

목초액 함유 활성탄의 첨가가 육계 생산성 및 계란 내 항생제 잔류에 미치는 영향

성은일¹ · 유선중¹ · 안병기¹ · 조태수² · 안병준² · 최돈하² · 강창원^{1*}

¹건국대학교 축산대학 동물자원연구센터, ²국립산림과학원 임산공학부

Effects of Dietary Supplementation of Activated Charcoal Mixed with Wood Vinegar on Broiler Performance and Antibiotics Residue in Eggs

E. I. Sung¹, S. J. You¹, B. K. Ahn¹, T. S. Jo², B. J. Ahn², D. H. Choi² and C. W. Kang^{1*}

¹Animal Resources Research Center, College of Animal Husbandry, Konkuk University

²Div. Wood Chemistry & Microbiology, Korea Forest Research Institute

ABSTRACT Two experiments were conducted to investigate the effects of dietary activated charcoal mixed with wood vinegar (AC) on broiler performance and antibiotics residue in eggs. In experiment 1, a total of four hundred fifty, 1-day-old male broiler chicks (Ross) were divided into 6 groups, consisting 3 replicates of 25 birds each, and fed one of the six experimental diets: devoid of AC and antibiotics (negative control), devoid of AC with 0.1% antibiotics (positive control), devoid of antibiotics with 1% AC, with 0.1% antibiotics and 1% AC, devoid of antibiotics with 2% AC, with 0.1% antibiotics and 2% AC, for 5 wks. Feed consumption and body weights were measured weekly. At the end of the experiment, eight birds from each group were selected and sacrificed. The relative weight of organs and characteristics of breast muscle were investigated. There were no significant differences in feed intake, body weight gain and feed conversion rate among the treatments. There were also no significant differences in the relative weight of breast meat, leg and liver. The abdominal fat tended to be decreased by the dietary AC. Significant differences were shown ($P<0.05$) in meat redness (a) and yellowness (b) among the treatments. However, the sensual characteristics of breast muscle was not affected by the dietary treatments. There were significant differences in total microbes, *Coli* forms and lactic acid bacteria ($P<0.05$) among the treatments.

In experiment 2, a total of ninety, 40-wk-old Hy-line Brown laying hens were divided into 3 groups, consisting 3 replicates of 10 birds each and fed medicated control diet devoid of AC or diets containing 1% AC and 2% AC for 2 wks. The residue of antibiotics in plasma and egg yolk were significantly decreased ($P<0.05$) in 2% AC group compared to that of control.

This study suggest that dietary AC may improve the external quality of edible meat and reduced antibiotics residue in chicken eggs without affecting laying performance.

(Key words : activated charcoal, wood vinegar, performance, residue of antibiotics, broiler, laying hens)

서론

최근 식품에 대한 안전성 문제가 증대되면서 각종 항생제 및 환경오염물질에 대한 규제가 강화되고 있다. 또한 EU (European Union)는 2006년 1월부터 그동안 허용되었던 avilamycin, flavophospholipidol, salinomycin, monensine 등 4종의 항생제 사용을 금하였으며, 국내에서는 2005년 5월 1일부터 사료내 혼입 가능 동물용 의약품의 범위를 53종에서 25종으로 감축하였다. 또한 2005년 1월 1일부로 사료 공장 위해 요

소 중점 관리 제도를 시행하여 축산물의 안전성을 확보하기 위해 노력하고 있다. 따라서 항생제 사용을 줄이고, 가축의 생산성 증진을 목적으로 하는 대체제의 개발에 많은 관심이 모아지고 있다.

목탄 및 목초액은 가축의 생산성 향상 및 생리 활성 개선을 목적으로 오래 전부터 연구되어 왔다. 목재를 구성하고 있는 원소는 탄소가 약 50%, 산소가 44%, 수소가 6%로 이루어져 있다(구자운, 2003). 활성탄은 주로 토양 개량제(Kishimoto and Sugiura, 1985), 방부 및 방충 효과(Buck and Bra-

* To whom correspondence should be addressed : kkucwkang@konkuk.ac.kr

tich, 1985), 식물의 발육 촉진(Bamberg et al., 1986; Johnson, 1983), 탈취 효과(Bradley et al., 1987), 환경 정화 효과(Clark et al., 1984; Huang and Fu, 1984) 그리고 가축의 질병 치료 및 예방 효과(Dalvi and Ademoyer, 1984), 발육 촉진 및 호르몬 분비에 영향을 미치는 것으로 알려져 왔다(Guthrie et al., 1987; Hinshelwood et al., 1991). 활성탄 제조 시 생산되는 목초액은 약 200여종의 다양한 성분이 함유되어 그 중에서 약 50여종이 생리 활성을 발휘하는 등 체내 대사를 원활히 유지하는데 관여한다고 보고되었다(김광은 등, 2000). 목초액은 80~90%의 수분과 10~20%의 유기물이 존재하여 악취 제거에 효과적이다(허광선 등, 1999).

활성탄을 이용한 가축의 사료 내 첨가로 인한 효과는 육계의 경우, 아플라톡신의 독성을 경감하는 효과가 있고(Edrington et al., 1997), 계육 내 oleic acid 및 arachidonic acid의 함량과 Ca, Mg 및 P 함량이 유의하게 증가하며, 지방 함량이 감소된다(박창일과 김영직, 2001; 김영직과 박창일, 2001). 산란계의 육질 개선 연구에서 외국산 목초액의 첨가가 전체적인 고기의 맛에서 좋은 평가를 받았다고 보고하였고(윤병선 등, 2005), 돼지에서의 활성탄 급여는 돈육의 기호성과 조직적 특성에 영향을 미치는 것으로 보고하였다(문성실 등, 2002).

가축의 성장 촉진 및 치료제로 사용되고 있는 항생제는 축산물로의 항생제 전이에 의한 잔류가 문제될 수가 있다. 일반적으로 항생제는 근육과 뇌보다는 간과 신장에 잔류가 많이 되는 것으로 알려져 있으며(Pollet et al., 1984), 치료용 항생제 사용 시 일정기간 휴약 기간이 준수되지 않았을 경우, 항생제 잔류가 더욱 심각할 수 있다. Oxytetracycline (OTC)을 치료용 수준(0.5 g/L)으로 사용했을 경우, 계란에 항생제가 잔류되어, 난황에서는 휴약 후 9일까지, 난백에서는 휴약 후 6일까지 검출되고(Yoshimura et al., 1991), Narasin 2.5 ppm을 함유한 산란계 사료의 공급은 급여기간에 따라 증가하고 7일의 휴약 후에도 검출된다(Rokka et al., 2005). 이러한 항생제 잔류에 대한 문제에 있어서 활성탄이 지닌 사료 첨가제로써의 가능성은 기대되는 바가 크다.

