

버섯폐배지 발효사료 급여가 육계의 생산성에 미치는 영향

김정은* · 박상국 · 김태원 · 문 만 · 고재상 · 정승기¹ · 국 길²

전남축산기술연구소축산시험장, ¹(주)바이오리소스, ²전남대학교 농생물산업기술관리단

(접수 2010. 6. 24, 게재승인 2010. 12. 28)

Effects of feeding fermentation of spent mushroom substrate (FSMS) on growth performance in broiler chicks

Jung Eun Kim*, Sang kuk Park, Tae Won Kim, Man Mun,
Jae Sang Koh, Seung Ki Jeong¹, Kil Kook²

Livestock Breeding station, Jeollanamdo Livestock and Veterinary Research Institute

¹Bioresource Co. Ltd, ²Agro-Bioindustry Technical Support Center, Chonnam National University

(Received 24 June 2010, accepted in revised from 28 December 2010)

Abstract

This experiment was conducted to investigate the effect of fermented spent mushroom substrate (FSMS) on growth performance, blood profile, intestinal microflora and ammonia gas production of feces in broiler chickens. A total of three hundred sixty, 1-day-old male broiler chicks (Ross) were randomly divided into 3 groups with 6 replicates of 20 birds each. The treatments were control (free FSMS), 15% FSMS (basal diet with 15% FSMS) and 30% FSMS (basal diet with 30% FSMS). The final body weight and body weight gains were slightly improved in 30% FSMS than control ($P < 0.05$). Feed intake and feed conversion were significantly improved as compared to those of the control groups. The Leukocytes of blood serum in FSMS groups were significantly decreased as compared to those of control groups. There are no significant differences among the groups in the contents of albumin (ALB), total cholesterol (TCHO), glucose (GLU), aspartate aminotransferase (AST) and alanine aminotransferase (ALT) in blood serum. The content of total glucose (TG) in 30% FSMS containing dietary groups was significantly decreased as compared to that of the control groups. The content of HDLC in 30% FSMS containing dietary groups was significantly increased as compared to that of the control group. The number of lactobacillus in the intestinal microflora were significantly increased in chicks fed FSMS groups. The ammonia gas production in FSMS groups was significantly decreased as compared to that of the control groups. These results indicated that dietary FSMS exerted growth performance for feeding broiler.

Key words : Fermented spent mushroom substrate, Broiler chicken, Growth performance, Intestinal microflora, Fecal noxious gas

서 론

양계에 있어서 사료비가 차지하는 비중은 생산비의

53.9%로 가장 높다. 따라서 농가에서 생산비를 줄이기 위해 사료비를 줄이는 방법으로 여러 유기성 부산물들을 이용하고 있다.

버섯은 세계적인 10대 건강식품으로서 경제발전 정도에 비례하여 소비량이 증가하고 있는데 선진국은 1

*Corresponding author: Jung-Eun Kim, Tel. +82-62-944-2440,
Fax. +82-62-944-2450, E-mail. kje2864@korea.kr; buja-je@hanmail.net

인당 연간 5kg 이상이며 우리나라는 연간 3kg으로 추정된다. 버섯은 고혈압, 당뇨, 암 등 성인병 예방에 좋은 성분을 함유하고 있어 그 소비량이 증가됨에 따라 버섯재배량이 급증하고 있는 추세이다.

버섯폐배지란 버섯을 생산하고 남은 버섯의 배지를 말하는 것으로 재배방식에는 균상재배, 병재배, 원목재배가 있고, 이중 병재배시 이용되는 배지 재료는 톱밥을 주원료로하며 부원료로 면실피, 콘코프, 미강, 밀기울, 면실박 등을 혼합하여 이용되고 있다. 국내 버섯생산 현황은 병재배의 대표작물인 팽이와 새송이가 전국 대비 36,864톤과 46,357톤으로 약 57%를 차지하고 있고, 우리 전남지역에서는 전국 생산량 대비 팽이와 새송이의 생산량이 5,585톤과 13,219톤으로 약 23%를 차지하고 있는데 버섯 생산량이 급증함에 따라 폐배지의 발생량이 버섯생산량의 5~10배까지 발생하고 있으나 농가에서는 이러한 폐배지를 단순 퇴비원료로 이용하거나 농가주변에 방치하여 환경오염을 야기하고 있는 실정이다.

