

사료 내 은행잎과 호박 첨가 급여가 육계의 성장, 소장 내 미생물 군총, 혈액 생화학 분석 및 체조직 내 항산화 작용에 미치는 영향

고영현¹ · 이성실² · 장인석^{1,†}

¹진주산업대학교 동물생명과학과, 동물생명산업센터, ²경상대학교 동물생명과학전공

Effects of Dietary Supplementation of Ginkgo Leaf and Pumpkin on the Growth Performance, Intestinal Microflora, Blood Biochemical Profile and Antioxidant Status in Broiler Chickens

Young-Hyun Ko¹, Seong-Sil Lee² and In-Surk Jang^{1,†}

¹Department of Animal Science and Biotechnology, Regional Animal Industry Center, Jinju National University, Jinju 660-758, Korea

²Department of Animal Bioscience, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

ABSTRACT The current study was performed to develop natural bio-active substances as additives for the production of high quality broiler chickens. A total of 120 male 3 day-old broiler chicks were randomly allocated to CON (control), GK2.5 (ginkgo leaf 2.5%), GK5.0 (ginkgo leaf 5.0%), PK2.5 (pumpkin 2.5%) and PK5.0 (pumpkin 5.0%) of five groups in cages (24 birds per group). All birds were fed corresponding diets from 3 to 35 d of age and determined growth performance and biological parameters including blood biochemical profiles, antioxidant status and intestinal microflora. During the entire feeding trial, GK5.0 and PK5.0 groups resulted in a significantly ($P<0.05$) higher FCR than GK2.5 and PK2.5 groups. Plasma triglyceride significantly ($P<0.05$) increased in GK5.0 group compared with the other groups, and the level of alanine transaminase (ALT) increased ($P<0.05$) in GK5.0 and PK5.0 groups compared with that in PK2.5 group. Dietary addition of ginkgo leaf and pumpkin significantly ($P<0.05$) increased superoxide dismutase (SOD) and glutathione peroxidase (GSH-Px) in the small intestine. Also, the addition of 2.5% ginkgo leaf significantly ($P<0.05$) increased the activities of SOD, GSH-Px and glutathione-S-transferase (GST) in the liver. Furthermore, muscle GST activity significantly ($P<0.05$) enhanced by dietary addition of ginkgo leaf and pumpkin. However, the level of lipid peroxidation (MDA) in the small intestine and muscle turned to be higher ($P<0.05$) in PK5.0 group. The colony forming units (CFU) of *E. coli* in intestinal digesta significantly ($P<0.05$) decreased in both ginkgo leaf and pumpkin supplemented groups compared with CON group. In conclusion, dietary addition of 2.5% ginkgo leaf and pumpkin as dietary sources can be applicable for the production of high quality broiler chickens.

(Key words : ginkgo leaf, pumpkin, growth performance, antioxidant status, broiler)

서 론

최근 건강에 대한 국민의 의식 수준이 증가됨에 따라 안전하고 품질이 우수한 친환경 축산물에 대한 관심이 높다. 과거에는 축산물의 생산성을 향상시키기 위해서 항생제와 각종 성장 촉진제가 개발되어 왔으나, 축산물에 잔류하는 내성 문제 등(Lee et al., 2001)에 따른 시대적 요구로 현재는 위장관의 유해 세균을 억제하고, 면역 증강 등과 같은 체내 항상성 증가 목적으로 다양한 사료 첨가제의 개발이 이루어지고 있다.

사료 첨가제 중 천연물에서 분리한 유기산, flavonoids, β -carotene 등의 다양한 생리활성물질은 가축의 체내 면역 증강 및 항상성 유지로 질병의 예방에 효과가 있다(이창용, 2003). 특히 천연식물에는 다양한 식물성 생리활성물질이 존재하는데, 그중에 가장 많이 존재하고 있는 것은 flavonoid 계통이다(Barvo, 1998).

본 시험에서 사용한 은행잎(*Ginkgo biloba*)의 주요 성분은 flavonoid와 방향족인 oxycarboxin acid로서 주로 체내 활성 산소를 제거하여 세포막 보호, 혈관 질환 개선, 혈액 순환 개선, 혈압 강하 작용 등과 같은 각종 생리활성작용을 하

[†] To whom correspondence should be addressed : isjang@jinju.ac.kr

는 것으로 알려져 있다(Feng et al., 2009). 은행잎은 다른 식물에 비해 다양한 종류의 flavonoid와 많은 양이 존재하고 있는 것으로 알려져 이에 대한 관심이 높다. 또한 은행잎에 존재하는 bilobetin은 virus genome을 불활성화 시켜 항암 및 항바이러스제로 사용할 수 있는 것으로 보고되었다(Matsumoto and Tokuda, 1990; Kang et al., 1992). Feng et al.(2009)은 은행 추출물을 발암 마우스에게 급여 시 항암 작용이 관찰되었는데, 이러한 결과는 체 조직내 GST, SOD, catalase 등과 같은 항산화 효소의 증가와 밀접한 관련이 있다고 보고하였다. 호박(*Cucurbita* spp.)은 박과에 속하는 일년생의 덩굴성 식물로서 약용으로도 널리 이용되어 왔다. 호박의 전체 84%를 차지하는 과육에는 fructose, glucose, sucrose, serine, aspartic acid 및 carotenoid이며, 주요 작용은 위 보호, 항산화 기능, 활성 산소 제거, 간 기능 개선 및 부종 제거 효과가 있다(Wills et al., 1987; Hendry and Houghton, 1992; Park et al., 1997). 호박의 주 성분인 β -carotene 및 carotenoid는 체내에 유해 산소기의 발생을 억제하는 항산화 작용이 있음이 널리 알려져 있으며(Veda et al., 2008), 호박 추출물에는 DPPH radical scavenging과 superoxide dismutase와 유사한 활성도가 높다(Nara et al., 2009). 이와 같은 항산화 작용은 인체에서 암의 예방에 탁월한 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Majima et al., 1998).

국내에서는 육계의 사료 첨가제로서 급여한 천연식물류는 양파, 마늘, 금은화, 시호 및 당귀 부산물 등은 사양 개선 효과가 있는 것으로 연구 보고가 있으나(조성구, 1992; 박상일과 조성구, 1995; 류경선과 송근섭, 1999; 김순기와 김미경, 2004; 신성희와 김미경, 2004), 아직까지 은행잎과 호박을 육계의 생리활성 사료 첨가제로서 연구가 매우 드물다.