본 실험은 시중에서 유통되고 있는 목초액이 첨가된 활성탄(activated charcoal, AC)의 수준별 첨가 급여가 육계의 생산성 및 산란계의 혈중 및 계란 내 항생제 수준에 미치는 영향을 알아보려고 실시하였다.

재료 및 방법

1. 실험 시료

본 실험에 사용된 시료는 (주)강원목초산업에서 판매되는 활성탄으로 목탄분에서 정제한 목초액을 첨가하여 만든 사료 첨가제(가루숯 및 목초액 혼합 90:10)를 시료로써 공급받아 실험 사료에 배합하였다. 사료 첨가제의 구성은 탄소 32.18%, 조회분 13.25%, 칼슘 3.56%, 칼륨 0.34%이다.

2. 실험 사료 및 실험 동물

육계 사료는 옥수수·대두박을 기초로 하여 전기 3주는 대사 에너지 3,100 kcal/kg과 21.5%의 조단백질(Table 1), 후기 2주는 대사에너지 3,100 kcal/kg와 19.5%의 조단백질(Table 2) 그리고 기타 영양소의 수준은 NRC 요구량(1994)에 맞도록 기초 사료를 배합하였다. 실험 설계는 대조구로 항생제(chlortetracycline, CTC) 무첨가 대조구(-)와 항생제 첨가 대조구(+))를 두었으며 처리구 사료는 활성탄 1.0%를 첨가한 사료에 항생제를 무첨가[T1] 또는 첨가[T2]하거나 활성탄 2.0%를 첨가한 사료에 항생제를 무첨가[T3] 또는 첨가[T4]하여 총 6군의 실험 사료를 제조하였으며, 공시 동물로는 1일령의 육용종 Ross 수평아리 450수를 처리당 3반복, 반복당 25수씩 완전임의 배치하여 5주간 급여하였다.

항생제 잔류에 미치는 활성탄의 영향을 평가하기 위하여 40주령의 Hy-Line Brown 산란계 90수를 공시하였다. 사용된 산란계 사료는 옥수수·대두박을 기초로 하여 대사 에너지 2,800 kcal/kg과 16.1%의 조단백질 그리고 기타 영양소의 수준은 NRC 요구량(1994)에 맞도록 배합한 기초 사료에 항생제를 0.5%를 첨가하여 대조구 사료로 사용하였다(Table 3). 처리구 사료는 대조구 사료에 활성탄을 1.0% 및 2.0% 첨가하여 총 3군의 실험 사료를 제조하여 2주간 급여하였다.

3. 사양 관리

본 실험은 외부 환경에 의한 영향을 최소로 줄일 수 있도록 온도와 점등을 조절할 수 있는 육계 및 산란계 시험용 무창계사에서 실시하였으며, 물과 사료는 자유 음수 및 자유 채식시켰다.

4. 조사 항목

1) 육계의 증체량, 사료 섭취량, 사료요구율

1일령부터 21일령까지를 전기로 하였으며 22일령부터 35일령까지를 후기로 나누었다. 사료 섭취량은 매주 총 급여량에서 잔량을 제외하여 측정하였고, 증체량은 매주 종료시 체중과 개시 체중을 계산하여 산출하였다.

2) 육계의 간, 복강지방, 가슴육, 기타 기관의 상대적 중량

5주간의 실험 종료 후, 생체중 측정치의 평균에 해당하는 개체를 처리구별로 8수씩 선발하여 도살한 후 간, 비장, 복강 지방, F낭, 가슴 근육 및 다리 근육을 채취하였으며, 채취한 조

직들은 생체중 100 g당 상대적 중량으로 환산 표기하였다.

3) 육계의 가식성 근육의 물리적 특성

가열 감량은 시료를 원형의 일정한 모양으로 정형(60±5 g)하여 polyethylene bag에 넣어 water bath (75℃)에서 30분

Table 1. Formula and composition of experimental diet for broiler starter¹ (Experiment 1 - Phase I)

Ingredients (%)	(-) control	(+) control	T1	T2	T3	T4
Yellow corn	55.31	55.21	54.31	54.21	53.31	53.21
Soybean meal(45%)	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40
Corn gluten meal	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Animal fat	5.07	5.07	5.07	5.07	5.07	5.07
Dicalcium phosphate	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99
Limestone	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Choline-Cl (50%)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Lysine-HCl	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
DL-Methionine	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Anticoccidial	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Chlortetracycline(100g)	-	0.10	-	0.10	-	0.10
AC	-	-	1.00	1.00	2.00	2.00
Mineral mix ²	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Vitamin mix ³	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Calculated value of basal diet

Crude protein (%)	21.50
TMEn (kcal/kg)	3,100
Ca (%)	1.00
Available P (%)	0.45
Lysine (%)	1.20
Met + Cys (%)	0.90

¹ (-) Control, commercial diet devoid of antibiotics, (+) control, commercial diet containing antibiotics; T1, (-) control+AC 1.0%; T2, (+) control+AC 1.0%; T3, (-) control+AC 2.0%; T4, (+) control+AC 2.0%.

² Mineral mixture provided the following nutrients per kg of diet: Fe, 96 mg; Zn, 120 mg; Mn, 144 mg; Cu, 10 mg; I, 2 mg; Co, 0.48 mg; Se, 0.36 mg.

³ Vitamin mixture provided the following nutrients per kg of diet: vitamin A, 21,000 IU; vitamin D₃, 4,500 IU; vitamin E, 60.0 mg; vitamin K₃, 3.6 mg; vitamin B₁, 1.8 mg; vitamin B₂, 7.5 mg; vitamin B₆, 4.5 mg; vitamin B₁₂, 0.03 mg; niacin, 60.0 mg; pantothenic acid, 15.0 mg; folic acid, 0.75 mg; biotin, 0.105 mg.

