

ARTICLE

육계에 대한 커큐민 (Curcumin) 함유  
강황 추출물의 사료 내 첨가 급여 효과 구명

김동욱<sup>1</sup> · 노환국<sup>1</sup> · 김상호<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>국립한국농수산대학 가금학과

<sup>2</sup>농촌진흥청 국립축산과학원 영양생리팀

Efficacy of Dietary Supplementation of Turmeric Extract  
Containing Curcumin in Broiler Chicks

Dong-Wook Kim<sup>1</sup>, Whan-Gook Nho<sup>1</sup>, Sang-Ho Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Poultry Science, Korea National College of Agriculture and Fisheries,  
Jeonju 54874, Korea

<sup>2</sup>Animal Nutrition and Physiology Team, National Institute of Animal Science, RDA,  
Wanju 55365, Korea

Received: March 3, 2020

Revised: May 13, 2020

Accepted: May 18, 2020

\*Corresponding author :

Sang-Ho Kim  
Animal Nutrition and Physiology Team,  
National Institute of Animal Science,  
RDA, Wanju 55365, Korea  
Tel : +82-63-238-7450  
E-mail : kims2051@korea.kr

**Copyright** © 2020 Resources Science  
Research Institute, Kongju National University.  
This is an Open Access article distributed  
under the terms of the Creative Commons  
Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>)  
which permits unrestricted non-commercial  
use, distribution, and reproduction in any  
medium, provided the original work is  
properly cited.

**ORCID**

Dong-Wook Kim  
<https://orcid.org/0000-0003-2647-2690>  
Whan-Gook Nho  
<https://orcid.org/0000-0001-7016-4658>  
Sang-Ho Kim  
<https://orcid.org/0000-0002-7203-8863>

**Abstract**

This experiment was conducted to investigate the effects of dietary supplementation of turmeric extract containing curcumin on growth performance, biological safety, blood total antioxidant activity, cecal microflora, and chicken meat storage stability in broiler chicks. A total of one hundred ninety two 1-d-old male broiler chicks (Ross 308) were divided into 4 groups with 4 replicates of 12 birds each. The four dietary treatments fed for 5 weeks were : NC (no antibiotics), PC (avilamycin 10 ppm and salinomycin 60 ppm), and turmeric extract treated groups (20 ppm or 200 ppm). The final body weight and body weight gain were significantly increased in PC and turmeric extract treated groups compared to NC ( $p<0.05$ ), and were linearly increased by increasing the level of turmeric extract ( $p<0.05$ ). The feed conversion ratio in all treated group was significantly improved as compared to that of NC ( $p<0.05$ ). The relative weight of abdominal fat in the groups treated turmeric extract was significantly decreased as compared to that of control, but the relative weights of other organs (liver, spleen, pancreas, kidney, and bursa of Fabricius) were not significantly different among the groups. The levels of blood urea nitrogen (BUN), creatinine, total protein, albumin, globulin, aspartate aminotransferase (AST), and alanine aminotransferase (ALT), which used as the blood biochemical parameters of liver and kidney damages were significantly decreased or tended to be decreased in turmeric extract treated groups than those of NC ( $p<0.05$ ). The total antioxidant activity in blood serum was significantly higher in turmeric extract treated groups than control ( $p<0.05$ ). The numbers of cecal coliform bacteria and *Salmonella* spp. in all treated groups was significantly decreased or tended to be decreased as compared to those of NC ( $p<0.05$ ). And thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) values of chicken breast meat during storage period were linearly decreased by increasing the level of supplemental turmeric extract ( $p<0.05$ ). In conclusion, the dietary supplementation of turmeric extract improved the growth performance and health states by controlling of reactive oxygen species toxicity. Furthermore, the turmeric extract containing curcumin decreased the chicken breast meat deterioration in relation to storage period. These results suggest the possibility that the turmeric extract could be used as natural alternatives for antibiotic growth promoters and a functional feed additive in broiler chicks.

**Keywords**

Broiler, Curcumin, Turmeric, Growth performance, Biological safety, Cecal microflora

## I. 서론

최근 건강에 대한 관심이 고조되고 축산물 시장개방이 가속화됨에 따라 축산물 품질 향상 및 안전성 확보는 경쟁력 제고를 위해 필수적인 요소가 되었다. 이에 따라 소비자의 고품질 안전 축산물에 대한 수요 충족과 수입 축산물과의 차별화를 위해 친환경 무항생제 축산물 인증 기준 운영 및 배합사료용 항생제 사용 전면 금지 등의 정책과 제도가 추진되고 있다. 그러나 무항생제 사육시 가축 생산성 감소, 생산비용 증대, 질병 발생률 및 폐사율 증가 등의 문제가 발생되어 이를 해결하기 위해 미생물, 유기산, 식물추출물 등 다양한 항생제 대체제 및 기능성 사료첨가제가 개발·이용되고 있다 (Wenk, 2000). 이 중 소비자에게 친연물로 손쉽게 인식될 수 있고, 생리활성이 우수한 약용식물 및 식물추출물에 대한 관심과 연구가 지속적으로 증가하고 있다 (Anderson *et al.*, 1998; Hernandez *et al.*, 2004).