따라서 본 연구는 은행잎과 호박을 천연 항산화 사료 첨가제로서 급여하였을 때, 육계의 생산성, 혈액 생화학 성분, 장내미생물 군총 변화 및 체 조직 내에 항산화 방어 기전에 미치는 영향을 조사하여 천연 식물을 이용한 친환경 안전 축산물 생산의 기초 자료를 제시하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험 동물 및 시험 설계

시험 동물은 육계 수컷 1일령 브로일러 Ross종 120수로서 2일간의 적응 기간을 거쳐 3일령(개시체중: 40.36 ± 0.17 g)에 본 시험에 공시하였다. 시험 설계로서 은행잎과 호박을 수준별로 첨가하여 총 5 처리구로 나누었으며, 각 처리구당 8만

복, 반복당 3수(처리구당 24수)를 배치하였다. 대조구(Con: control)에는 상업용 육계 사료를 사용하였으며, 대조구 사료에 첨가된 은행잎은 각각 2.5%(GK2.5: ginkgo leaf 2.5%)와 5%(GK5.0: ginkgo leaf 5.0%) 수준이며 호박 역시 2.5%(PK2.5: pumpkin 2.5%)와 5%(PK5.0: pumpkin 5.0%) 수준으로 첨가하였다.

2. 사료 준비 및 사양 관리

시험에 사용한 은행잎(지역인근 채취)과 호박(늙은 호박, 시중구입)은 완전히 건조 후 균질한 혼합을 위해 분쇄기(Perten 3600, Sweden; 20mesh)로서 분쇄하여 각각 실험 설계 비율로 첨가하였다. 본 실험 사료는 옥수수, 밀, 대두박 등을 위주로 배합하고, 대사에너지, 조단백질 및 기타 영양소 수준은 한국사양표준(2002)에 근거하여 육계전 후기 사료를 제조하였다. 시험 사료는 매일 일정량 무게를 측정하여 공시 동물이 충분히 먹을 수 있도록 약 120%로 급여하고 물은 자유 급여하였다. 시험에 사용된 호박과 은행잎의 일반 조성은 Table 1과 같고, 시험 사료의 화학적 성분 조성은 Table 2와 같다. 사양 관리는 본 대학교 부속 계사에서 35일 동안 자유 급수 및 먹이통이 설치된 케이지 사육을 실시하였다. 점등은 전 사양 기간 동안 24시간 종일 전등을 실시하였고, 계사 온도는 일령별로 32 °C에서 22 °C까지 사육실 온도 관리 프로그램에 따라 조절하였다.

3. 시료 채취 및 보관

분석용 시료를 채취하기 위하여 시험 종료 35일령 후, 각 시험구 당 8수씩을 선정하여 시료 채취에 사용하였다. 도살 전에 체중 측정 후, 경정맥을 통하여 채혈을 실시하고 다시 혈장을 분리하여 액체 질소에 급속 냉동 후 -70 °C에서 보관하였다.

간은 일정한 부위로부터 약 40 g을 채취하였고, 근육은 뒷다리부분에서 약 30 g 정도 채취하여 액체질소에 냉동 후, -70 °C에서 보관하여 사용하였다. 소장의 길이는 수직과 수평으로 썬 후 평균값을 취하였으며, 전체 소장 길이의 약 55%는 전반부(proximal intestine), 나머지 45%는 후반부(distal intestine)로 임의로 나누었다. 획득한 소장은 장간막을 길이로 절개한 다음 생리 식염수로 3회 연속 세척하여 소화물을 제거하였다. 소장 점막세포는 glass slide을 이용하여 완전히 분리한 후, 지방과 내용물을 제거한 다음 무게를 측정하고 -70 °C에 냉동 보관하였다. 장 내용물에서 미생물 총균을 분석하기 위해 처리구당 8수에서 소장 끝부분과 맹장이 만나는 부분 약 10 cm 가량을 일정하게 절개한 후, 그 안에 있는 모든

Table 1. Formula and chemical composition of experimental diets fed to broiler chickens

Ingredients	Treatments*				
	Con	GK2.5	GK5.0	PK2.5	PK5.0
	Ingredients (%)				
Corn	44.18 ³ (46.04) ⁴	43.08 (44.89)	41.97 (43.75)	43.08 (44.89)	41.97 (43.75)
Wheat	20.00 (20.00)	19.50 (19.50)	19.00 (19.00)	19.50 (19.50)	19.00 (19.00)
Wheat bran	4.00 (4.00)	3.90 (3.90)	3.80 (3.80)	3.90 (3.90)	3.80 (3.80)
Animal fat	3.00 (3.00)	2.93 (2.93)	2.85 (2.85)	2.93 (2.93)	2.85 (2.85)
Corn gluten	4.00 (2.80)	3.90 (2.73)	3.80 (2.66)	3.90 (2.73)	3.80 (2.66)
Soybean meal (44% CP)	16.50 (16.50)	16.02 (16.02)	15.53 (15.53)	16.02 (16.02)	15.53 (15.53)
Rapeseed meal	2.00 (2.00)	1.95 (1.95)	1.90 (1.90)	1.95 (1.95)	1.90 (1.90)
Fish meal	1.00 (1.00)	0.98 (0.98)	0.95 (0.95)	0.98 (0.98)	0.95 (0.95)
Meat meal	2.00 (2.00)	1.95 (1.95)	1.90 (1.90)	1.95 (1.95)	1.90 (1.90)
Ginkgo leaf	–	2.50	5.00	–	–
Pumpkin	–	–	–	2.50	5.00
Salt	0.23 (0.23)	0.23 (0.23)	0.23 (0.23)	0.23 (0.23)	0.23 (0.23)
Calcium carbonate	0.20 (0.20)	0.20 (0.20)	0.20 (0.20)	0.20 (0.20)	0.20 (0.20)
Tricalcium phosphate	1.60 (1.20)	1.58 (1.20)	1.58 (1.20)	1.58 (1.20)	1.58 (1.20)
Lysine (liquid)	0.66 (0.46)	0.66 (0.46)	0.66 (0.46)	0.66 (0.46)	0.66 (0.46)
Methionine	0.12 (0.06)	0.12 (0.06)	0.12 (0.06)	0.12 (0.06)	0.12 (0.06)
Choline-HCl	0.01 (0.01)	0.01 (0.01)	0.01 (0.01)	0.01 (0.01)	0.01 (0.01)
Vitamin premix ¹	0.20 (0.20)	0.20 (0.20)	0.20 (0.20)	0.20 (0.20)	0.20 (0.20)
Mineral premix ²	0.20 (0.20)	0.20 (0.20)	0.20 (0.20)	0.20 (0.20)	0.20 (0.20)
Salinomycin	0.05 (0.05)	0.05 (0.05)	0.05 (0.05)	0.05 (0.05)	0.05 (0.05)
Colistin	0.05 (0.05)	0.05 (0.05)	0.05 (0.05)	0.05 (0.05)	0.05 (0.05)
Total	100	100	100	100	100
	Chemical composition (%)				
ME (kcal/kg)	3,100 (3,100)	3,100 (3,100)	3,100 (3,100)	3,100 (3,100)	3,100 (3,100)
CP	21.00 (19.00)	21.00 (19.00)	21.00 (19.00)	21.00 (19.00)	21.00 (19.00)