⁴ Abbreviation used; AC, activated charcoal mixed with wood vinegar.

Table 2. Formula and composition of experimental diet for broiler finisher¹ (Experiment 1 - Phase II)

Ingredients (%)	(-) control	(+) control	T1	T2	T3	T4
Yellow corn	60.75	60.65	59.75	59.65	58.75	58.65
Soybean meal (45%)	28.38	28.38	28.38	28.38	28.38	28.38
Corn gluten meal	3.18	3.18	3.18	3.18	3.18	3.18
Animal fat	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25
Dicalcium phosphate	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Limestone	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Choline (50%)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Lysine-HCl	-	-	-	-	-	-
DL-Methionine	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Anticoccidial	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Chlortetracycline (100g)	-	0.10	-	0.10	-	0.10
AC	-	-	1.00	1.00	2.00	2.00
Mineral mix ²	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Vitamin mix ³	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Calculated value of basal diet

Crude protein (%)	19.50
TMEn (kcal/kg)	3,100
Ca (%)	0.90
Available P (%)	0.36
Lysine (%)	1.00
Met + Cys (%)	0.70

¹ (-) Control, commercial diet devoid of antibiotics, (+) control, commercial diet containing antibiotics; T1, (-) control+AC 1.0%; T2, (+) control+AC 1.0%; T3, (-) control+AC 2.0%; T4, (+) control+AC 2.0%.

² Mineral mixture provided the following nutrients per kg of diet: Fe, 96mg; Zn, 120mg; Mn, 144mg; Cu, 10mg; I, 2mg; Co, 0.48mg; Se, 0.36mg.

³ Vitamin mixture provided the following nutrients per kg of diet: vitamin A, 21,000IU; vitamin D₃, 4,500IU; vitamin E, 60.0mg; vitamin K₃, 3.6mg; vitamin B₁, 1.8mg; vitamin B₂, 7.5mg; vitamin B₆, 4.5mg; vitamin B₁₂, 0.03mg; niacin, 60.0mg; pantothenic acid, 15.0mg; folic acid, 0.75mg; biotin, 0.1mg.

⁴ Abbreviation used; AC, activated charcoal mixed with wood vinegar.

간 가열하고 상온에서 30분간 방냉시킨 후 측정하였다.

전단력기는 시료를 2 cm 두께로 절단하여 75°C water bath에서 30분간 가열하고 실온에서 30분간 냉각시킨 후 근 섬유와 평행하게 시료채취기(직경 11 mm)로 취하여 blade set (Warner-Bratzler blade)가 장착된 Texture Analyser (TA-

XT2i, Stable Micro Systems, England)를 이용하여 측정하였으며, 이 때의 cross head speed는 2 mm/sec로 하였다.

보수력은 Grau and Hamm (1953)의 filter paper press법을 응용하여 특수 제작된 plexiglass plate 중앙에 여과지(Whatman No. 2, UK)를 놓고 시료 300 mg을 취하여 그 위에 놓

Table 3. Formula and composition of experimental diet for laying hen¹ (Experiment 2)

Ingredients (%)	Control	T1	T2
Corn	62.02	61.02	60.02
Wheat	3.00	3.00	3.00
Lupin seed	4.00	4.00	4.00
Soybean meal (45%)	13.96	13.96	13.96
Rapeseed meal	2.00	2.00	2.00
Meat meal	3.00	3.00	3.00
Limestone	9.51	9.51	9.51
Dicalcium phosphate	0.55	0.55	0.55
Salt	0.25	0.25	0.25
Tallow	0.80	0.80	0.80
Choline-chloride (50%)	0.08	0.08	0.08
DL-Methionine	0.07	0.07	0.07
Mineral mix ²	0.10	0.10	0.10
Vitamin mix ³	0.10	0.10	0.10
Phytase	0.06	0.06	0.06
Chlortetracycline(100g)	0.50	0.50	0.50
AC	-	1.00	2.00
Total	100.00	100.00	100.00
Calculated value of basal diet			
Dry matter (%)		88.80	
Crude protein (%)		16.10	
Ether extract (%)		2.95	
Crude fiber (%)		3.40	
Crude ash (%)		11.97	
Ca (%)		3.86	
Available P (%)		0.50	
Met+Cys (%)		0.65	
TMEn (kcal/kg)		2,800	

¹ Control; commercial diet; T1, control+AC 1.0%; T2, control+AC 2.0%.

² Mineral mixture provided following nutrients per kg of diet : Fe, 48 mg; Zn, 60 mg; Mn, 72 mg; Cu, 5 mg; I, 1 mg; Se, 0.18 mg; Co, 0.24 g.

³ Vitamin mixture provided following nutrients per kg of diet : vitamin A, 12,000 IU; vitamin D₃, 3,000 IU; vitamin E, 21 IU; vitamin K¹, 2.4 mg; vitamin B₁, 1.2 mg; vitamin B₂, 4.8 mg; vitamin B₆, 2.4 mg; vitamin B₁₂, 0.02 mg; niacin, 15 mg; pantothenic acid, 10mg; folic acid, 0.3 mg.

⁴ Abbreviation used; AC, activated charcoal mixed with wood vinegar.

은 다음 plexiglass plate 1개를 그 위에 포개 놓고 일정한 압력으로 2분간 압착시킨 후 여과지를 꺼내어 고기 육편이 묻어 있는 부분의 면적과 수분이 젖어 있는 부분의 총면적을 planimeter (Type KP-21, Koizumi, Japan)를 사용하여 측정하고 그 비율을 계산하였다.

육색은 시료의 표면을 Colormeter (Chromameter, CR210, minolta, Japan)을 사용하여 명도(lightness)를 나타내는 L-값, 적색도(redness)를 나타내는 a-값과 황색도(yellowness)를 나타내는 b-값을 측정하였다. 이 때의 표준색은 L-값이 97.69, a-값이 -0.43, b-값이 +1.98인 calibration plate를 사용하였다.

