

Ferritin 유전자 전이 효모 (*Saccharomyces cerevisiae*)의 급여가 닭의 생산성, 장기 및 계란의 철분함량에 미치는 영향

류명선 · 박재홍 · 김대혁¹ · 류경선²

전북대학교 동물자원학과, ¹전북대학교 유전공학연구소, ²농업과학기술연구소

Effects of Feeding Ferritin Gene Transferred Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on Performance, Iron Concentration in Organs and Egg of Chickens

M. S. Ryu, J. H. Park, D. H. Kim¹ and K. S. Ryu²

Department of Animal Resources and Biotechnology, ¹Institute of Molecular Biology and Genetics,

²Institute of Agricultural Science and Technology, Chonbuk National University, Chonju Korea 561-756

ABSTRACT : Three experiments were conducted to investigate the effect of feeding yeast accumulated transgenic ferritin(FRT, *Saccharomyces cerevisiae*) as a probiotic on the performance, iron contents in the liver, spleen, bone and yolk of laying hens and broiler chicks. Effects of feeding FRT were compared with that of feeding wild-type yeast (W0) and yeast grown on 20 mM ferric citrate-added medium (W20). In Expt 1, to investigate the effect of feeding yeast (control, W0, FRT) on performance and iron content of organs of broiler chicks which were fed basal diet supplemented with 75mg/kg iron (Fe75) or not (Fe0), three hundred sixty one-day-old male broiler chicks were fed a corn-soy based diet for five weeks. Weight gain, feed intake and feed conversion were measured weekly. In Expt 2, fifteen 33-week-old ISA Brown laying hens were placed in individual cages and were fed control, W0 and FRT diets for four weeks. In Expt 3, twenty four 45-week-old ISA Brown laying hens were placed in individual cages and were fed a basal diet for a week. Then, experimental diets (control, W0, W20, FRT) were fed for three weeks. Iron contents in the liver, heart, spleen and tibia were determined at the end of all experiments. Iron content in yolk was measured weekly (Expt 2, 3). The level of yeast added and iron concentration of FRT were 1×10^8 cfu/kg diet and 500 mg/kg cell (DM) respectively in Expt 1 and 2. In Expt 3, yeast was supplemented at 2×10^{10} cfu/kg diet and the iron content of FRT was 1000 mg/kg cell (DM). In Expt 1, birds fed Fe75 showed significantly higher weight gain compared with Fe0 ($P < 0.05$). However, weight gain and feed intake of birds fed FRT was significantly lower than control ($P < 0.05$). In Expt 2, the iron content of the liver was decreased in the FRT treatment ($P < 0.05$). In Expt 3, iron concentration of the liver and spleen tended to be increased by feeding FRT. However, the iron content of the tibia tended to be decreased in the FRT treatment. These results suggest that feeding FRT as a probiotic cannot improve performance and iron content in organs of broiler chicks and laying hens.

Key words : *Saccharomyces cerevisiae*, ferritin, iron, performance, broiler chicks, laying hens)

서론

닭에서 철의 요구량은 육계와 산란계가 각각 80mg/kg, 50mg/kg이며 (NRC, 1994) 대부분의 곡류사료에 존재하는 phytate가 철의 흡수를 저해하므로 그 이용성이 낮다 (Erdman, 1979). 따라서 닭의 성장과 유지에 필요한 대부분의 철분은 석회석과 인산칼슘, 황산제1철과 같은 무기물 사

료에 의해 공급된다. 섭취된 철분은 위에서 용해되어 십이지장과 회장을 통해 흡수되어지며 1차적으로 장세포에 저장된다. 장세포에 저장된 철은 체내 철분 요구에 따라 이동되며 주로 hemoglobin 합성을 위해 쓰인다. 혈액을 구성하였던 철은 혈구의 수명이 다하면 분해되어 비장과 간 조직에 ferritin, hemosiderin과 같은 저장단백질로 저장되어진다. 이러한 단백질은 저산화성 고능력 저장 단백질로 체내의 철분

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

요구에 따라 쉽게 유리되는 특성이 있다 (Davis 등, 1968).