* Con (Control), GK2.5 (ginkgo leaf 2.5%), GK5.0 (ginkgo leaf 5%), PK2.5 (pumpkin 2.5%), PK5.0 (pumpkin 5%).

¹ Contained per kg of diet: vit. A, 10,000 IU; vit D₃, 2,000 IU; vit E, 421 IU; vit K, 5 mg; riboflavin, 2,400 mg; vit B₂, 9.6 mg; vit B₆, 2.45 mg; vit B₁₂, 40 ug; niacin, 49 mg; pantothenic acid, 27 mg, biotin, 0.05 mg.

² Contained the mg per kg of diet: Cu 140 mg, Fe 145 mg, Zn 179 mg, Mn 12.5 mg, I 0.5 mg, Co 0.25 mg, Se 0.4 mg.

³ Formula of starter diet (3~21 d of age).

⁴ Formula of finisher diet (22~35 d of age).

Table 2. Chemical composition of ginkgo leaf and pumpkin

Items	Ginkgo leaf	Pumpkin
	----- (%) -----	
Moisture	11.41	7.08
Crude protein	10.30	12.93
Nitrogen free extract	41.49	56.21
Crude fat	6.78	5.61
Crude fiber	21.34	10.29
Crude ash	8.68	7.88
Ca	2.11	0.19
P	0.35	0.38

내용물을 무균적으로 채취하여 멸균된 용기에 담아 액체질소에 냉동 후, 분석 시 까지 -70°C 에서 보관하였다.

4. 분석 항목 및 방법

1) 체중 및 사료 섭취량

체중, 사료 섭취량 및 사료 요구율은 시험 개시와 21일령, 종료(35일령)시에 측정하였다. 사료 요구율은 실험 기간중 평균 섭취량을 평균 증체량으로 나누어 계산하였다.

2) 혈액내 생화학적 성분

혈액내 생화학성분 중 AST(aspartic acid transaminase), ALT (alanine transaminase), glucose, total protein, cholesterol, triglyceride, HDLC(high-density lipoprotein cholesterol) 및 LDLC (low-density lipoprotein cholesterol) 분석은 자동 혈액분석기 (HI System, Technicon, USA)를 사용하여 분석하였다.

3) 체조직 내 항산화 지표 분석

소장 점막, 간 및 근육 조직의 cytosol을 획득하기 위하여 조직 무게 1 g당 6 mL의 0.25M sucrose 용액(0.25M, sucrose; Tris-base 0.05M, pH 7.5)을 첨가하여 균질기로서 균질화 시킨 다음, $10,000\times\text{g}$ 에서 10분간 원심 분리하고 상층액을 취한 후, 다시 $100,000\times\text{g}$ 에서 60분간 초고속 원심분리하여 상층액을 분획하였다.

각 조직의 cytosol superoxide dismutase(SOD) 활성도는 Fridovich(1974) 등의 방법으로 측정하였다. 반응은 반응 용액에 xanthine oxidase를 혼합하여 0.02 Abs/mL가 되도록 기준선을 설정한 다음, 위의 혼합액에 시료를 가하여 반응을 시작

함과 동시에 cytochrome c의 분자 흡광 계수로부터 SOD의 활성도를 구하였다. 이 조건하에서 cytochrome c의 환원이 50% 억제되는 비율을 1 unit로 정의하였다. Glutathione peroxidase (GSH-PX)의 활성도는 Tappel(1978)의 방법을 이용하여 측정 한 바, 반응 조건은 시료에 반응 용액(0.1mM NADPH, glutathione reductase 1 unit/mL, reduced glutathione, 0.25 mM; pH 7.4)을 가한 후 5분간 37°C incubator에서 배양시킨 다음 H_2O_2 을 가하여 340 nm에서 흡광도의 감소 속도를 관찰하였다. GSH-PX 활성도의 unit는 mg protein당 1분 동안 산화되는 NADPH nmol 수로 정의하였다. Glutathione-S-transferase(GST) 활성도 측정은 Habig et al.(1974)의 방법에 따라 실시하였다. 반응 조건은 1 mM GSH reductase와 chlorodinitrobenzene(CDNB) 혼합액에 희석한 시료를 가한 후 340 nm에서 흡광도가 변화 하는 비율을 측정하였으며, 1 unit는 mg protein당 1분간 반응 하는 CDNB의 μmol 수로 표시하였다. Microsome 지질과산화물은 thiobarbituric acid(TBA) 방법에 의해 생성된 malondialdehyde(MDA)량을 측정하는 방법으로 532 nm에서 분광 광도계로서 흡광도를 측정하여 MDA 생성량을 측정하였다(Bidlack and Tappel, 1973). Glutathione 함량은 채취한 상등액 20 μL 를 0.3M Na_2HPO_4 (160 μL)와 혼합하고 0.04% 5',5'-dithio-bis-(2-nitrobenzoic acid)를 20 μL 를 첨가하여 10분 동안 incubation하여 405 nm에서 ELISA reader로 측정하였다(Baker et al., 1990). 효소의 특이적 활성도는 전체 활성도에서 단백질 mg당 농도로 나누어 표시하였다.

4) 소장내 미생물균총의 변화 분석

*E. coli*는 Macconkey Agar(Difco, USA)를 사용하였고, *Lactobacillus*는 MRS Agar(Difco, USA)를 사용하여 일정량을 배지에 균인 후, 희석 샘플을 분주하여 37°C incubator에서 24 시간 호기적으로 배양한 후 세균수는 각 평판의 CFU(colony-forming uni)로 계산하였다.