4) 육계 육질의 관능적 특성

시료를 1±0.2 cm의 일정한 두께로 정형하여 150℃로 예열된 전기그릴(HOBART, CG20-1, USA)위에 놓고 중심온도가 45℃에 이르렀을 때 뒤집어 가열하여 최종 중심 온도가 72℃에 도달했을 때 꺼내어 일정한 크기로 썰어서 관능 평가 시료로 이용하였으며, 관능 평가의 경험이 있는 6명의 관능 평가 요원을 구성하여 가열 조리된 시료에 대하여 연도, 맛, 풍미, 다즙성을 9 point hedonic scale에 의해 조사하였다.

5) 장 내 균총 변화

5주간의 실험 종료 후, 생체중 측정치의 평균에 해당하는 개체를 처리구 별로 10 수씩 선발하여 도살한 후 맹장을 내용물과 함께 적출하여 냉동 보관하였다. 이후 멸균된 생리식염수에 현탁하여 homogenizer로 균질화시킨 다음 적당한 비율로 희석하여 생균수 측정용 시료로 사용하였다. AC의 첨가에 의한 맹장 내의 total microbes, *Coli* forms, lactic acid bacteria 균수를 측정하기 위해 총 세균에는 Total plate agar (Difco, BD Science, USA)를 lactic acid bacteria에는 MRS agar를, *Coli* forms 에는 MacConkey agar (Difco, BD science, USA)를 사용하였고, 37℃에서 38시간 배양 후 균수 측정을 하였다.

6) 산란계의 혈청 및 계란 내 항생제 수준

2주간의 사양실험 후에 각 처리구에서 유사한 체중을 지닌 개체를 각각 7수씩 선발하여 혈액을 채취한 후 원심분리를 하여 혈청을 분리하였고 얻어진 혈청을 혈액 내 항생제 농도를 측정하기 위한 시료로 이용하였으며, 계란 내 항생제 수준을 분석하기 위하여 사양 실험 종료시에 각 처리구의 계란을 수거하여 시료로 이용하여 Cherlet et al. (2005)에 의한 방법을 응용하여 분석하였다.

(1) Plasma 시료 준비

채취한 plasma 1 mL를 1% acid methanol 1 mL에 넣은 후 20분간 vortex한 후 11,000 rpm에서 15분간 원심분리를 하였다. 상층액에 1% acid methanol 1 mL를 가하고 10분간 vortex한 후 11,000 rpm에서 15분간 원심분리 하였다. 회수한 상층액을 0.2 μ m syringe filter를 이용하여 여과하여 준비하였다.

(2) Egg yolk 샘플 준비

계란 무게를 측정 후 난황만 회수하여 난황에 1% acid methanol 100 mL 첨가하여 5분간 homogenization한다. 6,500 rpm에서 20분간 원심분리한 후 상층액을 10,000 rpm에서 10분간 원심분리한다. 회수한 상층액을 50°C water bath에서 evaporation 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하고 회수된 상층액을 0.2 μ m syringe filter를 이용하여 여과하여 준비한다.

(3) 분석 방법

CTC standard (Sigma)를 1 mg/L 가 되게 1% acid methanol에 희석하여 HPLC (Agilent 1100, Agilent Technologies, inc., USA)에서 분석하였다. Mobile phase는 0.01M oxalic acid/ ACN/MeOH=70/20/10로 하였고, 4.6 \times 100 mm column (Chromolith RP-18e, Merck, Germany)을 사용하였으며, flow rate는 1 mL/min, detection은 360 nm, injection volume은 10 μ L, solvent로는 1% acid methanol을 사용하였다.

5. 통계 분석

모든 얻어진 결과에 대한 통계 분석은 SAS (SAS, 2002)의 General Linear Model (GLM) program을 이용하여 실시하였고 분산 분석상에 통계적인 유의차가 인정될 때 Duncan의 다중 검정을 이용하여 처리간의 유의성을 검정하였다 (Duncan, 1955).

결과 및 고찰

1. 육계 생산성에 미치는 영향

AC 첨가 사료의 급여가 성장 성적에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 4에 나타내었다. AC의 급여 후 사료 섭취량, 증체량 및 사료 요구율에서 처리간에 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.

1일 평균 수당 사료 섭취량은 T4처리구(항생제+AC 2% 첨가구)에서 86.51g으로 가장 높았고, T3 처리구(무항생제+AC 2% 첨가구)에서 81.61g으로 가장 낮았으나 처리간의 유의한 차이는 아니었다. 1일 수당 평균 증체량과 사료 요구율에서도 처리간에 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.

류경선 등(1997)은 육계 실험에서 0.2%의 목탄액 단일 처리구는 다른 처리구에 비해 증체량이 증가하는 경향을 보였으며, 목탄과 목탄액 혼합 급여구는 대조구와 목탄 단일 급여구에 비하여 증체량이 감소되는 경향을 보였다고 보고하였다. 황미자(1995)는 활성탄을 돼지에 급여 후 사료 효율 검정 실험에서 활성탄 첨가구에서 사료 효율이 개선되었다고 보고하였다. 활성탄의 육계 및 산란계 사료내 첨가는 사료 섭취량, 증체량, 사료 효율을 개선시키고, 지방의 배출을 늘려 침착을 감소시킨다는 연구 결과가 발표된 바 있다(Kutlu et al., 2001).

본 실험에서는 AC 첨가 사료의 급여가 성장에 부정적인 영향은 없는 것으로 판단되었으며, 추후에는 에너지와 기타 영양소 수준을 동일하게 설계한 조건에 AC를 부가함으로써 성장 성적에 미치는 영향을 재검토할 필요가 있다.

2. 간, 복강 지방, 가슴육, 기타 기관의 상대적 중량에 미치는 영향

AC 첨가 사료의 급여가 도체 특성에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 5에 명시하였다. 간, 면역 기관(비장, F낭) 및

Table 4. Effects of dietary activated charcoal on body weight, feed intake and feed conversion rate in broiler chicks¹

	(-) Control	(+) Control	T1	T2	T3	T4
Initial BW (g/bird)	45.76 \pm 0.02	45.76 \pm 0.02	45.76 \pm 0.04	45.67 \pm 0.11	45.76 \pm 0.02	45.48 \pm 0.50
Final BW (g/bird)	1,669.87 \pm 59.83	1,613.21 \pm 28.92	1,644.39 \pm 43.01	1,645.86 \pm 12.54	1,597.81 \pm 17.61	1,634.77 \pm 49.19
Feed consumption (g/day/bird)	85.03 \pm 2.32	84.51 \pm 1.94	83.80 \pm 0.91	84.42 \pm 2.24	81.61 \pm 1.01	86.51 \pm 0.19
BW gain (g/day/bird)	46.40 \pm 1.71	44.63 \pm 0.75	45.68 \pm 1.23	45.72 \pm 0.36	44.08 \pm 0.74	45.21 \pm 1.49
Feed/gain	1.83 \pm 0.02	1.89 \pm 0.05	1.84 \pm 0.03	1.85 \pm 0.04	1.85 \pm 0.02	1.92 \pm 0.06

¹ (-) Control, commercial diet devoid of antibiotics, (+) control, commercial diet containing antibiotics; T1, (-) control+AC 1.0%; T2, (+) control+AC 1.0%; T3, (-) control+AC 2.0%; T4, (+) control+AC 2.0%.

