난황 콜레스테롤

본 시험의 처리구별 하우 유닛, 난백높이, 난각색, 혈반 및 육반, 난황 콜레스테롤은 Table 5에 나타내었다. 하우 유닛은 YM-180 처리구가 가장 높았으며, YF-180 처리구가 가장 낮게 나타났으나, 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. 난백 높이는 YM-180 처리구가 가장 높게 나타났으며, YF-90, YF-180 처리구에서 가장 낮게 나타났으나, 처리구간의 유의차는 보이지 않았다. 난각색은 YM-180 처리구가 가장 높았으며, YM-90 처리구에서 가장 낮게 나타나 처리구간의 유의차를 보였다($P < 0.05$). 혈반은 FE-180 처리구가 가장 높았으며, FE-45, YM-90 처리구, YM-180 처리구, YF-90 처리구 및 YF-180 처리구에서는 혈반이 나타나지 않았지만 처리구간에 유의한 차이를 나타내었다($P < 0.05$). 잔반은 YF-180 처리구가 가장 높았으며, FE-45에서 가장 낮은 결과를 보여 처리구간 유의차를 보였다($P < 0.05$).

각 처리구별 난황 콜레스테롤 함량은 FE-45 처리구가 가장 높게 나타났으며, YF-45 처리구가 가장 낮게 나타나 처리구간의 유의적 차이를 보였다 ($P < 0.05$).

5. 난황 지방산 함량

각 처리구별 난황 지방산 함량은 Table 6에 나타내었다. 난황내 지방산 중 oleic acid는 YM-45 처리구가 가장 높았고, YM-90 처리구가 가장 낮게 나타났으나 유의적 차이를 보이지는 않았다. 산란계의 경우, 사료내 지방산 조성은 계란의

난황과 체조직의 지방산 함량에 많은 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Guenter et al., 1971; Sim et al., 1973; Huang et al., 1990). 특히 Sim et al.(1973)은 사료내 급여 지방에서 유래된 linoleic acid(C18:2 ω6, LA)수준이 증가할수록 난황과 체조직의 linoleic acid가 증가한다고 보고하였으나, 본 시험에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

6. 난황내 무기물 함량

각 처리구별 난황 내 무기물 함량을 Table 7에 나타내었다. Ca은 YM-90 처리구에서 가장 높았으며, YF-180 처리구가 가장 낮게 나타났다. P(인)은 YM-90 처리구에서 가장 높았으며, Fe-45 처리구가 가장 낮게 나타났다. Fe는 Fe-45 처리구가 가장 낮았으며, YM-180 처리구가 가장 높은 함량을 보였다.

7. 관능검사

본 시험의 관능 검사에 대한 결과는 Table 8에 나타내었다. 관능검사 결과 외형은 YF-45 처리구와 YF-180 처리구가 높았으며, YM-45 처리구가 가장 낮은 결과를 보여 처리구간의 유의적 차이를 보였다($P < 0.05$). 색은 YM-45 처리구가 높게 나타났으며, YM-90 처리구에서 가장 낮게 나타나 처리구간의 유의적 차이를 보였다($P < 0.05$). 다즙성은 YF-45 처리구가 가장 높았으며, FE-45 처리구가 가장 낮았으나, 처리구간의 유의적 차이는 보이지 않았다. 냄새(향)은 FE-180 처리구가 가장 높았으며, FE-45 처리구가 가장 낮은 수치를 보였으나 유의성은 없었다. 종합적인 기호도는 YF-45 처리구가 가장 우수하였으며, YM-90 처리구가 가장 낮았다($P < 0.05$).