철분 공급제의 이용성은 주로 황산제 1철을 기준으로 철분의 공급수준에 따른 hemoglobin의 농도변화를 상대치로 나타낸다 (Henry와 Miller, 1995). Bhattacharya와 Esh (1964)는 단백질 소화과정에서 발생한 peptide나 아미노산이 철의 수송에 이용되며 단백질이 결핍되면 철의 흡수량이 감소된다고 하였다. 그러므로 단백질은 철의 소화 흡수에 관여하며 무기태 철보다는 유기태 철의 생체 이용성을 증대하는 것으로 사료된다. 높은 것으로 여겨진다. 실제로 Kegley 등 (2002)은 3일령 자돈을 이용한 실험에서 Fe methionine의 생체 이용성은 hemoglobin의 농도를 기준으로 할 때 황산제 1철의 180%라고 보고한 바 있다. Ferritin은 24개 subunit로 구성된 단백질로서 철 4500원자까지 결합할 수 있으며 Fe(II)를 Fe(III)로 전환할 수 있는 효소적 기능을 가지고 있다 (Harrison과 Arosio, 1996). Shin 등 (2000)은 이러한 우수한 영양적 특성을 가진 ferritin을 철분공급제로 이용하기 위하여 효모에 ferritin 유전자를 이식하였으며 일반효모에 비하여 매우 높은 수준의 철분을 축적하였다.

일반적으로 육계 사육시 생균체로서 효모균이 종종 급여되고 있는데, 효모의 급여는 생산능력을 개선하며 (박재홍 등, 2003) 장내 유해균의 성장을 억제하고 (Line 등, 1998; 이현우 등, 1997), aflatoxin에 오염된 사료의 해를 경감시키는 효과 (Stanley 등, 1993)가 있는 것으로 보고되었다.

따라서 본 연구에서는 ferritin 유전자를 이식한 효모를 생균체로서 급여하였을 때 육계와 산란계에 철분 공급의 효과가 있는지를 구명하기 위하여 생산성과 장기 또는 계란의 철분함량을 조사하였다.

재료 및 방법

실험에 사용한 ferritin 유전자 주입 효모 (*Saccharomyces cerevisiae* : FRT)는 구연산철 (ferric citrate) 20mM을 첨가한 액체배지에서 배양한 후 원심분리하여 얻은 세포를 이용하였다. FRT의 철분함량은 건물기준 500mg/kg이었으며 ferritin 유전자를 주입하지 않은 일반 효모의 철분함량은 보통 배지에 배양(W0)하였을 때 6.3mg/kg, 구연산철이 첨가된 배지에 배양(W20)하였을 때 210mg/kg이었다. FRT의 급여효과는 무첨가구와 W0, W20의 급여시와 비교하였으며 이들 효모의 첨가량은 사료에 1×10^8 cfu/kg이 되도록 하였다. 사료에 첨가한 효모는 미량이므로 옥수수수에 예비배합하여 효모가 사료 내에 고루 분산되도록 하였다. W0와 W20, FRT의 첨가에 따

른 사료의 철분함량 변화는 계산상 0.03mg/kg 미만이었다.

1. 실험 1

철분을 사료에 첨가했을 때(75mg/kg) 또는 첨가하지 않았을 때, 효모 (무첨가, W0, FRT)의 급여가 육계의 생산성과 장기의 철분함량에 미치는 영향을 구명하기 위하여 1일령 코브 육계 수컷 420수를 이용하여 5주간 사양실험을 실시하였다. 철분첨가는 황산제 1철 ($\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, feed grade)을 이용하였으며 사용한 기초사료는 Table 1과 같다. 5주간 증체량과 사료섭취량, 사료요구율을 조사하였으며 3주령과 5주령에 처리구별로 5수씩을 도살하여 hematocrit, 심장무게, 비장무게를 측정하였다. 또한 간과 경골의 철분함량을 측정하였다.

2. 실험 2

효모 (무첨가구, W0, FRT)의 급여가 산란계의 장기 및 계란의 철분함량에 미치는 영향을 구명하기 위하여 4주간 사양실험을 실시하였다. 33주령 ISA Brown 산란계 15수를 3처리구 (무첨가구, W0, FRT)로 나누어 케이지에 개체 수용하고 4주간 시험사료를 급여하였다 (Table 1). 일반적으로 칼슘과 인 공급제로 사용되는 석회석과 인산칼슘은 철분함량이 높고 산란계 사료내에 다량 첨가되기 때문에 본 실험에서는 사료내 철분함량을 낮출 목적으로 시약등급의 탄산칼슘 (CaCO_3)과 인산칼리 (KH_2PO_4)를 사용하였다. 1주일 간격으로 계란을 수거하여 난황내 철분함량을 측정하였으며 시험종류시 간, 비장, 경골의 철분함량을 측정하였다.