버섯은 재배되는 과정에서 배지내 함유하고 있는 영양분의 약 20%만이 이용되고 나머지는 폐배지 내에 남는다고 보고(Williams 등, 2001)되고 있으며, 재배되는 버섯종류에 따라 버섯균이 분비한 각종 생리활성물질과 단백다당류를 함유한 균사체를 포함하고 있어 가축사료로 충분한 이용가치를 지니고 있다. 그러나 폐배지의 주원료가 톱밥이므로 그 화학성분 구성이 NDF 73.6%, ADF 55%, lignin 19.1%, NFC 9.8% CP 8.1%, EE 2.1%, Ash 6.4%로 그 특성상 섬유소 함량이 높고 단백질 함량이 낮으며 비소화성 단백질이 높아 영양적 개선이 필요하다고 지적(김 등, 2007a)되고 있다. 따라서 섬유소 분해능력이 우수한 균주를 선발하여 발효과정을 거친다면 사료 이용가치가 충분히 있다. Krehbiel 등(2003)은 반추동물 사료에 directfed microbials (DFM 또는 probiotics)의 첨가시 이로온 효과를 나타낸다고 하였고, 또한 DFM 접종은 질류의 사일리지 특성 향상에도 효과가 있는 것으로 보고되었다(Gao 등, 2008). 김 등(2007b)은 CMCase와 xylanase의 활성이 높은 균주를 버섯부산물에서 분리 동정하여 버섯부산물에 재

접종 후 퇴적발효시켜 면양에게 급여하였을 때 영양소 소화율 개선 효과가 있었다고 하였다. 따라서 이 연구에서는 일반 새송이 버섯농장에서 버섯을 재배하고 나오는 폐배지를 *Trametes versicolor*, *Paenibacillus glucanolyticus*, *Lactobacillus casei*, *Bacillus subtilis* 및 *Saccharomyces cerevisiae*를 이용하여 미생물 발효처리 후 육계에 급여하여 생산성에 미치는 영향을 구명하여 육계사육농가의 사료비 절감 방안을 제시코자 실시하였다.

재료 및 방법

시험사료 및 발효방법

시험에 사용된 일반시판사료의 화학적 조성은 Table 1과 같다. 이 시판사료를 대조구로 사용하였으며, 화순군 소재 새송이버섯농장에서 배출된 신선한 톱밥 주원료 폐배지를 *T. versicolor*, *P. glucanolyticus*, *L. casei*, *B. subtilis* 및 *S. cerevisiae*를 이용하여 미생물 발효사료 배합기내에서 살균(121°C, 30분) → 냉각 후 혼합균주액 접종 → 1차 배양(25°C, 7일, pH 5.5-6.5, 30rpm) → 2차 배양(37°C, 3일, 30rpm) → 건조(45°C, 24시간) 과정의 공정으로 발효시킨 후, 이 발효버섯폐배지를 시판사료에 15% 및 30%씩 첨가하여 처리구로 사용하였다. 발효에 이용한 각각의 미생물 배양은 Table 2의

Table 1. Chemical composition of basal diet and fermentation of spent mushroom substrate (FSMS)

Items	Broiler starter	
	2-3 wks	4-5 wks
ME (Kcal/kg)	3,200	3,200
Crude protein (%)	20.0	19.0
Crude fat (%)	8.0	8.2
Crude fiber (%)	6.0	6.0
Crude ash (%)	8.0	8.0
Ca	0.5	0.5
A.P (%)	0.35	0.3
Lysine (%)	1.26	1.16
Met+Cys (%)	0.83	0.7