Table 5. Effect of organic iron supplementation on Haugh unit, albumen index, eggshell color, blood spot, meat spot and yolk cholesterol of eggs

Item	FE (mg/kg)			YM (mg/kg)			YF (mg/kg)		
	45	90	180	45	90	180	45	90	180
Haugh unit	56.30	54.53	64.01	59.13	56.78	74.89	64.11	52.94	52.36
Albumen index	3.91	3.96	4.46	4.27	4.05	5.41	4.70	3.81	3.81
Eggshell color	35.13 ^{ab}	30.63 ^c	34.55 ^{abc}	30.80 ^{bc}	30.08 ^{abc}	39.10 ^a	31.11 ^{bc}	33.60 ^{abc}	34.70 ^{abc}
Blood spot	0.00 ^b	0.13 ^{ab}	0.18 ^a	0.07 ^{ab}	0.00 ^b	0.00 ^b	0.06 ^{ab}	0.00 ^b	0.00 ^b
Meat spot	0.20	0.31	0.27	0.33	0.38	0.40	0.39	0.50	0.57
Cholesterol (mg/g)	13.82 ^a	12.84 ^{ab}	12.95 ^{ab}	13.39 ^{ab}	12.65 ^{ab}	13.22 ^{ab}	12.57 ^b	12.79 ^{ab}	12.60 ^{ab}

^{a-c} Means with different superscripts in the same row are significantly different ($P < 0.05$).

Table 6. Effect of organic iron supplementation on egg yolk fatty acid composition of the egg-yolk in the experiment (%)

Fatty acid	FE (mg/kg)			YM (mg/kg)			YF (mg/kg)		
	45	90	180	45	90	180	45	90	180
14:0	0.41 ^b	0.39 ^b	2.38 ^{ab}	0.42 ^b	2.97 ^a	0.71 ^{ab}	0.39 ^b	0.34 ^b	1.18 ^{ab}
16:0	27.68	27.42	24.69	29.27	21.08	27.24	27.99	27.52	22.42
16:1 (ω7)	3.72	3.03	2.94	2.30	6.13	2.68	3.28	2.46	9.50
18:0	7.93	8.50	5.57	8.38	6.60	7.93	7.81	8.27	6.40
18:1 (ω9)	41.28	41.31	36.52	44.19	30.07	39.87	43.98	41.71	33.29
18:1 (ω7)	2.46	2.63	9.46	0.00	10.48	3.87	1.72	1.97	7.47
18:2 (ω6)	13.14	14.62	11.93	9.83	17.93	14.28	12.68	15.35	11.56
18:3 (ω6)	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
18:3 (ω3)	0.26	0.25	0.85	0.74	0.27	0.33	0.26	0.24	0.68
20:1 (ω9)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.40
20:5 (ω3)	2.09	1.85	4.88	1.61	4.47	2.93	1.59	1.59	5.21
22:4 (ω6)	0.00	0.00	0.00	3.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22:6 (ω3)	1.03	0.00	0.30	0.16	0.00	0.00	0.31	0.47	1.88
SFA ¹	36.02	36.31	32.65	38.06	36.13	35.87	36.19	30.65	30.00
USFA ²	63.98	63.69	67.35	31.94	63.87	64.13	63.81	69.35	70.00
USFA/SFA	1.78	1.75	2.06	1.63	1.77	1.79	1.76	2.26	2.33

^{ab} Means with different superscripts in the same row are significantly different ($P < 0.05$).

¹ Saturated fatty acids, ² Unsaturated fatty acids.

Table 7. Effect of organic iron supplementation on egg-yolk mineral composition (mg/kg)

Items	FE (mg/kg)			YM (mg/kg)			YF (mg/kg)		
	45	90	180	45	90	180	45	90	180
Ca	688.38	867.11	921.73	732.14	926.41	912.38	781.52	709.52	654.74
P	2,232.87	2,489.54	2,611.74	2,401.47	3,206.09	3,408.91	2,663.60	2,663.17	2,278.22
K	796.24	866.34	1,132.24	963.86	1,242.27	1,528.23	1,147.80	605.43	907.17
Na	1,625.14	1,672.34	1,762.21	1,739.34	1,705.43	1,744.75	1,623.40	1,632.72	1,776.92
Mg	157.70	170.00	171.54	163.48	162.40	175.46	149.65	154.63	145.80
Fe	55.17	55.41	62.72	64.75	67.36	70.34	60.76	65.65	69.17
Mn	0.93	0.88	1.02	0.88	0.87	1.08	1.00	1.02	0.64
Zn	12.39	14.76	18.13	13.55	17.85	19.70	14.85	9.86	11.27
Cu	2.27	1.72	2.68	4.75	2.71	2.42	2.39	1.29	1.38