3. 실험 3

45주령 ISA Brown 산란계 24수를 산란케이지에 개체수용하여 실험 2와 동일한 기초사료를 1주간 급여한 뒤 4처리구 (무첨가구, W0, W20, FRT)로 나누어 3주간 시험사료를 급여하였다. 본 실험에서는 철분함량이 1000mg/kg으로 개량된 FRT를 이용하였으며 효모에 의한 철분의 공급량을 증가시키기 위하여 효모 첨가량을 2×10^{10} cfu/kg이 되도록 하였다. 효모의 첨가에 따른 사료내 철분 공급량은 각각 0, 0.02, 1.0, 5.4mg/kg이었다. 1주일 간격으로 계란을 수거하여 난황내 철분함량을 측정하였으며 시험종류시 심장과 비장 무게, 간과 비장, 경골의 철분함량을 측정하였다.

4. 철분함량 분석

실험에 사용한 기초사료와 얻어진 시료는 AOAC (1994)

Table 1. Composition of experimental diet

Ingredients	Expt. 1		Expt. 2, 3
	Starter	Finisher	Layer
	----- % -----		
Corn	61.283	65.858	54.365
Soybean meal	25.045	24.865	17.672
Soybean oil	2.000	2.000	3.000
Corn gluten meal	8.098	4.224	3.832
Rapeseed meal	-	-	1.000
Common salt	0.400	0.360	0.390
Limestone	0.902	1.097	-
Tricalcium phosphate	1.769	1.232	-
CaCO ₃ ¹	-	-	9.014
KH ₂ PO ₄ ¹	-	-	1.316
DL-Methionine (98%)	0.116	0.045	0.140
L-Lysine (50%)	0.186	0.118	-
Vitamin premix ²	0.100	0.100	0.100
Mineral premix ³	0.100	0.100	0.100
Total	100.000	100.000	100.000
Calculated chemical composition			
ME (kcal/kg)	3,100	3,100	2,800
CP (%)	21.5	19.3	16.0
Methionine (%)	0.5	0.38	0.33
Lysine (%)	1.1	1.00	0.76
Ca (%)	1.0	0.90	3.70
Available P (%)	0.45	0.35	0.41
Sodium (%)	0.173	0.158	0.17
Iron (mg/kg) ⁴	104.195	102.739	71.923

¹ Reagent grade

² Provided per kg diet: vit. A, 5,500 IU; vit. D₃, 1,100 IU; vit. E, 11 IU; vit. B₁₂ 0.0066 mg; riboflavin, 4.4 mg; niacin, 44 mg; pantothenic acid, 11 mg(Ca-pantothenate, 11.96 mg); choline, 190.96 mg(choline chloride 220 mg); menadione, 1.1 mg(menadione sodium bisulfite complex, 3.33 mg); folic acid, 0.55 mg; pyridoxine, 2.2 mg(pyridoxine hydrochloride, 2.67 mg); biotin, 0.11 mg; thiamin, 2.2 mg(thiamine mononitrate, 2.40 mg); ethoxyquin, 125 mg.

³ Provided the mg per kg diet: Cu, 30; Zn, 60; Mn, 90; Co, 0.25; I, 1.2; Se, 0.3.

⁴ Analyzed value.

의 방법에 따라 회화 (550℃, 4시간)시킨 후 염산 10ml에 용해하였다. 용해된 시료에 lanthanum oxide 용액을 가하고

lanthanum oxide의 최종 농도가 1%가 되도록 증류수로 희석하여 atomic absorption spectrophotometer (AAS 208, Hitachi, Inc., Ibaraki, Japan)로 철분함량을 측정하였다.