5. 통계 처리

통계처리는 각 군의 결과를 평균 \pm 표준오차로 표시하였고, 처리별로 Proc GLM(SAS, 1996)에 의한 one-way 분산 분석 및 Duncan 다중검정법(1955)으로 각 군의 유의차를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 사양 성적

은행잎과 호박의 급여가 육계의 생산성에 미치는 영향을

조사하기 위하여 대조구 및 은행잎과 호박 건조 분말을 각각 2.5% 및 5.0% 수준별로 첨가 급여 후 증체량, 사료 섭취량 및 사료 요구율을 조사한 결과는 Table 3에 나타난 바와 같다. 전기 사양 기간(3~21일령)에서 사양 성적은 차이가 없었지만, 후기 사양 기간(22~35일령)에는 사료 섭취량과 사료 요구율은 GK5.0구와 PK5.0구에서 대조구, GK2.5구와 PK2.5구보다 유의적($P<0.05$)으로 높았다. 전체 시험 기간(3~35일령)의 사료 섭취량은 PK2.5구에서 GK5.0 및 PK5.0구들에 비해 유의적($P<0.05$)으로 낮았으며, 사료 요구율은 GK5.0구와 PK5.0구가 다른 처리구들과 비교하여 현저히($P<0.05$) 높았다.

본 연구의 결과로 사료 효율은 대조구와 은행잎과 호박 첨가 비율을 2.5%로 낮추어 급여할 경우에는 차이가 없었으나, 은행잎과 호박의 첨가 비율을 5.0% 높여 급여할 경우에는 사료 요구율이 저하되는 것으로 나타났다. 한편, Choi et al. (1998)은 사료내 호박 2.5 및 5.0% 수준으로 랫드에 20주령

까지 급여한 결과, 사료 섭취량에는 영향을 주지 않았으나, 호박 5.0% 수준의 첨가구에서 체중이 유의적인($P<0.05$)으로 감소한 것은 본 연구와 다소 차이를 보이고 있다. 그러나 Seo(2004)는 랫드에 호박 분말을 5% 첨가한 사료를 급여한 경우 체중에는 변화가 없었다는 연구 결과는 본 연구의 결과와 일치한다.

2. 혈액 내 생화학 성분 조사

은행잎 및 호박을 수준 급여에 따른 혈장의 생화학적 성분을 조사한 결과는 Table 4에 나타난 바와 같다. 혈장 ALT는 GK2.5구에서 GK5.0 및 PK5.0구들 보다 유의적으로($P<0.05$) 감소하였다. 또한 TG는 PK5.0구가 타 처리구들보다 유의적으로($P<0.05$) 증가하였다. 혈청 내 간 기능 지표를 나타내는 AST는 주로 간, 심장, 근육, 신장에 존재하며 각종 질환으로 정상세포가 손상될 때 혈액으로 유출되지만 ALT는 주로 간 세포내의 mitochondria에 존재하는 효소로서 지질대사의 순

Table 3. Effects of dietary supplementation of ginkgo leaf and pumpkin on growth performance, feed intake and feed conversion ratio in broiler chickens aged 35 days

Items	Treatment*				
	Con	GK2.5	GK5.0	PK2.5	PK5.0
Initial BW (g)	40.2±0.18	40.4±0.19	40.3±0.17	40.3±0.13	40.5±0.19
3~21 days					
BW (g)	729.4±11.86	729.9±12.07	725.0±25.69	725.4±20.89	723.6±15.83
Gain (g)	689.2±11.94	689.5±12.11	684.7±25.76	685.1±20.93	683.0±15.77
Feed intake	1096.7±22.08	1103.8±36.93	1106.2±36.69	1100.4±30.27	1093.0±18.17
FCR	1.59±0.03	1.60±0.05	1.62±0.05	1.61±0.02	1.60±0.01
22~35 days					
BW (g)	1785.9±18.37	1756.9±15.20	1750.0±16.96	1753.5±13.79	1750.1±21.20
Gain (g)	1056.5±14.60	1027.0±18.20	1025.2±17.62	1028.1±20.90	1026.5±20.23
Feed intake	1815.6±43.48 ^b	1794.2±26.53 ^b	1917.2±32.93 ^a	1719.8±38.68 ^b	1932.2±32.68 ^a
FCR	1.72±0.04 ^b	1.75±0.04 ^b	1.86±0.06 ^a	1.68±0.04 ^b	1.88±0.04 ^a
3~35 days					
Total gain (g)	1745.7±18.47	1716.5±15.23	1709.9±17.00	1713.2±13.73	1709.6±21.11
Total feed intake	2912.4±55.32 ^{ab}	2897.9±30.90 ^{ab}	3023.4±48.89 ^a	2820.1±44.09 ^b	3025.2±38.38 ^a
Total FCR	1.67±0.03 ^b	1.69±0.02 ^b	1.77±0.01 ^a	1.65±0.02 ^b	1.77±0.02 ^a

Mean±SE ($n=8$).

*Con (Control), GK2.5 (ginkgo leaf 2.5%), GK5.0 (ginkgo leaf 5%), PK2.5 (pumpkin 2.5%), PK5.0 (pumpkin 5%).

^{a,b}Values with different superscripts in the same row differ significantly ($p<0.05$) among treatments.

Table 4. Effects of dietary supplementation of ginkgo leaf and pumpkin on blood biochemical profiles in broiler chickens aged 35 days

Items**	Treatment*				
	Con	GK2.5	GK5.0	PK2.5	PK5.0
AST (U/L)	16.83±17.31	311.75±14.14	359.33±21.85	331.25±12.87	312.57±21.10
ALT (U/L)	21.86±9.13 ^{ab}	11.50±0.80 ^b	47.83±8.59 ^a	35.25±9.99 ^{ab}	42.88±12.61 ^a
Glucose (mg/dL)	62.25±9.84	243.75±7.68	268.00±16.87	248.00±6.08	254.63±12.39
Total protein (g/dL)	3.10±0.18	3.15±0.12	3.76±0.25	3.08±0.08	3.16±0.23
Cholesterol (mg/dL)	161.63±11.32	159.88±8.56	181.63±15.11	157.88±5.86	153.57±8.58
Triglyceride (mg/dL)	19.83±0.69 ^b	21.38±1.21 ^b	17.25±1.91 ^b	18.75±1.01 ^b	25.67±1.32 ^a
HDLC (mg/dL)	124.00±3.95	124.63±7.87	133.38±9.78	117.75±3.36	121.88±8.53
LDLC (mg/dL)	9.57±2.21	25.88±1.32	31.63±3.07	30.38±2.69	33.57±3.98

Mean±SE (n=8).