지방 조직의 상대적 중량에서 처리간에 유의한 차이는 인정되지 않았다. 가슴근육의 상대적 중량은 AC 2% 첨가구(T3 및 T4 처리구)가 대조구에 비해 다소 낮았으나 다리 부위의 상대적 중량은 T3 처리구(무항생제+AC 2% 첨가구)가 9.01로 가장 높은 것으로 나타났으나 처리간에 통계적인 차이는 인정되지 않았다. 복강지방 중량은 AC 첨가에 의해 수치적으로 감소하는 결과가 관찰되었으나 유의성은 없었다.

류경선 등(1997)은 목탄과 목탄액을 이용한 육계 실험에서 복강 지방은 0.2% 목탄액과 0.5% 목탄 혼합 급여구와 목탄액 단일 급여구는 각각 체중의 0.385%와 0.399%로서 다른 처리구에 비하여 낮았으나 처리구간에 통계적인 차이는 없었고, 간의 체중에 대한 비율은 목탄과 목탄액 혼합 급여구에서 0.711%로 다른 처리구에 비하여 현저하게 높았으며 ($P<0.05$), 목탄액 혹은 목탄 단일 첨가구는 대조구에 비하여

낮은 경향을 나타낸다고 하였다. 가슴육에서 지방 함량은 목탄액 단일 급여구가 다른 처리구와 통계적인 유의차를 보였으나($P<0.05$) 이러한 원인은 증체량의 차이에 기인한 것으로 사료된다고 보고하였다.

본 실험에서는 육계 사료 내 AC 첨가에 따른 생산성 저하 및 내부 장기 무게의 증가와 같은 부정적인 영향이 유의적이지는 않았고, 가슴근육 생산량에 관해서는 다소 감소하는 것으로 나타났다.

3. 가식성 근육의 물리적 특성에 미치는 영향

AC 첨가 사료의 급여가 가식성 근육의 물리적 특성에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 6에 명시하였다. 전단력가는 (-) 대조구가 2.61로 가장 낮았고, T4 처리구(항생제 + AC 2% 첨가구)에서 3.85로 가장 높은 수준으로 나타났으며($P<$

Table 5. Effects of dietary activated charcoal on relative weights of liver, spleen, abdominal fat and breast muscle in broiler chicks¹

	(-) Control	(+) Control	T1	T2	T3	T4
	- g/100g BW -					
Liver	2.67±0.15	2.57±0.17	2.47±0.07	2.48±0.20	2.63±0.10	2.45±0.12
Spleen	0.10±0.01	0.11±0.01	0.11±0.01	0.09±0.00	0.09±0.01	0.11±0.01
Abdominal fat	2.00±0.15	1.79±0.09	1.68±0.08	1.75±0.12	1.65±0.15	1.53±0.10
F bursa	0.28±0.01	0.30±0.03	0.31±0.03	0.28±0.02	0.28±0.02	0.32±0.03
Breast	6.51±0.24	6.53±0.16	6.49±0.17	6.49±0.19	6.37±0.16	6.26±0.11
Leg	8.74±0.11	8.81±0.21	8.82±0.15	8.98±0.16	9.01±0.16	8.84±0.17

¹ (-) Control, commercial diet devoid of antibiotics, (+) control, commercial diet containing antibiotics; T1, (-) control+AC 1.0%; T2, (+) control+AC 1.0%; T3, (-) control+AC 2.0%; T4, (+) control+AC 2.0%.

Table 6. Effects of dietary activated charcoal on shear force, water holding capacity, heating loss, lightness (L), redness (a) and yellowness (b) of carcass in broiler chickens¹

	(-) Control	(+) Control	T1	T2	T3	T4
Shear force (kg)	2.61±0.12 ^c	3.11±0.14 ^b	3.24±0.17 ^b	3.39±0.19 ^b	3.41±0.16 ^b	3.85±0.13 ^a
Water holding capacity (%)	44.90±1.46	41.78±0.73	46.91±1.74	48.17±1.70	47.16±1.59	40.58±1.24
Heating loss (%)	25.67±0.50	25.37±0.77	24.91±0.37	26.74±0.49	25.62±0.54	26.07±0.52
Lightness(L)	54.92±0.64	57.73±0.59	56.42±0.51	56.02±0.66	55.71±0.46	56.70±0.38
Redness(a)	9.36±0.23 ^a	7.65±0.17 ^b	7.86±0.21 ^b	7.76±0.21 ^b	8.28±0.21 ^b	7.70±0.21 ^b
Yellowness(b)	11.95±0.53 ^c	15.02±0.62 ^a	13.92±0.57 ^{ab}	14.95±0.50 ^a	13.35±0.41 ^{bc}	15.42±0.56 ^a

¹ (-) Control, commercial diet devoid of antibiotics, (+) control, commercial diet containing antibiotics; T1, (-) control+AC 1.0%; T2, (+) control+AC 1.0%; T3, (-) control+AC 2.0%; T4, (+) control+AC 2.0%.

^{a-c} Mean±SE within a row with no common letter are significantly different ($P<0.05$).

0.05), (-) 대조구에 비해 (+) 대조구와 AC를 첨가한 모든 처리구에서 통계적으로 유의하게 높은 것으로 관찰되었으나($P<0.05$), 항생제를 첨가한 (+) 대조구에 비해서는 T4 처리구만 유의하게 높은 것으로 나타났다. 보수력과 가열 감량 항목에서는 처리간에 큰 차이가 없었다.