5. 통계분석

실험결과 얻어진 자료는 SAS 통계처리 프로그램 (SAS Institute, 1996)을 이용하여 5% 유의수준에서 분산분석을 실시하였으며 처리간 유의성 검정은 Duncan's 다중검정을 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 실험 1

철분과 효모의 급여에 대한 육계의 생산성 변화는 Table 2와 같다. 증체량은 철분을 급여하지 않았을 때보다 (Fe0) 급여하였을 때 (Fe75) 현저히 증가하였다. 사료요구율은 통계적 유의성은 없었으나 철분을 급여하였을 때 개선되는 경향을 보였다. 효모의 급여는 무침가구 (CTR)에 비해 증체량에 있어서 차이를 보이지 못하거나 (W0) 오히려 현저히 감소하였다 (FRT). 또한 FRT의 급여는 CTR과 W0에 비해 사료섭취량이 현저히 감소하였다.

철분과 효모의 급여가 육계의 심장과 비장 무게, hematocrit에 미치는 영향은 Table 3과 같다. 철분의 급여에 의해 심장과 비장의 무게가 감소하는 경향을 보였으나 통계적 차이는 나타나지 않았다. Hematocrit은 차이를 보이지 않았으며 효모 급여에 대해서도 모두 뚜렷한 경향을 보이지 못하였다.

간과 경골의 철분함량에 대한 결과는 Table 4와 같다. 간의 철분함량은 철분의 급여에 의해 차이를 보이지 않았으나 FRT의 급여에 의해 감소하는 경향을 나타냈다. 경골에서의 철분함량은 Fe75 급여구에서 증가하는 경향을 보였으나 FRT의 급여에 의해서는 차이를 보이지 않았으며 W0 급여구에서 감소하는 경향을 보였다.

본 연구에서 75mg/kg의 철분 공급은 증체량과 사료섭취량의 증가, 심장과 비장 무게의 감소를 나타냈다. Aoyagi와 Baker (1995)는 카제인-대두단백질 위주의 반 정제사료를 이용한 연구에서 철분의 공급수준에 따라 증체량, 사료섭취량이 증가하였다고 하였는데 본 연구에서도 유사한 결과를 나타내었으며 기초사료만으로는 육계의 성장에 필요한 철분의 공급이 부족하였음을 나타낸다. 그러나 이들 기초사료에 효모를 첨가 급여하는 것은 장기의 무게와 철분함량에 아무런 영향을 주지 못하였으며 FRT의 급여는 오히려 증체량과

Table 2. Effects of feeding ferritin gene transferred yeast and supplementary Fe on growth performance of broiler chicks (Expt. 1)¹

Yeast	Fe		Weight gain			Feed intake			Feed conversion		
	0	75	Mean	0	75	Mean	0	75	Mean		
----- (g) -----											
CTR	1678	1736	1707 ^a	2823	2887	2855 ^a	1.682	1.663	1.672		
W0	1690	1703	1697 ^a	2829	2835	2832 ^a	1.673	1.665	1.669		
FRT	1607	1663	1635 ^b	2708	2773	2740 ^b	1.684	1.667	1.676		
Mean	1659 ^y	1701 ^x		2787	2831		1.680	1.665			
----- Probability -----											
Fe		0.0119			0.1996			0.1953			
Yeast		0.0020			0.0291			0.8779			
Fe×Yeast		0.4094			0.7242			0.9168			

¹ 0:non iron added group, 75:75mg/kg iron supplemented by ferric sulfate, CTR:Control, W0:Wild type *S. cerevisiae* cultured in common medium, FRT:Ferritin gene transferred *S. cerevisiae* cultured in 20mM ferric sulfate fortified medium.

^{a-b} Means in the same column with different superscripts differ significantly (P<0.05).

^{x-y} Means in the same row with different superscripts differ significantly (P<0.05).