Table 8. Effect of organic iron supplementation on sensory evaluation of egg

Items	FE (mg/kg)			YM (mg/kg)			YF (mg/kg)		
	45	90	180	45	90	180	45	90	180
Appearance	3.03 ^{bc}	3.67 ^{abc}	3.23 ^{ab}	3.53 ^a	2.87 ^c	3.10 ^{abc}	3.37 ^{abc}	3.33 ^{abc}	3.37 ^{abc}
Color	3.23 ^{ab}	3.13 ^b	3.33 ^{ab}	3.63 ^a	2.97 ^b	3.00 ^b	3.06 ^b	3.30 ^b	3.20 ^b
Juceciness	2.96	3.03	3.06	3.23	3.03	3.17	3.50	3.07	3.47
Texture	3.40 ^{abc}	3.53 ^{abc}	2.97 ^{abc}	3.23 ^{abc}	2.97 ^{bc}	2.97 ^c	3.46 ^a	3.06 ^{abc}	3.23 ^{abc}
Flavor	2.83	3.43	4.03	3.30	3.00	2.96	3.00	3.20	3.30
Overall acceptability	3.46 ^{abc}	3.30 ^{abc}	3.73 ^a	3.63 ^{ab}	2.93 ^c	3.26 ^c	3.76 ^{bc}	3.36 ^{bc}	3.36 ^{abc}

^{ac} Means with different superscripts in the same row are significantly different (P < 0.05).

적 요

본 연구의 목적은 철 강화제가 첨가된 사료를 산란계에 적용하여 생산성 및 계란의 화학적 조성에 미치는 영향을 평가하고자 실시하였다. 사양시험은 30주령 갈색 테트라 산란계 198수를 공시하였으며, 시험사료는 NRC(1994)의 산란계 영양소 요구량에 맞추어 기초사료를 배합하고, 황산 제 1철(FeSO₄ · 7H₂O: FE)을 사용하여 사양표준 권장량인 Fe 45 mg/kg을 첨가한 대조구 (FE-45), Fe 90 mg/kg 첨가한 처리구 ② (FE-90), Fe 180 mg/kg 첨가한 처리구 ③ (FE-180), *Saccharomyces cerevisiae* R100 (yeast mutant ; YM, 철 함량 200 mg/kg)을 대조구의 철 함량 기준으로 45 mg/kg 첨가한 처리구 ④ (YM-45), 90 mg/kg 첨가한 처리구 ⑤ (YM-90), 180 mg/kg 첨가한 처리구 ⑥ (YM-180), *Saccharomyces cerevisiae* 2805-a7 TYFHLA-1 (ferritin containing yeast ; YF, 철 함량 500 mg/kg)을 대조구의 철 함량 기준으로 45 mg/kg 첨가한 처리구 ⑦ (YF-45), 90 mg/kg 첨가한 처리구 ⑧ (YF-90) 및 180 mg/kg 첨가한 처리구 ⑨ (YF-180)로 한 총 9처리구 4반씩, 반복당 6수씩 임의배치하여 7주간 사양시험을 수행하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 산란율은 YF-180 처리구가 가장 높았으며, 대조구(FE-45)가 가장 낮게 나타나 처리구간의 유의차를 보였다 (P < 0.05). 난중과 산란량은 YF-180 처리구에서 FE-90 처리구 및 대조구(FE-45)와 비교하여 유의적으로 높게 평가되었다 (P < 0.05). 사료요구율은 YM-90 처리구가 가장 높았고, YF-45 처리구가 가장 낮았으며, 처리구간에도 유의차를 보였다 (P < 0.05). 난각두께는 YF-180 처리구가 가장 두꺼웠으며, FE 90 처리구에서 가장 얇게 나타나 처리구간의 유의차를 보였다(P < 0.05). 난각 강

도는 YM-45 처리구가 가장 강했으며, YM-45 처리구가 가장 약해서 처리구간의 유의차를 보였다(P < 0.05). 난황 cholesterol은 대조구(FE-45)가 가장 높았으며, YF-45 처리구가 가장 낮게 나타나 처리구간의 유의적 차이를 보였다(P < 0.05). 결론적으로, 유기철을 산란계용 사료에 첨가하였을 경우, 산란계의 생산성을 향상시키며, 계란의 화학적 조성을 개선시키는 것으로 사료된다.