Table 2. Media and culturing conditions of microorganisms

Microorganisms	Selective media	Incubating temperature	Incubation time
<i>Trametes versicolor</i>	Potato dextrose broth (PDB)	25°C	200rpm, 7days
<i>Paenibacillus glucanolyticus</i>	Nutrient broth (NB)	30°C	200rpm, 3days
<i>Lactobacillus casei</i>	MRS broth	37°C	200 rpm, 24hrs
<i>Bacillus subtilis</i>	LB broth	37°C	200rpm, 24 hrs
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	PD broth	30°C	200 rpm, 24hrs

Table 3. Chemical composition of spent mushroom substrate's fermentation

	% of							Cal
	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Crude ash	Ca	P	
FSMS	43.32	8.88	2.36	15.51	9.36	1.97	0.52	2,361

조건에서 실시하였다. 혼합균주액의 최종 균수는 5×10^8 cfu/g이었으며 접종량은 버섯폐배지 1kg당 혼합균주액 20ml로 하였다. 발효완료된 버섯폐배지의 화학적 조성은 Table 3과 같다.

실험설계 및 사양관리

사양시험을 위하여 공시축은 (주)하림에서 공급하는 삼계용 육계 1일령 병아리 360수를 사양개시 1주령부터 출하전까지 28일간 20수씩 3처리구 6반복으로 임의배치하였다. 사육방법은 1주령의 육계병아리에 발효버섯폐배지를 일반 시판사료에 배합하여 총 4주간 급여하였으며, 시험기간 동안 물과 사료를 자유 섭취케 하였다. 공시축은 사육기간 동안 ND에 대한 백신을 2일, 10일 및 21일령에 음수접종 하였다.

조사항목 및 분석방법

사양시험은 시험구별로 체중, 사료급여량 및 사료잔량을 1~3주, 3~5주 간격으로 측정하여 증체량, 사료 섭취량 및 사료요구율을 조사하였다. 혈액검사 및 항체역가 측정을 위해 사양시험 종료 후 익하정맥에서 처리당 10수씩 혈액을 채취하여 자동혈액분석기(Fuji-film Drichem 3500i, Japan)와 혈구계산기(Hemavet 950, Drew/England)로 분석하였다. 뉴캐슬병은 ELISA 키트(Idexx社)를 사용하여 항체수준을 검사하였다. 장내 미생물검사를 위해 사양시험 종료 후 처리구당 10수씩 도제하여 맹장과 회장을 5g씩 무균적으로 채취하여 45ml의 멸균생리식염수를 첨가하여 $10^{-1} \sim 10^{-5}$ 까

Table 4. Media and culturing conditions

Microorganisms	Selective media	Incubation method	Incubation time (hrs)
<i>Salmonella</i> spp.	SS	Aerobic	24 (37°C)
<i>E. coli</i>	Petrifilm (3M)	Aerobic	24 (37°C)
<i>Lactobacillus</i> spp.	Rogosa SL	Aerobic	24 (37°C)

지 계단희석 하였으며 단계적으로 희석된 내용물을 배지에 각각 접종하였으며, 선택배지 및 배양조건은 Table 4와 같다. 배양 후 세균의 수는 각 plate의 colony-forming unit (cfu)로 계산 후 \log_{10} 으로 환산하였다. 분뇨중 암모니아가스 발생량은 각 처리구당 5수씩 임의 선발하여 케이지에 넣고 하루 동안 분변을 채취, 500ml 유리병에 각 40g씩 sampling하여 5일간 상온에서 발효시킨 후 암모니아가스측정기로 측정하였다.