Table 3. Effects of feeding ferritin gene transferred yeast on organ weights of broiler chicks (Expt. 1)¹

Yeast	Fe		Heart						Spleen						Hematocrit					
			3 weeks			5 weeks			3 weeks			5 weeks			3 weeks			5 weeks		
	0	75	Mean	0	75	Mean	0	75	Mean	0	75	Mean	0	75	Mean	0	75	Mean		
----- (% of body weight) -----																				
CTR	1.07	0.90	0.98	0.73	0.66	0.69	0.76	0.80	0.78	3.48	2.96	3.22	31.20	31.80	31.50	33.00	33.60	33.30		
W0	0.93	0.84	0.88	0.68	0.66	0.67	0.94	0.80	0.87	3.14	3.12	3.13	29.40	29.60	29.50	35.20	34.00	34.60		
FRT	0.94	0.93	0.94	0.63	0.65	0.64	1.04	0.70	0.87	3.80	2.74	3.27	29.20	32.40	30.80	32.40	33.80	33.10		
Mean	0.98	0.89		0.68	0.65		0.91	0.77		3.47	2.94		29.93	31.27		33.53	33.80			
----- Probability -----																				
Fe																				
Yeast		0.1554		0.3376		0.0699		0.0636		0.1650		0.8178								
Fe×Yeas		0.4285		0.2103		0.5557		0.9149		0.2257		0.5188								
t		0.5513		0.3348		0.1553		0.3188		0.3755		0.6424								

¹ 0:non iron added group, 75:75mg/kg iron supplemented by ferric sulfate, CTR:Control, W0: Wild type *S. cerevisiae* cultured in common medium, FRT: Ferritin gene transferred *S. cerevisiae* cultured in 20mM ferric sulfate fortified medium.

사료섭취량을 현저히 감소시켰다. 이는 저단백 고섬유 사료에 *Saccharomyces cerevisiae*를 급여하여 증체량과 사료섭취량이 증가하였다는 보고와는 상반된다 (Onifade 등, 1999). W0와 비교해서 FRT의 급여가 증체량을 현저히 감소시킨 것은 ferritin의 발현과 관련된 것으로 보인다. 또한 장기의 무게와 철분함량에 영향을 미치지 못하였으므로 육계에 생균

제로서 FRT의 급여는 바람직하지 못한 것으로 사료된다.

2. 실험 2

효모의 급여가 산란계 장기와 난황의 철분함량에 미치는 영향은 Table 5와 같다. 간의 철분함량은 효모 (W0, FRT) 급여구에서 현저히 감소하였으며 비장과 경골에서도 유의적

인 차이는 없었지만 감소하는 경향을 나타냈다. 간과 비장, 경골은 체조직중 가장 철분함량이 높은 조직이며 비교적 체내 철분상태를 잘 반영하는 기관이기도 하다 (Morris, 1987). 따라서 *S. serevisiae*의 급여로 간의 철분함량이 감소한 것은

Table 4. Effects of feeding ferritin gene transferred yeast and supplementary Fe on iron content in liver and tibia of broiler chicks (Expt. 1)¹

Yeast	Liver			Tibia			
	Fe	0	75	Mean	0	75	Mean
		----- (mg/kg DM) -----			----- (mg/kg ash) -----		
CTR	357	315	336	483	556	519	
W0	345	305	325	455	362	409	
FRT	271	256	263	408	629	519	
Mean	324	292		449	516		
		----- Probability -----					
Fe		0.2313		0.5089			
Yeast		0.0690		0.5873			
Fe×Yeast		0.8903		0.4521			

¹ 0:non iron added group, 75:75mg/kg iron supplemented by ferric sulfate, CTR:Control, W0:Wild type *S. serevisiae* cultured in common medium, FRT:Ferritin gene transferred *S. serevisiae* cultured in 20mM ferric sulfate fortified medium.

Table 5. Effects of feeding ferritin gene transferred yeast on iron contents in liver, spleen, tibia and egg yolk of laying hens (Expt. 2)

Yeast ¹	Liver	Spleen	Tibia	Egg yolk				
				33wk	34wk	35wk	36wk	37wk
	(mg/kg DM)		(mg/kg Ash)	----- (mg/kg) -----				
CTR	415 ^a	1145	707	86	40	73	79	139
W0	260 ^b	942	667	97	45	72	88	96
FRT	296 ^b	740	605	89	47	56	101	110
SEM	24	80	30	4.0	2.3	6.4	4.6	10.3

¹ CTR:Control, W0:Wild type *S. serevisiae* cultured in common medium, FRT:Ferritin gene transferred *S. serevisiae* cultured in 20mM ferric sulfate fortified medium.

^{a-b} Means in the same column with different superscripts differ significantly (P<0.05).