문성실 등(2002)은 활성탄을 돼지 사료에 첨가 급여했을 때 가열 감량의 변화는 등심 부위와 삼겹 부위에서 유의적인 차이가 인정되지 않았다고 보고하였다. 또한 삼겹 부위에서 0.6% 활성탄 첨가구가 대조구에 비해 낮은 가열 감량을 나타내었다고 하였다.

AC 첨가 사료의 급여가 가슴 근육의 육색에 미치는 영향에 대한 결과는 적색도, 황색도 항목에서 유의한 차이가 인정되었다($P<0.05$). 적색도는 (-) 대조구가 가장 높았으나($P<0.05$), (+) 대조구와 AC 처리구 간의 차이는 없는 것으로 관찰되었다. 황색도는 (-) 대조구가 가장 낮은 수준으로 관찰되었으며($P<0.05$), T3 처리구를 제외하고, (+) 대조구와 AC 처리구간의 차이는 없는 것으로 관찰되었다.

박창일과 김영직(2001)은 활성탄 첨가 수준에 따른 계육의 부위별 육색 변화에서 명도를 나타내는 L값의 변화는 없었고, 적색도를 나타내는 a 값은 첨가 수준에 따른 유의성은 없었으며, 부위에 따라서는 유의성이 인정되었고, 황색도를 나타내는 b 값은 첨가 수준 및 부위에 따른 통계적인 유의성은 인정되지 않았다고 보고하였다.

가금육의 경우, 특히 가슴근육은 백색근으로 되어 있어 적색도보다는 황색도가 높은 것이 유리하다고 알려져 있어서 AC 첨가가 육색의 변화에 긍정적인 영향을 미친 것으로 생각되었다. AC 첨가 급여 후의 진단력 및 육색의 변화가 어떠한 원인에 의한 것인지는 본 실험만으로는 판단하기 어려우며 이들 기전을 명확히 하기 위해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

4. 육질의 관능 특성에 미치는 영향

AC 첨가 사료의 급여가 가슴육의 관능적 특성에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 7에 나타내었다. 풍미, 연도, 다즙성 및 총체적 선호도 항목 모두 처리간에 유의한 차이는 인정되지 않았다. 총체적 선호도에서는 AC 1% 첨가구(T1 및 T2 처리구)의 평균이 대조구 및 AC 2% 첨가구(T3 및 T4)의 평균에 비해 다소 높았으나, 통계적인 유의한 차이는 없었다.

윤병선 등(2005)은 산란계의 육질 개선 연구에서 목초액의 첨가가 전체적인 고기의 맛에서 가장 좋은 평가를 받았으나, 관능 검사의 결과에서 처리구별 커다란 차이는 없었다고 보고하였다. 문성실 등(2002)은 돼지 사료에 활성탄을 급여한 돈육 등심의 관능적 특성 결과는 육향, 육색 및 다즙성 등에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았지만, 기호성에 있어서는 활성탄 첨가구가 대조구에 비해 유의적으로($P<0.05$) 높은 것으로 나타났다고 보고하였다.

조사한 모든 항목에서 처리간에 뚜렷한 차이가 없는 것으로 보아 AC의 사료 내 첨가가 계육의 관능적 특성을 개선하여 주리라고는 기대하기 어려울 것으로 판단되었다.

5. 장 내 균총 변화

AC 첨가 사료의 급여가 장 내 균총의 변화에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 8에 명시하였다. 총 균수, 대장균 및 유산균 수에서는 처리간에 유의한 차이가 있음이 관찰되었다($P<0.05$). 총 균수는 항생제 또는 AC 급여에 의해 유의하게 감소하거나($P<0.05$), 감소하는 경향이 관찰되었으며, 대장균 수에서도 유사한 변화가 관찰되었다. 유산균 수는 (-) 대조구에서 7.14 log cfu로서 다른 처리구에 비해서 유의하게 높은 수준을 나타내는 것으로 관찰되었다($P<0.05$).

Watarai (2005)은 목초액의 첨가가 *S. enteritidis*의 성장을 억제하고, 장내 *E. faecium*과 *B. thermophilum*의 성장을 자극

Table 7. Effects of dietary activated charcoal on meat flavor, tenderness, juiciness and overall acceptability in broiler chickens¹

	(-) Control	(+) Control	T1	T2	T3	T4
Flavor	8.00±0.38	7.75±0.37	7.63±0.38	7.88±0.30	7.63±0.38	7.63±0.42
Tenderness	8.00±0.33	8.13±0.30	7.75±0.31	7.50±0.19	7.38±0.26	7.13±0.23
Juiciness	7.50±0.42	7.63±0.26	7.50±0.33	7.38±0.18	7.25±0.25	7.00±0.27
Overall acceptability	7.75±0.25	8.13±0.23	8.00±0.27	8.13±0.30	7.75±0.16	7.50±0.38

¹ (-) Control, commercial diet devoid of antibiotics, (+) control, commercial diet containing antibiotics; T1, (-) control+AC 1.0%; T2, (+) control+AC 1.0%; T3, (-) control+AC 2.0%; T4, (+) control+AC 2.0%.

Mean±SE.

Table 8. Effect of dietary activated charcoal on intestinal microflora in broiler chicks¹

	(-) Control	(+) Control	T1	T2	T3	T4
	----- log cfu/g -----					
Total microbes	8.00±0.35 ^a	6.94±0.12 ^{abc}	7.41±0.34 ^{ab}	7.00±0.17 ^{abc}	5.51±0.82 ^c	6.28±0.71 ^{bc}
Coli forms	4.36±0.25 ^a	3.44±0.15 ^b	4.07±0.16 ^{ab}	3.75±0.20 ^{ab}	3.45±0.14 ^b	3.94±0.33 ^{ab}
Lactic acid bacteria	7.14±0.03 ^a	6.62±0.09 ^b	6.65±0.16 ^b	6.46±0.25 ^b	6.46±0.12 ^b	6.68±0.03 ^b

¹ (-) Control, commercial diet devoid of antibiotics, (+) control, commercial diet containing antibiotics; T1, (-) control+AC 1.0%; T2, (+) control+AC 1.0%; T3, (-) control+AC 2.0%; T4, (+) control+AC 2.0%.