통계분석

시험에서 얻어진 자료의 통계처리는 SAS package program(1995)을 이용하여 Duncan's multiple range test로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

육계 생산성

발효버섯폐배지 첨가가 육계의 생산성에 미치는 영향은 Table 5와 같았다. 증체량은 발효버섯폐배지 첨가가 대조구에 비해 약간 증가하였으나 유의적인 차이

Table 5. Effects of feeding fermentation of spent mushroom substrate (FSMS) on growth performance in broiler chicks

Items		Control	15% FSMS	30% FSMS
Body wt (g/bird)	1-3	331.32 ± 14.44	343.77 ± 11.09	326.53 ± 9.09
	3-5	354.26 ± 48.71	343.60 ± 33.37	373.21 ± 29.84
	1-5	685.58 ± 44.35	687.36 ± 25.18	699.73 ± 24.13
Feed intake (g/bird)	1-3	704.87 ± 31.34 ^b	756.86 ± 15.46 ^b	831.84 ± 12.80 ^a
	3-5	1,046.3 ± 23.32 ^b	1,133.21 ± 7.96 ^b	1,333.87 ± 45.72 ^a
	1-5	1,751.22 ± 15.98 ^c	1,890.06 ± 12.39 ^b	2,165.72 ± 49.61 ^a
Feed conversion rate (feed/gain)	1-3	2.14 ± 0.11 ^b	2.21 ± 0.06 ^b	2.56 ± 0.07 ^a
	3-5	3.22 ± 0.40	3.46 ± 0.33	3.65 ± 0.19
	1-5	2.62 ± 0.19 ^b	2.77 ± 0.11 ^{ab}	3.10 ± 0.05 ^a

Means ± SD., ^{a,b,c}Means in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$)

Table 6. Leukocytes and erythrocytes profile, ND titer of blood from chickens fed experimental diets

Items	Control	15% FSMS	30% FSMS	
Leukocytes	WBC (K/ μ l)	43.43 \pm 1.82 ^a	31.62 \pm 4.08 ^b	24.51 \pm 2.03 ^b
	NE (K/ μ l)	12.34 \pm 0.71 ^a	8.18 \pm 1.46 ^b	5.01 \pm 0.68 ^c
	LY (K/ μ l)	24.67 \pm 0.85 ^a	18.93 \pm 1.98 ^b	16.53 \pm 1.16 ^b
	SI (NE/LY)	0.50 \pm 0.02 ^a	0.41 \pm 0.04 ^b	0.30 \pm 0.03 ^c
	MO (K/ μ l)	4.49 \pm 0.24 ^a	3.21 \pm 0.43 ^b	2.42 \pm 0.23 ^b
	EO (K/ μ l)	1.51 \pm 0.10 ^a	1.04 \pm 0.22 ^b	0.45 \pm 0.12 ^c
	BA (K/ μ l)	0.42 \pm 0.04 ^a	0.27 \pm 0.07 ^a	0.09 \pm 0.04 ^b
Erythrocytes	RBC (K/ μ l)	2.50 \pm 0.07	2.44 \pm 0.07	2.34 \pm 0.07
	Hb (g/dL)	11.29 \pm 0.32	11.14 \pm 0.29	11.00 \pm 0.41
	HCT (%)	25.30 \pm 0.85	24.51 \pm 0.67	23.63 \pm 1.03
	MCV (fL)	101.19 \pm 1.08	100.61 \pm 1.05	100.80 \pm 1.61
	MCH (pg)	45.22 \pm 0.53 ^b	45.73 \pm 0.44 ^{ab}	46.97 \pm 0.43 ^a
	MCHC (g/dL)	44.74 \pm 0.62 ^b	45.45 \pm 0.44 ^{ab}	46.63 \pm 0.40 ^a
	ND Titer	3.11 \pm 0.10	3.04 \pm 0.07	3.04 \pm 0.07

Means \pm SD., ^{a,b,c}Means in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$)

는 없었다. 시험기간 동안 사료섭취량은 발효버섯폐배지 첨가구에서 유의적으로 높게 나타났으며, 이러한 결과는 발효버섯폐배지의 첨가에 의해 기호성을 증진시킨 것으로 사료되었는데, 이는 나 등(2005)의 보고에서 팥이버섯 배지 부산물 급여시 사료섭취량이 유의적으로 증가한다는 결과와도 일치하였다.