*S. serevisiae*의 급여가 닭의 철분 흡수에 영향을 미쳤기 때문인 것으로 사료된다. 특히 FRT 급여구에서 철분함량이 낮게 나타난 것은 FRT의 급여가 철분흡수를 돕지 못하고 오히려 철분흡수를 저해하는 것으로 사료된다. 난황내 철분함량은 실험 개시후 감소하였으며 35주령부터 증가하기 시작하여 37주령에 대조구에서 가장 높게 나타났으며 효모 급여구에서 낮게 나타났다.

3. 실험 3

실험 2의 결과를 토대로 효모의 급여수준을 2×10¹⁰cfu/kg으로 높이고 FRT의 철분함량이 1000mg/kg인 균주를 급여하였을 때, 효모의 급여가 산란계의 심장과 비장 무게, 간과 비장, 경골의 철분함량에 미치는 영향은 Table 6과 같다. 간, 비장, 경골의 철분함량은 실험 2에 비하여 낮게 나타났는데 이는 1주간 철분함량이 낮은 기초사료를 급여한데다 연령이 증가할수록 철의 흡수가 감소하기 때문인 것으로 보인다 (Forbes와 Reina, 1972). 심장의 무게는 W20과 FRT 급여구에서 낮은 경향을 보였으며 간과 비장의 철분함량도 이들 처리구에서 높은 경향을 나타냈다. 이는 W20과 FRT에 의한 철분공급이 각각 1.0, 5.4mg/kg으로 실험 1과 2에 비해 400배 가량 높기 때문으로 보인다. 그러나 경골의 철분함량은 FRT 급여구에서 가장 낮게 나타났다. 경골은 조혈기관으로 철분 결핍시에도 최후까지 철분이 남아있는 기관이며 반대로 철분을 다시 공급했을 때에도 회복이 가장 늦은 기관이다 (Scott 등, 1982). 본 실험에서 FRT 급여구의 경골내 철분함

Table 6. Effects of feeding ferritin gene transferred yeast on organ ratio(%) to body weight and iron content in liver, spleen and tibia in laying hens (Expt. 3)

Yeast ¹	Organ (%)		Liver	Spleen	Tibia
	Heart	Spleen			
	(% of body weight)		---- (mg/kg DM)	----	(mg/kg ash)
CTR	0.562	0.097	246.45	432.17	384.48
W0	0.565	0.094	286.23	368.80	377.72
W20	0.468	0.079	297.23	500.75	378.83
FRT	0.498	0.094	389.98	509.55	321.48
SEM	0.023	0.004	24.91	34.51	13.24

¹ CTR:Control, W0:Wild type *S. serevisiae* cultured in common medium, W20:Wild type *S. serevisiae* cultured in 20mM ferric sulfate fortified medium, FRT:Ferritin gene transferred *S. serevisiae* cultured in 20mM ferric sulfate fortified medium.

량이 낮은 원인은 FRT에 의한 철분공급이 5.4mg/kg으로 미미한 수준이며 실험기간이 4주로 경골에 철이 축적되려면 그 기간이 짧기 때문으로 사료된다.

난황의 철분함량 변화는 Table 7과 같다. 46주령의 철분함량은 실험 2의 결과에 비하여 낮게 나타났는데 이는 7일간 철분함량이 낮은 기초사료를 급여하였기 때문으로 보인다. 시험기간동안 계속 감소하여 48주령에 가장 낮게 나타났으며 시험종료시인 49주령에는 약간 증가하였다. 효모의 급여에 따른 철분함량은 대조구인 무첨가구에서 현저히 높았으며 철분배지에서 배양한 W20과 FRT 급여구에서 현저히 낮게 나타났다. 이러한 결과는 Table 6의 간과 비장의 철분함량과는 상반되며 경골의 철분함량과는 유사한 결과를 나타낸다. Richards (1989)는 칠면조에서 산란 개시와 함께 간의 철분함량이 현저히 감소하고 혈중 vitellogenin이 현저히 증가한다고 하였다. Vitellogenin은 난황의 지단백질 전구체로서 간에서 합성되며 철분 수송 단백질인 phosvitin을 포함하고 있다 (Deeley 등, 1975). 본 실험에서 이들 단백질이 합성되는 간의 철분함량이 증가하였음에도 불구하고 난황의 철분함량이 감소한 것은 이들 단백질의 합성과 관련된 것으로 사료된다. 그러나 FRT의 급여가 이들 단백질에 영향을 미치는 지에 대해서는 추후 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