*Con (Control), GK2.5 (ginkgo leaf 2.5%), GK5.0 (ginkgo leaf 5%), PK2.5 (pumpkin 2.5%), and PK5.0 (pumpkin 5%).

**AST (aspartic acid transaminase), ALT (alanine transaminase), HDLC (high-density lipoprotein cholesterol), and LDLC (low-density lipoprotein cholesterol).

^{a-d}Values with different superscripts differ significantly ($p<0.05$) among treatments.

상됨에 따라서 간에서 혈액으로 유출된다(Zimmerman, 1981; Koo et al., 1998). 이와 같은 결과는 2.5% 수준의 식물성 항산화제 첨가가 5.0% 급여시보다 간 대사 작용에 보다 바람직한 영향을 미치는 것으로 보인다. 그러나 5.0% 급여 수준 역시 대조구와 비교 시 현저히 간 세포에 손상을 유발하는 부정적인 영향은 없는 것으로 보인다. 그러나 PK5.0구에서 혈중 중성지방의 증가는 과량 섭취된 호박의 수용성 당 성분 등이 체내 대사과정에서 중성지방 합성을 유도한 것으로 사료된다. 이와 같은 결과는 Schaefer et al.(2010)이 fructose

등과 같은 높은 당이 함유된 사료를 섭취할 경우 혈액에서 중성지방 생성 속도가 현저히 증가되었다는 결과와 일치한다.

3. 소장, 소장점막세포, 간 및 췌장의 장기 무게

은행잎 및 호박을 첨가 급여에 따른 소장, 소장점막세포, 간 및 췌장의 장기 무게를 조사한 결과는 Table 5에 나타난 바와 같다. 소장 후반부 무게는 PK2.5구가 GK5.0구가 보다 유의하게($P<0.05$) 높았으며, 소장 점막세포 무게는 대조구보다 PK2.5구가 유의하게($P<0.05$) 증가하였다. 간 무게는 PK2.5

Table 5. Effects of dietary supplementation of ginkgo leaf and pumpkin on digestive organs weight in broiler chickens aged 35 days

Items	Treatment*				
	Con	GK2.5	GK5.0	PK2.5	PK5.0
Liver (g/100 g BW)	2.62±0.06 ^a	2.43±0.02 ^{bc}	2.53±0.08 ^{ab}	2.31±0.04 ^c	2.32±0.07 ^c
Pancreas (g/100 g BW)	0.19±0.01	0.19±0.02	0.19±0.01	0.17±0.01	0.17±0.01
Whole intestine (g/100 g BW)	2.30±0.31	2.09±0.08	2.13±0.04	2.59±0.15	2.21±0.12
Proximal intestine (g/100 g BW)	1.43±0.20	1.42±0.06	1.49±0.03	1.66±0.07	1.52±0.10
Distal intestine (g/100 g BW)	0.87±0.16 ^{ab}	0.67±0.04 ^{ab}	0.64±0.01 ^b	0.93±0.12 ^a	0.69±0.04 ^{ab}
Intestine mucosae (g/100 g BW)	0.94±0.10 ^b	1.02±0.05 ^{ab}	1.07±0.04 ^{ab}	1.17±0.05 ^a	1.05±0.07 ^{ab}

Mean±SE (n=8).

*Con (Control), GK2.5 (ginkgo leaf 2.5%), GK5.0 (ginkgo leaf 5%), PK2.5 (pumpkin 2.5%), and PK5.0 (pumpkin 5%).

^{a-c}Values with different superscripts differ significantly ($p<0.05$) among treatments.

구와 PK5.0구에서 대조구보다 유의적($P<0.05$)으로 감소되었다. β -Carotene은 소장점막에서 retinol로 전환되어 간 조직에 주로 retinyl ester 형태로 전환되어 축적되는 것으로(Goodman, 1984), 특히 과량의 비타민 A 급여는 간 손상을 유발한다고 보고되고 있다(Sheth et al., 2008). 이러한 사실로 보아 본 연구에서 대조구와 비교하여 5% 호박 분말 급여로 과량의 β -carotene이 간 무게 감소에 영향을 미친 것으로 유추된다.

4. 소장점막세포, 간 및 근육내 항산화효소 지표

은행잎 및 호박 급여에 따른 소장 점막세포내 항산화 지표 변화에 대한 결과는 Table 6에서 나타낸 바와 같다. 소장 점막세포에서 GST 활성도 및 GSH 함량은 은행잎과 호박의 급여 수준별 차이는 없었지만 GSH-Px와 SOD 활성도는 은

행잎과 호박을 첨가 급여한 모든 구에서 대조구보다 유의적($P<0.05$)으로 높았다. 한편, 조직의 지질과산화물의 함량을 나타내는 MDA는 GK5.0 및 PK5.0 급여구에서 대조구보다 유의적으로($P<0.05$) 높아 과량의 식물성 첨가물은 부정적인 효과를 보였다.

간 조직내 항산화 효소 변화의 결과는 Table 7에 나타낸 바와 같다. GK2.5구가 항산화 효소인 SOD, GST 및 GSH-Px가 각각 438.96 U/mg, 61.87 U/mg 및 0.48 U/mg으로 타 처리구보다 높았으나($P<0.05$), MDA 함량은 처리 간에 차이가 없었다.