혈액성상 및 ND 항체역가

발효버섯폐배지 급여에 의한 백혈구 수치와 적혈구 및 ND 항체역가는 Table 6과 같다. 백혈구와 관련하여 초기염증시 증가하는 백혈구(WBC), 급만성 염증시 증가하는 이호성구(HE), 급성 감염중 회복기에 증가하는 림프구(LY), 염증·조직괴사시 증가하는 단핵구(MO), 기생충 감염이나 면역성 과민 반응시 증가하는 호산구(EO), 호산구와 공조하며 유사한 반응을 보이는 호염구(BA) 등의 모든 백혈구 parameter들은 발효버섯폐배지 15%와 30% 첨가구가 대조구에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며 육계종의 정상적인 혈액성상으로 면역기능에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 적혈구와 관련하여 평균 적혈구 혈색소량(MCH)과 평균 적혈구 혈색소농도(MCHC)에서도 발효버섯폐배지 첨가구에서 유의적으로 높게 나타났는데, 이는 대조구와 비교할 때 적혈구의 수는 적은 반면 적혈구내 혈색소의 농도는 높아 결과적으로 혈액내 전체 혈색소의 함량에는 차이가 없음을 나타내었다. 또한 이러한 결과는 Melvin (1984)에 의한 가금에서 혈액중 백혈구와 적혈구로 백혈구(WBC) 12~30K/ μ l, 이호성구 3~6 K/ μ l, 림프구 7~15K/ μ l, 단핵구 0.2~2.0K/ μ l, 호산구

Table 7. Effect of fermentation of spent mushroom substrate (FSMS) on serum profile of growing broiler chickens

Items	Control	15% FSMS	30% FSMS
Albumin	1.21 \pm 0.03	1.25 \pm 0.03	1.28 \pm 0.02
Total cholesterol	74.74 \pm 2.50	72.39 \pm 2.43	76.16 \pm 2.52
Glucose	210.52 \pm 4.78	210.87 \pm 5.23	218.48 \pm 3.61
Total protein	3.03 \pm 0.05 ^b	3.22 \pm 0.06 ^a	3.26 \pm 0.05 ^a
AST	159.43 \pm 4.36	167.74 \pm 3.98	166.77 \pm 5.18
ALT	2.32 \pm 0.15	2.24 \pm 0.14	2.36 \pm 0.14
Triglycerol	62.87 \pm 5.43 ^{ab}	69.61 \pm 4.41 ^a	49.57 \pm 4.38 ^b
HDLC	68.39 \pm 2.44 ^{ab}	61.74 \pm 2.06 ^b	74.50 \pm 3.59 ^a

Means \pm SD., ^{a,b}Means in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$)

0.0~1.0K/ μ l, 호염구 0.0~0.3K/ μ l, 적혈구 2.5~3.5K/ μ l, 헤모글로빈 7.0~13.0M/ μ l, hematocrit (HCT) 22.0~35.0g/dl, 평균적혈구용적 90~140fl, 혈색소량 25~37pg, 평균 적혈구 혈색소농도 21~39g/dl이라고 보고한 정상범위를 알 수 있었다. ND 항체역가는 처리구간에 차이가 없었다.

혈청화학성상

Table 7은 익하정맥으로부터 채취한 혈액의 혈청화학 성상을 나타내었다. 알부민, 총콜레스테롤, 혈당, AST 및 ALT는 처리구간에 차이가 없었으나, 발효버섯폐배지 30% 첨가구의 총단백질(TP)과 고밀도 지단백 콜레스테롤(HDLC) 함량이 대조구에 비해 유의적으로 증가한 반면에중성지질(TG) 함량은 유의적으로 감소하였다. 혈중 AST 및 ALT 활성은 대사장애 등에 의한 조직의 손상을 반영하며(Lumeij, 1997), 새로운 사료 원료나 첨가제의 이용시 안전성을 위한 지표가

Table 8. Microbial population in the lower small intestinal content of broiler chickens at 5 weeks of age