^{a-c} Mean±SE within a row with no common letter are significantly different ($P<0.05$).

Table 9. Effect of dietary activated charcoal on chlortetracycline residues in serum and egg yolk of laying hens

	Control ¹	AC 1.0% ²	AC 2.0%
Serum (ppb)	450.56±39.39 ^a	306.66±30.92 ^b	259.96±43.80 ^b
Egg yolk (ppb)	12.06± 3.12 ^a	2.06± 0.88 ^b	1.71± 1.01 ^b

¹ Control, commercial diet containing antibiotics.

² Abbreviation used; AC, activated charcoal mixed with wood vinegar.

^{a,b} Mean±SE within a row with no common letter are significantly different ($P<0.05$).

하는 효과가 있다고 보고하였다.

본 실험에서는 육계 사료 내 AC의 첨가가 항생제 급여에 의한 유익균의 감소를 완화시킨 것으로 보이지는 않았다. 그러나 대장균과 같은 병원성 미생물에 대해서는 항생제와 유사한 정도의 억제 효과를 발휘한 것으로 사료되었다.

6. 혈청 및 계란 내 항생제 수준에 미치는 영향

항생제 함유 산란계 사료 내에 AC 첨가 급여가 혈청 및 계란 내 항생제 잔류에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 9에 나타내었다. AC를 첨가하지 않은 대조구가 AC 첨가 실험구에 비해 유의적으로 혈청 및 계란 내 항생제 수준이 높은 것으로 나타났으며($P<0.05$), AC 2% 첨가구의 혈청 및 계란 내 항생제 수준은 AC 1% 첨가구에 비해 다소 낮아지는 경향을 보여 주었다.

치료용 수준의 oxytetracycline (OTC) 0.5g/L의 사용 시, 계란에 항생제가 잔류되며, 난황에서는 휴약 후 9일까지, 난백에서는 휴약 후 6일까지 검출된다고 보고된 바 있다(Yoshimura et al., 1991). Narasin 2.5 ppm은 산란계에서 급여기간에 따라 난황 내 잔류 및 축적이 증가하고 7일의 휴약 후

에도 검출된다(Rokka et al., 2005).

본 실험에서 사료 내 AC의 첨가 급여가 항생제의 체내 흡수를 감소시키고 생산물 내로의 항생제 전이를 억제하다는 고무적인 결과라 할 수 있다. AC의 첨가 급여가 항생제의 장내 흡수를 억제하는 것인지 또는 체내에서의 항생제 분해 및 배설을 촉진한 것인지는 밝힐 수가 없었다. 추가적인 실험을 통해 장내 항생제 대사, 흡수 및 전이 억제 기전에 대해서는 명확히 밝힐 필요가 있겠다.

적 요

본 연구의 목적은 목초액 함유 활성화탄(activated charcoal mixed with wood vinegar, AC)의 급여가 육계의 생산성 및 산란계에서 혈중 및 계란내 항생제 수준에 미치는 영향을 규명하기 위하여 본 연구를 실시하였다. 실험 1은 450수의 1일령 육용종 Ross 수평아리를 공시하여 처리당 3반복 반복 당 25수씩 완전임의 배치하고, 항생제 0%(T1), 항생제 0.1%(T2), AC 1%(T3), AC 1% + 항생제 0.1%(T4), AC 2% (T5), AC 2% + 항생제 0.1%(T6)를 함유하는 실험 사료를 각각 5주간 급여하였다. 사료 섭취량과 증체량은 주 단위로 조사하여 성장 성적에 미치는 영향을 평가하였다. 실험 5주차 종료시에 각 처리구별로 10수씩 선발하여 도살하였고, 간, 복강지방, 가슴육, 기타 기관의 상대적 중량을 측정함으로써 도체 특성을 조사하였다. 가식성 근육의 물리적 특성은 가열 감량, 전단력, 보수력, 육색을 측정하였고, 육질의 관능적 특성은 연도, 맛, 풍미, 다즙성 등을 측정하였다. 장 내 균 총 변화에 미치는 영향에서 총 균수, 대장균 및 유산균수를 조사하였다. 실험 2는 40주령의 Hy-Line Brown 산란계 90수를 공시하여 항생제 0.5%에 AC 0%(C), AC 1.0%(T1), AC

2.0%(T2)를 함유하는 실험 사료를 각각 2주간 급여하였다. 종료 후 혈액 채취 및 계란을 수거하여 혈액 및 계란 내 항생제 잔류 수준을 측정하였다.

실험 1에서 사료 섭취량, 증체량 및 사료 요구율은 처리 구간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 대사 에너지, 조 단백질 및 기타 필수 영양소 수준을 고려하면 AC의 급여가 성장에 부정적인 영향은 없는 것으로 판단되었다. 간, 복강 지방, 가슴육, 기타 기관의 상대적 중량에서는 처리간에 통계적으로 유의한 차이는 인정되지 않았다. 보수력과 가열 감량 항목에서는 처리간에 큰 차이가 없었으나, 전단력가는 대조구에 비해 AC 첨가구에서 유의하게 높아지는($P<0.05$) 경향을 나타내었다. 대조구에 비해 실험구에서 적색도는 낮아지는 경향을, 황색도는 증가하는 경향을 나타내었다. 풍미, 연도, 다즙성 및 총체적 선호도 항목 모두 처리간에 유의한 차이는 인정되지 않았다. 장 내 총균수, *coli* form 및 lactic acid bacteria 수는 항생제를 첨가한 (+) 대조구와 AC를 첨가한 처리구가 항생제를 첨가하지 않은 (-) 대조구에 비해 유의하게 낮은 수준이거나($P<0.05$), 낮은 경향을 보였다.

실험 2에서는 AC 급여에 의해 혈청 및 계란 내 항생제 잔류량이 유의하게 감소하는 결과가 관찰되었다($P<0.05$). 특히 AC 급여 수준이 증가함에 따라 계란 내 항생제 잔류량은 유의하게 감소하였다.

본 연구에서는 육계 사료 내 AC의 첨가 급여가 생산된 계육의 외관적 특성을 개선시키는 효과가 시사되었고, 장 내 총균수, 대장균 및 유산균수를 감소시키는 시키는 결과를 보였다. 산란계 사료 내 AC의 첨가 급여가 혈청 및 계란 내 항생제 잔류를 감소시키는 결과를 나타내었다.