근육 조직내 항산화 효소 변화의 결과는 Table 8에서 나타낸 바와 같이 SOD는 GK2.5구보다 PK5.0구에서 유의하게($P<0.05$) 높았다. 또한 GST는 대조구의 5.82 U/mg보다 호박 및

Table 6. Effects of dietary supplementation of ginkgo leaf and pumpkin on the specific activities of SOD, GST and GSH-Px and the level of GSH and MDA in the small intestine of broiler chickens aged 35 days

Items	Treatment*				
	Con	GK2.5	GK5.0	PK2.5	PK5.0
SOD (U/mg protein)	219.29±15.92 ^c	347.34±23.44 ^b	369.10±17.13 ^{ab}	364.57±11.13 ^{ab}	405.10±12.17 ^a
GST (U/mg protein)	34.66±1.17	42.44±3.78	45.36±4.45	45.25±3.44	36.83±6.18
GSH-Px (U/mg protein)	0.27±0.02 ^b	0.44±0.04 ^a	0.46±0.03 ^a	0.46±0.03 ^a	0.50±0.02 ^a
GSH (mM/mg tissue)	0.09±0.01	0.11±0.01	0.11±0.02	0.09±0.01	0.09±0.01
MDA (nM/mg protein)	1.05±0.11 ^c	1.71±0.14 ^{bc}	1.98±0.06 ^{ab}	2.38±0.17 ^{ab}	2.49±0.22 ^a

Mean±SE ($n=8$).

*Con (Control), GK2.5 (ginkgo leaf 2.5%), GK5.0 (ginkgo leaf 5%), PK2.5 (pumpkin 2.5%), and PK5.0 (pumpkin 5%).

^{a-c}Values with different superscripts in the same column differ significantly ($p<0.05$) among treatments.

Table 7. Effects of dietary supplementation of ginkgo leaf and pumpkin on the specific activities of SOD, GST and GSH-Px and the level of GSH and MDA in the liver of broiler chickens aged 35 days

Items	Treatment*				
	Con	GK2.5	GK5.0	PK2.5	PK5.0
SOD (U/mg protein)	355.58±14.82 ^b	438.96±12.27 ^a	366.94±19.38 ^b	378.87±20.71 ^b	412.39±15.97 ^{ab}
GST (U/mg protein)	50.09±2.06 ^b	61.87±2.05 ^a	52.86±2.33 ^b	57.94±1.61 ^b	52.72±2.02 ^b
GSH-Px (U/mg protein)	0.33±0.02 ^c	0.48±0.02 ^a	0.37±0.01 ^{bc}	0.41±0.01 ^b	0.40±0.01 ^b
GSH (mM/mg tissue)	0.36±0.01 ^a	0.31±0.01 ^b	0.31±0.01 ^b	0.33±0.01 ^{ab}	0.34±0.01 ^{ab}
MDA (nM/mg protein)	0.68±0.07	0.69±0.08	0.66±0.06	0.76±0.07	0.77±0.06

Mean±SE ($n=8$).

*Con (Control), GK2.5 (ginkgo leaf 2.5%), GK5.0 (ginkgo leaf 5%), PK2.5 (pumpkin 2.5%), and PK5.0 (pumpkin 5%).

^{a-c}Values with different superscripts in the same column differ significantly ($p<0.05$) among treatments.

Table 8. Effects of dietary supplementation of ginkgo leaf and pumpkin on the specific activities of SOD, GST and GSH-Px and the level of GSH and MDA in the muscle of broiler chickens aged 35 days

Items	Treatment*				
	Con	GK2.5	GK5.0	PK2.5	PK5.0
SOD (U/mg protein)	165.49±9.84 ^{a3b}	177.87±7.40 ^a	172.30±8.78 ^{ab}	152.78±7.19 ^{ab}	151.30±5.74 ^b
GST (U/mg protein)	5.82±0.30 ^b	7.39±0.33 ^a	7.77±0.52 ^a	7.44±0.33 ^a	7.25±0.32 ^a
GSH-Px (U/mg protein)	0.06±0.01 ^c	0.09±0.01 ^{ab}	0.09±0.01 ^{ab}	0.10±0.01 ^a	0.07±0.01 ^{bc}
GSH (mM/mg tissue)	0.14±0.02	0.12±0.01	0.13±0.02	0.15±0.01	0.12±0.01
MDA (nM/mg protein)	1.12±0.14 ^b	1.36±0.06 ^b	1.34±0.07 ^b	1.33±0.15 ^b	1.79±0.11 ^a

Mean±SE (n=8).

*Con (Control), GK2.5 (ginkgo leaf 2.5%), GK5.0 (ginkgo leaf 5%), PK2.5 (pumpkin 2.5%), and PK5.0 (pumpkin 5%).

^{a-c}Values with different superscripts in the same column differ significantly ($p<0.05$) among treatments.

은행잎을 첨가한 모든 처리구에서 7.25~7.77 U/mg으로서 유의적으로($P<0.05$) 높았다. 그러나 지질과산화물 생성량은 호박 5% 첨가구인 PK5.0구가 타 처리구보다 유의적으로($P<0.05$) 높았다.

여러 연구 결과에서 보고된 바와 같이 은행 및 호박 등에는 각종 flavonoid 및 β -carotene 등이 다량 함유되어 체내에 oxygen free radical의 발생을 억제하는 항산화 작용이 우수하다(Seif-Ei-nasr and El-Fattah, 1995; Veda et al., 2008). 은행 추출물을 인위적으로 암을 유발한 마우스에게 급여 시 체 조직내 GST, SOD, catalase 등과 같은 항산화 계열의 효소가 증가되어 함양 작용을 한다고 보고되고 있다(Feng et al., 2009). 특히 은행잎 추출물이 항산화 계열 효소 중에서 이물질 해독 효소인 GST 발현을 증가시켜 ROS(reactive oxygen species)을 제거시키는 능력이 우수한 것으로 보고되어(Liu et al., 2009) 대사 작용이 활발한 육계에서 체내 항상성 유지에 필요한 항산화 소재로서 사용될 수 있다. 호박 추출물 역시 *in vitro* 시험 결과 DPPH radical scavenging과 superoxide dismutase (SOD)와 유사한 활성도가 높고(Nara et al., 2009). *In vivo* 실험에서 호박 추출물을 인위적으로 간 손상을 유발시킨 쥐에게 급여시(1 mL/kg 당), 본 연구와 유사하게 지질과산화 정도는 개선되지 않았지만 항산화 계열의 효소인 SOD, GSH-Px 및 조직내 항산화력에서 유의적으로 개선되었다(Nkosi et al., 2006). 이러한 호박 추출물을 이용하여 Choi et al.(1998)은 랫드에서 호박 분말 첨가가 암세포에 미치는 영향을 조사한 결과 사료 섭취량에는 영향을 미치지 않았으나, 체중은 호박 첨가구가 감소하였고 위암이 호박 첨가구에서 유의적으로 감소하였다고 보고하였다.