Items	Control	log ₁₀ cfu/g	
		15% FSMS	30% FSMS
<i>Salmonella</i>	5.50 ± 0.20	5.54 ± 0.17	5.04 ± 0.18
<i>E. coli</i>	6.18 ± 0.17	5.93 ± 0.16	5.83 ± 0.20
<i>Lactobacillus</i>	7.54 ± 0.14 ^a	7.24 ± 0.06 ^{ab}	7.09 ± 0.12 ^b

Means ± SD, ^{a,b}Means in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$)

Table 9. Effect of feeding fermentation of spent mushroom substrate (FSMS) on ammonia gas production (ppm) in feces of the broiler chickens

Items	Control	15% FSMS	30% FSMS
NH ₃ (ppm)	12.33 ± 1.05 ^a	5.67 ± 0.49 ^b	3.17 ± 0.48 ^c

Means ± SD, ^{a,b,c}Means in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$)

되는데(Diaz 등, 2003), 육계에게 버섯발효폐배지 급여에 의한 혈중 AST와 ALT 수준에 영향을 미치지 않는 것으로 미루어 보아 육계의 대사생리에 이상을 초래하지 않는 것으로 판단되었다.

장내 미생물수의 변화

발효버섯폐배지 첨가에 의한 육계의 장내미생물수에 미치는 영향을 Table 8과 같다. *Salmonella*와 *E. coli* 수는 버섯발효폐배지 첨가구에서 약간 감소하는 경향이 있었으나 유의적인 차이는 없었다. *Lactobacillus*는 발효버섯폐배지 30% 첨가구가 대조구에 비해 유의적인 차이를 보였다. 이러한 결과는 버섯폐배지 발효에 이용했던 균주에 의한 것으로 사료되며, 실제 가축에 생균제를 급여함으로써 장내 유익한 미생물의 수를 증가(Fuller, 1989; 류와 박, 1998)시켜 가금의 생산성에 영향을 미친다는 연구가 다양하게 보고되었다.

계분내 암모니아 가스 발생량

발효버섯폐배지 첨가에 의한 육계의 분중 암모니아 가스발생량에 미치는 영향을 Table 9에 나타내었는데 발효버섯폐배지 15%와 30% 첨가구가 대조구에 비해 유의적으로 감소함을 나타내었다. 생균제 급여는 암모니아를 감소시킬수 있다는 보고(김과 김, 1992; 김 등 2001)와 Visek(1978)은 생균제를 첨가, 급여함으로써 암모니아를 생산하는 urease를 분비하는 장내 유해미생물의 번식을 억제하여 유해가스의 발생량을 감소시

킨다는 결과와 최와 채(2003)의 보고에서도 버섯폐배지와 생균제를 비육돈에 급여시 돈분 중의 유해가스 발생과 냄새가 줄었다고 보고들과 일치하였다.

결론

버섯재배 농가에서 버섯재배 후 발생하는 톱밥 주원료인 폐배지를 발효하여 육계사료에 0, 15 및 30%를 4주간 360수에 급여하였다. 전 시험기간 동안 증체량에 있어서 발효버섯폐배지 30%첨가구가 대조구에 비해 약 2%의 증체효과 있었으나 통계적 유의성은 없었고, 사료급여량은 24%, 사료요구율은 18% 유의적으로 증가하였다. 이는 증체량에 비해 사료급여량이 많아졌으나 톤당 2~3만원 정도 하는 버섯폐배지의 가격이 고가의 곡물사료에 비교했을때 워낙 저렴하기 때문에 사료비에 소요되는 비용이 10,000수 사육시 약 700천원 정도가 절감되고 있었다. 백혈구와 관련된 항목들에서 대조구에 비해 발효버섯폐배지 15, 30%첨가구에서 유의적으로 낮게 나타나 면역기능에 있어서 상당히 긍정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다. 또한 혈청화학적검사 결과 ALB, TCHO, GLU, AST 및 ALT는 대조구와 처리구간에 차이가 없어 발효버섯폐배지 첨가 급여가 육계의 대사생리에 이상을 초래하지 않는다는 것을 확인할 수 있었고, 처리구에서의 TG 감소와 HDLC의 유의적 증가는 기능성계육 생산을 기대해볼만한 결과라 사료된다. 장내미생물수는 *Lactobacillus*가 대조구에 비해 발효버섯폐배지 15 및 30% 첨가구에서 유의적으로 증가했고, 계분내 암모니아가스 발생량도 발효버섯폐배지 첨가구에서 74% 정도 감소하여 축사환경개선에 효과적임을 보였다. 결론적으로 발효버섯폐배지를 육계사료에 첨가 급여시 육계의 생산성, 면역체계, 장내미생물환경 및 계분내 암모니아가스 발생 감소에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보아 사료자원으로 이용이 가능하다고 판단된다.