본 연구는 ferritin 유전자 전이 효모(FRT)를 생균제로 급여하였을 때 육계와 산란계의 생산성과 장기 및 계란의

철분함량에 미치는 영향을 구명하기 위하여 실시하였다. 결과에서 1×10^8 cfu/kg의 FRT 급여는 육계와 산란계에서 증체량과 간의 철분함량을 감소시켰으나 2×10^{10} cfu/kg의 FRT 급여는 간과 비장의 철분함량을 증가시키는 경향을 보였다. 따라서 FRT를 생균제로서 이용하는 것은 생산성 개선과 철분공급에 효과가 없었으므로 철분급여량을 따져 높은 수준의 급여에 의한 연구가 추후에 지속되어야 할 것으로 사료된다.

적 요

Ferritin 유전자 이식 효모 (FRT, *Saccharomyces cerevisiae*)를 생균제로 급여시에 육계와 산란계의 생산성과 장기 및 난황의 철분 함량에 미치는 영향을 구명하기 위하여 3회의 사양실험을 실시하였다. FRT의 급여효과는 일반 효모(W0)와 20mM의 구연산 철을 첨가한 배지에서 배양한 효모(W20)의 급여시와 비교하였다. 실험 1에서는 철분을 첨가급여구 (75mg/kg; Fe75), 무첨가구 (Fe0) 효모의 급여(무첨가, W0, FRT)가 육계의 생산성과 장기의 철분함량에 미치는 영향을 구명하기 위하여 1일령 육계 수컷 420수를 이용하여 5주간 사양실험을 실시하였다. 매주 증체량과 사료섭취량, 사료요구율을 측정하였다. 실험 2에서는 33주령 이사브라운 산란계 15수를 산란케이지에 개체수용하여 대조구와 W0, FRT 사료를 3주간 급여하였다. 실험 3은 45주령 이사브라운 산란계 24수를 산란케이지에 개체수용하여 1주간 기초사료를 급여한 뒤 시험사료(대조구, W0, W20, FRT)를 3주간 급여하였다. 모든 실험의 종료시 간과 심장, 비장, 경골의 철분함량을 측정하였으며 주간별로 난황의 철분함량을 측정하였다(Expt 2, 3). 실험 1과 2에서 효모의 급여량은 사료에 1×10^8 cfu/kg이었으며 철분함량은 세포 건물기준 500mg/kg이었다. 실험 3에서는 사료에 2×10^{10} cfu/kg을 첨가하였으며 철분함량은 1,000mg/kg이었다. 실험 1에서 Fe75의 급여는 Fe0에 비해 증체량이 현저히 증가하였다($P < 0.05$). 그러나 FRT의 급여는 증체량과 사료섭취량이 대조구에 비해 현저히 감소하였다($P < 0.05$). 실험 2에서 간의 철분함량은 FRT에서 현저히 감소하였다($P < 0.05$). 실험 3에서 FRT의 급여는 간과 비장의 철분함량을 증가시키는 경향을 보였으나 경골의 철분함량은 감소하는 경향을 보였다. 이상의 결과에서 FRT의 급여는 생균제로서 육계와 산란계의 생산성과 장기의 철분함량을 개선하지 못하였다.

(색인어 : *Saccharomyces cerevisiae*, 페리틴, 철, 생산성, 육계, 산란계)

Table 7. Effects of feeding ferritin gene transferred yeast on iron content in egg yolk in laying hens (Expt. 3)

Yeast ¹	Weeks			
	46	47	48	49
	----- (mg/kg) -----			
CTR	38.76	34.90	18.32	42.30 ^a
W0	32.50	30.98	20.52	34.90 ^{ab}
W20	31.65	28.53	17.50	26.18 ^c
FRT	37.38	27.27	19.48	29.88 ^{bc}
SEM	1.63	1.22	0.59	1.62

¹ CTR:Control, W0:Wild type *S. cerevisiae* cultured in common medium, W20:Wild type *S. cerevisiae* cultured in 20mM ferric sulfate fortified medium. FRT:Ferritin gene transferred *S. cerevisiae* cultured in 20mM ferric sulfate fortified medium.