본 연구에서도 은행잎과 호박을 첨가한 사료를 급여한 모

든 구에서 항산화 효소인 GSH-Px의 특이적 활성도가 높은 증가를 보였지만, 특히 소장점막 세포조직에서 지질 과산화 물질의 지표인 MDA는 오히려 5% 식물성 항산화물 급여구에서 증가하였다. 소장은 내·외부 환경이 만나는 첫 번째 장막으로서 동물이 섭취하는 물질의 종류에 따라 체내 방어 작용이 소장에서 더욱 민감하게 외부 물질에 반응(Nijhoff and Peters, 1992) 하는 것으로 추론된다. 그러나 소장 점막세포내에 지질산화물을 제거에 부정적인 영향을 미치는 것과는 달리 Krinsky (1989)는 β -carotene을 포함한 carotene는 활성산소와 지질과산화물에 관련된 유해기의 생성을 직접 감소 또는 제거하는 효과가 있다고 보고한 바 본 연구 결과와는 상반되는 결과를 보였다. 본 연구의 결과 5.0% 이상 다량으로 호박 및 은행잎 첨가는 체 조직에 과량의 β -carotene이 축적되어 다소 부정적인 영향을 미칠 수 있는 가능성이 관찰되었지만, 혈액 병리적 조사에서 AST 및 ALT 활성도에서는 대조구와 비교 시 부정적인 영향이 나타나진 않았다.

5. 장관내 소화물내 *Latobacillus* 및 *E. coli* 균총의 변화

장관 소화물내 *Latobacillus* 및 *E. coli* 균총의 변화 결과는 Table 9에 나타낸 바와 같다. 장관 소화물 내 *latobacillus*의 총균수(CFU)는 처리 간에 유의차는 없었으나, *E. coli* 총균수(CFU)는 대조구보다 은행잎과 호박의 혼합 급여한 구에서 유의적으로 낮았다($P<0.05$). 연구 결과로 은행잎과 호박의 혼합 급여가 *E. coli* 총균수(CFU)에 영향을 미치는 것으로 사료되는 바, Mazzanti et al.(2000)에 의하면 은행잎 추출물에는 대장균을 비롯한 몇몇 병원균에 대한 항균 효과가 우수하다고 보고하였다. 식물성 항산화제 소재가 장내 유해 그람 음성균인 *E. coli*을 저하시키는 작용에 대한 연구는 향후

Table 9. Effects of dietary supplementation of ginkgo leaf and pumpkin on microbial enumeration in ileal digesta from broiler chickens aged 35 days [unit: CFU (log/g)]

Items**	Treatment*				
	Con	GK2.5	GK5.0	PK2.5	PK5.0
<i>E. coli</i>	4.62±0.16 ^a	3.72±0.26 ^b	3.38±0.34 ^b	3.71±0.25 ^b	3.84±0.14 ^b
<i>Lactobacillus</i> spp.	4.92±0.18	4.96±0.30	5.20±0.25	5.33±0.13	5.37±0.20

Mean±SE (n=8).

*Con (Control), GK2.5 (ginkgo leaf 2.5%), GK5.0 (ginkgo leaf 5%), PK2.5 (pumpkin 2.5%), and PK5.0 (pumpkin 5%).

***E. coli* (*Escherichia coli*), CFU: Colony forming unit.

^{a,b}Values with different superscripts differ significantly ($p<0.05$) among treatments.

항생제 대체 사료 첨가제로서의 가능성에 대한 보다 자세한 연구가 요구된다.

화효소 활성도를 증가시키며, 대장에서 대장균 총균수를 감소시켜 육계의 사료내 천연 항산화 소재로서 이용이 가능할 것으로 사료된다.

(색인어 : 은행잎, 호박, 성장, 항산화작용, 육계)

적 요

은행잎 및 호박 분말 첨가가 육계의 성장, 혈액내 생화학분석, 체 조직내에 항산화 방어 체계 및 소장내 미생물 군총에 미치는 영향을 조사하기 위하여 3일령 육계 120수를 각 처리구당 24수씩 대조구(CON) 및 은행잎 2.5%(GK2.5), 5.0%(GK5.0)와 호박 2.5%(PK2.5), 5.0%(PK5.0) 등 5처리구에 완전 임의 배치하여 사양 시험을 실시하였다. 전체 시험 기간(3~35일령)의 사료 섭취량은 PK2.5구에서 GK5.0 및 PK5.0 구들에 비해 유의하게($P<0.05$) 낮았으며, 사료 요구율은 은행잎과 호박을 각각 5.0% 급여한 GK5.0구와 PK5.0구가 다른 처리구들과 비교하여 유의적으로($P<0.05$) 증가되었다. 혈액내 중성지방은 PK5.0구가 다른 첨가구들보다 높았으며($P<0.05$), ALT는 GK5.0 및 PK5.0구에서 GK2.5구보다 현저히($P<0.05$) 높았다. 소장점막세포의 SOD 및 GSH-Px 활성도는 은행잎 및 호박 첨가 급여구가 대조구보다 유의적으로 증가되었다($P<0.05$). 간 조직에서는 GK2.5구에서 대조구에 비해 SOD, GST 및 GSH-Px 활성도가 유의적으로($P<0.05$) 증가되었다. 또한 근육조직에서도 GST 활성도는 은행잎 및 호박 첨가 급여구가 대조구보다 유의적으로($P<0.05$) 높았다. 그러나 소장점막세포 및 근육조직의 지질과산화(MDA) 수준은 PK5.0구에서 타 처리구에 비해 증가되는($P<0.05$) 결과를 보였다. 장내 소화물의 총 *E. coli* 균총(CFU)은 은행잎이나 호박을 첨가한 급여구에서 대조구에 비해 현저히($P<0.05$) 감소되었다. 이상의 결과를 보아, 은행잎 및 호박 분말 2.5% 수준은 육계의 소장 점막세포, 간 및 근육조직의 특정 항산

사 사

본 연구는 진주산업대학교 동물생명산업센터의 기술 및 장비 활용으로 수행되었습니다.