참고 문헌

- 김영일, 배지선, 정세형, 안문환, 곽완섭. 2007a. 버섯폐배지의 발생량 조사 및 새송이, 느타리, 팽이버섯 폐배지의 버섯종류별과 재배방식별의 물리화학적 특성평가. 한국동물자원과학회지 49(1): 79-88.
- 김영일, 정세형, 양시용, 허정원, 곽완섭. 2007b. 버섯부산물 퇴적 발효시 섬유소 분해균 접종이 섬유소 분해성 효소 활성과

- 면양의 영양소 이용성에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지 49(5): 667-676.
- 김재황, 김영민, 김삼철, 하홍민, 고영두, 김창현. 2001. 복합 생균제의 사료내 첨가가 육계의 생산성 및 계사내 유해가스 감소에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지 43(3): 349-360.
- 김태욱, 김규익. 1992. 생균제, 또는 항균제를 함유한 사료의 급여가 쥐의 장내 요소분해효소 활성 및 암모니아 생산에 미치는 영향. 한국축산학회지 34(3): 167-177.
- 나재천, 장병귀, 김상호, 김지혁, 김성권, 강희설, 이덕수, 이상진, 정종천, 이진건. 2005. 팽이버섯 배지 부산물의 급여가 산란계의 생산성 및 난질에 미치는 영향. 한국가금학회지 32(2): 143-147.
- 류경선, 박홍석. 1998. 생균제의 급여가 육계의 생산성과 장내 미생물의 변화에 미치는 영향. 한국가금학회지 25: 31-37.
- 최순천, 채병조. 2003. 버섯재배 폐배지와 생균제의 급여가 비육돈의 생산성, 돈분 중 가스 및 냄새발생에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지 45(4): 529-536.
- Diaz GJ, Roldán LP, Cortés A. 2003. Intoxication of *Crotalaria pallida* seeds to growing broiler chick. Vet Hum Toxicol 45(4): 187-189.
- Fuller R. 1989. Probiotics in man and animals. A review. J Appl Bacteriol 66(5): 365-378.
- Gao L, Yang H, Wang X, Huang Z, Ishii M, Igarashi Y, Cui Z. 2008. Rice straw fermentation using lactic acid bacteria. Bioresour Technol 99(8): 2742-2748.
- Krehbiel CR, Rust SR, Zhang G, Gilliland SE. 2003. Bacterial directfed microbials in ruminant diets: Performance response and mode of action. J Anim Sci 81: E120-E132.
- Lumeij JT. 1997. Avian clinical biochemistry. In: Clinical biochemistry of domestic animals. Kanebo JJ, Harvey JW, Bruss ML 5th Ed. Academic Press: 857-883.
- Melvin JS. 1984. Physiological properties and cellular and chemical constituents of blood. Dukes' physiology of domestic animals. 10th Ed.
- Visek WJ. 1978. The mode of growth promotion by antibiotics. J Anim Sci 46(5): 1447-1469.
- Williams BC, McMullan JT, McCahey S. 2001. An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. Bioresour Technol 79(3): 227-230.