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

인용문헌

- AOAC 1994 Official Methods of Analysis (16th Ed.). Association of official Analytical Chemists. Washinton DC.
- Aoyagi S, Baker DH 1995 Iron requirement of chicks fed a semipurified diet based on casein and soy protein concentrate. *Poult Sci* 74:412-415.
- Bhattacharya RK, Esh GC 1964 Metabolic relationship between dietary protein and iron. III. Influence of protein and its breakdown products on iron absorption in partially iron depleted rats. *Indian J Biochem* 1:142.
- Davis PN, Norris LC, Kratzer FH 1968 Iron bioavailability in calcium and phosphorus sources. *J Anim Sci* 67(Suppl. 1):253. (Abstr.)
- Deeley RG, Mullinix DP, Wetekam W, Kronenberg HM, Meyers M, Eldridge JD, Goldberger RF 1975 Vitellogenin synthesis in the avian liver. Vitellogenin is the precursor of the egg yolk phosphoproteins. *J Biol Chem* 250: 9060-9066.
- Erdman JW Jr 1979 Oilseed phytates: nutritional implications. *J Am Oil Chem Soc* 56:736-741.
- Forbes GB, Reina JC 1972 Effect of age on gastrointestinal absorption (Fe, Sr, Pb) in the rat. *J Nutr* 102:647-652.
- Harrison PM, Arosio P 1996 The ferritins: molecular properties, iron storage function and cellular regulation. *Biochim Biophys Acta* 1275:161-203.
- Henry PR, Miller ER 1995 Iron bioavailability. Pages 169-200 in: *Bioavailability of Nutrients for Animals: Amino Acids, Minerals, and Vitamins*. Ammerman CB, Baker DH and Lewis AJ, ed Academic Press San Diego CA.
- Kegley EB, Spears JW, Flowers WL, Schoenherr WD 2002 Iron methionine as a source of iron for the neonatal pig. *Nutrition Research* 22:1209-1217.
- Line JS, Bailey JS, Cox NA, Stem NJ, Tompkins T 1998 Effect of yeast supplemented feed on salmonella and campylobacter population in broilers. *Poult Sci* 77:405-410.
- Morris ER 1987 Iron. Pages 79-142 in: *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*. 5th ed Vol 1 Mertz W ed Academic Press Inc New York NY.
- National Research Council 1994 Nutrient requirements of poultry (9th Ed). National academy press Washington DC USA.
- Onifade AA, Odunsi AA, Babatunde GM, Olorede BR, Muma E 1999 Comparison of the supplemental effects of *Saccharomyces cerevisiae* and antibiotics in low-protein and high-fibre diets fed to broiler chickens. *Arch Tierernahr* 52:29-39.
- Richards MP 1989 Influence of egg production on zinc, copper and iron metabolism in the turkey hen (*Meleagris gallopavo*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* 93:811-817.
- SAS/STAT 1996 SAS user guide. release 6.12 edition, SAS Inst Inc Cary NC.
- Scott ML, Nesheim MC, Young RJ 1982 Essential inorganic elements. Pages 277-382 in : *Nutrition of the chicken*. 3rd ed WF Humphrey Press Inc Geneva New York.
- Shin YM, Kwon TH, Kim KS, Chae KS, Kim DH, Kim JH, Yang MS 2001 Enhanced iron uptake of *Saccharomyces cerevisiae* by heterologous expression of a tadpole ferritin gene. *Applied and Environmental Microbiology* 67:1280-1283.
- Stanley VG, Ojo R, Woldesenbet S, Hutchinson DH, Kubena LF 1993 The use of *Saccharomyces cerevisiae* to suppress the effects of aflatoxicosis in broiler chicks. *Poult Sci* 72:1867-72.
- 박재홍 류명선 김상호 나종삼 김종승 류경선 2003 효모배양 물의 첨가사료가 계사내 유해가스 발생 및 육계의 생산성에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 45(1):41-48.
- 이현우 김인호 김춘수 손중천 1997 효모의 급여가 육계의 성장 및 장내 대장균의 변화에 미치는 영향. *한국가금학회지* 24(2):67-72.