인용문헌

- Baker MA, Cerniglia GJ, Zaman A 1990 Microtiter plate assay for the measurement of glutathione and glutathione disulfide in large numbers of biological samples. *Anal Biochem* 190: 360-365.
- Bidlack WR, Tappel AL 1973 Damage to microsomal membrane by lipid peroxidation. *Lipid* 8:177-182.
- Bravo L 1998 Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. *Nutr Rev* 56:317-333.
- Choi CB, Park YK, Kang YH, Park MW 1998 Effects of pumpkin powder on chemically induced stomach and mammary cancers in Sprague-Dawley rats. *J Korean Soc Food Sci* 27: 973-979.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11:1-42.
- Feng X, Zhang L, Zhu H 2009 Comparative anticancer and antioxidant activities of different ingredients of *Ginkgo bi-*

- loba* extract (EGb 761). *Planta Med* 75:792-796.
- Fridovich I 1974 Superoxide dismutase. *Enzymology* 41:36-40.
- Goodman DS 1984 Overview of current knowledge of metabolism of vitamin A and carotenoids. *J Natl Cancer Inst* 73: 1375-1379.
- Habig WH, Phobst MJ, Jakoby WB 1974 Glutathione S transferase: The first enzymatic steps in mercapturic acid formation. *J Biol Chem* 249:7130-7139.
- Hendry GA, Houghton JD 1992 *Natural Food Colorants*. Black and Son Ltd. 141.
- Kang KC, Park JH, Baek SB, Jhin HS, Rhee KS 1992 Optimization of beverage preparation from *Shizandra chinensis* baillon by response surface methodology. *Korean J Food Sci Technol* 24:74-81.
- Koo BK, Chung JM, Lee HS 1998 Biochemical evaluation of nutritional status of protein and lipid in patients with alcoholic liver disease. *Kor J Food Sci Nutr* 27:1236-1243.
- Krinsky NI 1989 Antioxidant functions of carotenoids. *Free Radic Biol* 7:617-635.
- Lee MH, Lee HJ, Ryu PD 2001 Public health risks: Chemical and antibiotic residues. Review. *Asian-Aust J Anim Sci* 14: 402-413.
- Liu XP, Goldring CE, Wang HY, Copple IM, Kitteringham NR, Park BK 2009 Extract of *Ginkgo biloba* induces glutathione-S-transferase subunit-P1 *in vitro*. *Phytomedicine* 16:451-455.
- Majima T, Tsutsumi M, Nishino H, Tsunoda T, Konishi Y 1998 Inhibitory effects of beta-carotene, palm carotene, and green tea polyphenols on pancreatic carcinogenesis initiated by N-nitrosobis (2-oxopropyl) amine in Syrian Golden hamsters. *Pancreas* 16:13-18.
- Matsumoto T, Tokuda H 1990 Antitumor-promoting activity of sesquiterpene isolated from an herbal spice. *Basic Life Sci* 52:423-427.
- Mazzanti G, Mascellino MT, Battinelli L, Coluccia D, Mangano M, Saso L 2000 Antimicrobial investigation of semi-purified fractions of *Ginkgo biloba* leaves. *J Ethnopharmacol* 71:83-88.
- Nara K, Yamaguchi A, Maeda N, Koga H 2009 Antioxidative activity of water soluble polysaccharide in pumpkin fruits (*Cucurbita maxima* Duchesne). *Biosci Biotechnol Biochem* 73:1416-1418.
- Nijhoff WA, Peters WHM 1992 Induction of rats hepatic and intestinal glutathione-S-transferases by dietary butyrate hydroxy anisole. *Biochemical Pharmacology* 44:596-600.
- Nkosi CZ, Opoku AR, Terblanche SE 2006 Antioxidative effects of pumpkin seed (*Cucurbita pepo*) protein isolate in CCl₄-induced liver injury in low-protein fed rats. *Phytother Res* 20:935-940.
- Park YK, Cha HS, Park MW, Kang YH, Seog HM 1997. Chemical components in different parts of pumpkin. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 26:639-646.
- SAS 1996 *User's Guide: Statistics Version 6.12* Ed. SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- Schaefer EJ, Gleason JA, Dansinger ML 2010 Dietary fructose and glucose differentially affect lipid and glucose homeostasis. *J Nutr* 139:1257S-1262S.
- Seif-El-Nasr M, El-Fattah AA 1995 Lipid peroxide, phospholipids, glutathione levels and superoxide dismutase activity in rat brain after ischaemia: effect of *Ginkgo biloba* extract. *Pharmacol Res* 32:273-278.
- Seo JS, Lee KS, Jang JH 2004 Effect of dietary supplementation of β -carotene on lipid peroxide level and antioxidative vitamins of diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33:72-77.
- Sheth A, Khurana R, Khurana V 2008 Potential liver damage associated with over-the-counter vitamin supplements. *J Am Diet Assoc* 108:1536-1537.
- Tappel AL, Fleischer S, Packer L 1978 Glutathione peroxidase and hydroperoxides. In: *Methods in Enzymology* (Ed. S. Fleischer and L. Packer). Academic press. 52:506-513.
- Veda S, Platel K, Srinivasan K 2008 Influence of food acidulants and antioxidant spices on the bioaccessibility of beta-carotene from selected vegetables. *J Agric Food Chem* 56: 8714-8719.
- Wills RB, Lim JS, Greenfield H 1987 Composition of Australian foods. Vegetable fruits. *Food Technology in Australia* 39:488-489.
- Zimmerman HJ, Plaa GL, Hewitt WR 1981 Chemical hepatic injury and its detection, in *Toxicology of the liver*. Raven press. 22:1-15.
- 김순기 김미경 2004 양파의 육질과 껍질의 전분인 에탄올 추출물이 노령흰쥐의 지방대사와 항산화능 및 항혈전능에 미치는 영향. *한국영양학회지* 37:623-632.
- 류경선 송근섭 1999 당귀부산물물의 급여가 재래닭의 생산성

- 과 육질에 미치는 영향. 한국가금학회지 26:261-265.
- 박상일 조성구 1995 당귀와 시호의 가축사료 첨가제 이용연구. 농업산학협동논문집 37:15-31.
- 신성희 김미경 2004 마늘육질과 껍질의 전분 및 에탄올 추출물이 노령흰쥐의 항산화능에 미치는 영향. 한국영양학회지 37:633-644.
- 이창용 2003 Pages 11-28. 21세기 소비자 중심의 축산식품 개발. 항산화물과 기능성식품개발. 축산과학원.
- 조성구 1992 금은화 첨가가 육계생산성과 장기 발육에 미치는 영향. 한국가금학회지 19:27-34.
- 한국사양표준 가금 2002 농촌진흥청 축산기술연구소.
(집수: 2010. 2. 1, 수정: 2010. 3. 11, 채택: 2010. 3. 12)