(색인: 철, 효모, 산란율, 난각두께, 산란계)

인용문헌

Bezkorovainy A 1989 Biochemistry of nonheme iron in man. Clin Physiol Biochem 7:53-69.

Bothwell TH, Charlton RW, Cook JD, Finch CA 1979 Iron metabolism in man. Blackwell Scientific Publications, London 105-155.

Finch CA, Hueber HA 1986 Iron metabolism. Clin Physiol Biochem 4:5-10.

Fritz JC, Pla GW, Roberts T, Boehme JW, Hove EL 1970 Biological availability in animals of iron from common dietary sources. J Agr Food Chem 18:647-651.

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

Gerendia DT, Gippert HIF, Ferucue H 1992 Addition of yea-sacc to diets new hampshire patent stock biotechnology in the feed industry. Proc Alltechs 8Th Annual Symp Alltech Publ, Ky 46.

- Guenter W, Bragg DB, Kondra PA 1987 Effect of dietary linoleic acid on composition of egg yolk, liver and adipose tissue. *Poultry Sci* 55:845.
- Hallberg L 1981 Bioavailability of dietary iron in man. *Ann Rev Nutr* 1:123.
- Hallberg L, Rossander L 1984 Improvement of iron nutrition in developing countries. Iron absorption from Latinamerican meals. *Am J Clin Nutr* 39:577-583.
- Huang ZB, Leibovitz H, Lee CM, Miller R 1990 Effect of dietary fish oil on ω 3 fatty acid levels in chicken eggs and thigh flesh. *J Agric Food Chem* 38:783.
- Hughes J 1987 Yeast culture applications in calf and dairy diets. In: Lyons, YP.(ed). *Biotechnology in the Feed Industry*. Alltech Publ Ky 143.
- Kye SH, Paik HY 1993 Iron nutrition and related dietary factors in apparently healthy young Korean women (2). Analysis of iron in major food items and availability of dietary iron. *Korean J Nutr* 26(6):703-714.
- Lynch SR, Beard JL, Dassenko A, Cook JD 1984 Iron absorption from legumes in humans. *Am J Clin Nutr* 40: 42-47.
- Lim DVM 1992 Effect of diet quality and Yea-Sacc1026 on performance of commercial layers. *Biotechnology in the Feed Industry*. Alltech Publ Ky 412.
- Monsen ER 1988 Iron nutrition and absorption : Dietary factors which impact iron bioavailability. *J Am Diet Assoc* 88:789-790.
- NRC 1994 Nutrient requirements of poultry. National Academy Press. Washington DC.
- Nam HS, Ly SY 1992 A survey on iron intake and nutritional status of female college students of Chungnam National University. *Korean J Nutr* 25(5):404-412.
- Peppler HJ 1982 Yeast extracts. In: Rose AH ed. *Fermented Foods*. Academic Press, London 293.
- SAS. 1995 SAS User's Guide Statistics. Statisticcal Analysis System. Inst.
- Sim JS, Bagg DB, Hodgson GD 1973 Effect of dietary on animal tallow and vegetable oil on fatty acid composition of egg yolk, adipose tissue and liver in laying hens. *Poultry Sci* 52:51.
- Stone H, Sidel J, Oliver S, Woolsey A, Singleton RC 1974 Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technol* 28:24-29.
- Sung CJ 1997 A study on the dietary fiber intake and iron metabolism in Korean female college students. *Korean J Nutr* 30(2):147-157.
- 곽해수 1992 관능검사와 유제품. *한국유가공연구회지* 10(1): 1-16.
- 김윤지 1999 철분강화 우유의 생이용성 평가. *한국식품영양 과학회지* 28(3):705-709.
- 백인기 1991 생균제의 첨가가 가축의 생산성에 미치는 영향. *사료가공단기과정* 84.
- 유종석 백인기 1990 활성효모 첨가가 산란계의 생산성에 미치는 영향. *한국가금학회지* 17(3):179-197.
- 채범석 강은주 이해숙 한정호 1981 한국인 빈혈 빈도에 관한 연구. *한국영양학회지* 14(4):182-189.