(색인어 : 활성탄, 목초액, 생산성, 항생제 잔류, 육계, 산란계)

사 사

본 연구는 국립산림과학원의 연구비 지원을 받아 수행되었습니다.

인용문헌

- Bamberg JB, Hanneman Jr, Towill LE 1986 Effects of filtration through activated carbons on peroxide, thiobarbituric acid and carbonyl values of autoxidized soybean oil. *J Amer Oil Chem Soc* 68:561-565.
- Bradley KJ, Hamdy MK, Toledo RT 1987 Physicochemical factors affecting ethanol absorption by activated carbon. *Biotechnol Bioeng* 29:445-452.
- Buck WB, Bratich PM 1985 Experimental studies with activated charcoals and oils in preventing toxicoses. *Proc Annu Meet Am Assoc Vet* 24: 193-200.
- Cherlet MM, Croubels S, De Backer P 2003 Quantitative multi-residue analysis of tetracyclines and their 4-epimers in pig tissues by high-performance liquid chromatography combined with positive-ion electrospray ionization mass spectrometry. *Anal Chim Acta* 492:199-213.
- Clark BG, Hydamaka AW, Gallop RA 1984 The feasibility of recycling poultry chiller water, after activated carbon treatment. *Future of water reuse : Proceedings of the Water Resuse Symposium III. August 26-31 1984 San Diego, California.* pp. 1762-1776.
- Dalvi RR, Ademoyer AA 1984 Toxic effects of aflatoxin B1 in chickens given feed contaminated with *Aspergillus flavus* and reduction of the toxicity by activated charcoal and some chemical agents. *Avian Dis* 28:61-69.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F test. *Biometer* 11:1-42.
- Edrington TS, Kubena LF, Harvey RB, Rottinghaus GE 1997 Influence of a superactivated charcoal on the toxic effects of aflatoxin or T-2 toxin in growing broilers. *Poultry Sci* 76:1205-1211.
- Grau R, Hamm R 1953 Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Muskel. *Naturwissenschaften* 40:29-31.
- Guthrie HD, Bolt DJ, Kiracofe GH, Miller KF 1987 Effect of charcoal-extracted porcine follicular fluid and 17 beta-estradiol on follicular growth and plasma gonadotropins in gilts fed a progesterone agonist, altrenogest. *J Anim Sci* 64:816-826.
- Hinshelwood M, Kamel M, Dierschke DJ, Hauser ER 1991 Effects of charcoal-extracted follicular fluid on reproductive function in postpartum cows. *Domest Anim Endocrinol* 8:37-54.
- Huang CP, Fu, PLK 1984 Treatment of potato processing waste waters by activated carbon process. *J Water Poul*

- Control Fed 56:233-242.
- Johnson L 1983 Effects of activated charcoal in anther cultures *Anemone canadensis*, *Anemone hypothesis*, *Clematis viticella*, *Papaver setigerum*, poppies, *Nicotiana tabacum*, tobacco, phenolic contents of the culture medial. *Physiol Plant* 59:397-403.
- Kishimoto S, Sugiura G 1985 Charcoal as a soil conditioner. Symposium of forest products research international achievements and the future : 22-26 Apr. 1985 Pretoria. National Timber Research Institute of the South African Council for Scientific and Industrial Res 5:12.23.1-12.23.16.
- Kutlu HR, Unsal I, Gorgulu M, 2001 Effects of providing dietary wood (oak) charcoal to broiler chicks and laying hens. *Anim Feed Sci Tech* 90:213-226.
- National Research Council 1994 Nutrient Requirements of Poultry. 11th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Pollet RA, Glatz CE, Dyer DC 1984 Oral absorption of chlorotetracycline in turkeys: influence of citric acid and *Pasteurella multocida* infection. *Poultry Sci* 63:1110-1114.
- Rokka M Eerola S, Pertilä U, Rossow L, Venäläinen E, Valkonen E, Valaja J, Peltonen K 2005 The residue levels of narasin in eggs of laying hens fed with unmedicated and medicated feed. *Molecular Nutrition & Food Research* 49 (1):38-42.
- SAS Institute 2002 SAS/STAT User's Guide : Statistics. Version 8.1, 4th Editon. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Watarai. S 2005 Eliminating the carriage of *Salmonella enterica* serovar *enteritidis* in domestic fowls by feeding activated charcoal from bark containing wood vinegar liquid (Nekka-Rich). *Poult Sci* 84(4):515-521.
- Yoshimura H, Osawa N, Rasa FS, Hermawati D, Werdining-sih S, Isriyanthi NM, Sugimoti T 1991 Residues of doxycycline and oxytetracycline in eggs after medication via drinking water to laying hens. *Food Additives and Contaminants* 8:65-69.
- 구자운 2003 한국의 숯과 목초액. 소호산림문화과학연구보고서.
- 김광은 박성범 안경모 2000 숯과 목초액. 한림 저널사 pp. 77.
- 김영직 박창일 2001 활성탄의 첨가가 육계의 생산성 및 이화학적 특성에 미치는 영향. *한국축산식품학회지* 21: 24-21.
- 류경선 이문준 송근섭 나종삼 김종승 1997 목탄과 목탄액의 첨가가 육계의 생산성 및 육질에 미치는 영향. *한국가금학회지* 24:139-143.
- 문성실 신철우 강근호 주선태 박구부 2002 활성탄의 첨가급여가 돈육의 이화학적 특성과 지방산 조성에 미치는 효과. *한국축산식품학회지* 22:145-150.
- 박창일 김영직 2001 활성탄의 첨가가 계육의 지방산, 육색 및 무기물에 미치는 영향. *한국축산식품학회지* 21:285-291.
- 윤병선 남기택 장경만 황성구 최일신 2005 목초액을 이용한 산란노계의 육질 개선 연구. *한국가금학회지* 32:101-106.
- 허광선 정의덕 백우현 1999 목초액을 이용한 쓰레기 매립지 침출수의 악취제거에 관한 연구. *한국환경과학회지* 8: 607-610.
- 황미자 1995 활성탄의 첨가가 비육돈의 성장률과 사료 이용성 및 도체 성적에 미치는 영향. *건국대학교 석사학위논문*.