강황 (*Curcuma longa*, L.)은 생강과 다년생 속근성 초본으로 인도, 중국 등 아시아 열대지방에서 주로 재배되고 있으며, 카레, 향신료, 약재 및 착색제 등으로 이용되어 왔다 (Jeong *et al.*, 2017). 강황의 주요 생리활성물질은 폴리페놀 (polyphenol)의 일종인 커큐민 (curcumin)으로 항산화, 항염증, 항종양, 소화 및 간 기능 개선, 관절이상 완화 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있으며, 예전부터 건강기능식품, 의약품, 한방치료제, 화장품 등 다양한 분야에서 효능 평가 및 적용을 위한 연구가 진행되어 왔다. 세포·조직 및 실험동물을 이용한 여러 연구에서 강황 추출물 또는 커큐민이 염증 유발 물질인 에이코사노이드 (eicosanoid) 생합성을 억제하고, 염증 부위에서 발생하는 활성산소종을 제거하는 동시에 산화에 의한 DNA 손상과 지질과산화를 억제한다고 보고되었으며, 이외에도 지방대사 조절 및 체내 에너지 재분배는 물론, 간 기능 개선 및 손상 예방, 면역조절능 향상 등의 다양한 효과가 보고된 바 있다 (Jeong *et al.*, 2017; Lee *et al.*, 2020; Yoon *et al.*, 2019). 축산 분야에서도 항생제 대체제 및 기능성 사료첨가제 개발을 목적으로 육계에 대한 강황 또는 커큐민의 효과 구명 연구가 일부 수행되었다. 그러나 제형형태, 첨가수준 등에 따라 육계 생산성, 영양소 이용률, 조직 발달 양상, 혈액 특성, 면역조절능, 닭고기 품질 등에 있어서 그 결과의 일관성이 부족하거나, 서로 상반된 결과들이 보고되고 있다 (Arslan *et al.*, 2017; Durrani *et al.*, 2006; Mondal *et al.*, 2015; Rajput *et al.*, 2013; Xie *et al.*, 2019).

따라서 본 연구에서 커큐민 함유 강황 추출물의 사료 내 첨가수준별 육계 생산성, 생체안전성, 장내 미생물총 및 닭고기 저장성 등을 비교·조사함으로써 항생제 대체제로서의 이용 가능성을 확인하고, 적정 첨가수준을 확립하고자 수행되었다.

## II. 재료 및 방법

### 공시재료

건조·분쇄된 강황 분말을 에탄올에 72시간 동안 침지하여 실온에서 추출하고, 이 추출액을 감압 여과 후 동결건조를 실시하여 분말 형태의 강황 추출물을 얻었다. 이렇게 얻어진 강황 추출물 내 커큐민 함량을 HPLC로 분석한 결과, 커큐민 함량은 50% 이상인 것으로 나타났다.

### 시험동물 및 시험설계

1일령 육계 수평아리 (Ross 308) 192수를 공시하여 4처리, 4반복, 반복당 12수씩 배치하고, 5주간 사양실험을 실시하였다. 시험처리구는 항생제무첨가구 (NC), 항생제첨가구 (PC, avilamycin 10 ppm)를 대조구로 하였으며, 시험사료에 커큐민 함유 강황 추출물을 20 ppm 또는 200 ppm 첨가하여 시험처리구를 두었다.

### 시험사료 및 사양관리

기초시험사료는 NRC (1994) 및 한국가금사양표준 (2012)에 근거하여 초이 (0-7일, 대사에너지

3,050 kcal/kg, 조단백질 22%), 전기 (8-21일, 대사에너지 3,100 kcal/kg, 조단백질 20%), 후기 (22-35일, 대사에너지 3,150 kcal/kg, 조단백질 19%) 사료로 구분하였다. 기초사료 배합비 및 영양소 조성은 Table 1에 제시하였으며, 기초사료에 강황 추출물 20 ppm 또는 200 ppm을 첨가하여 커큐민 함량이 10 ppm 또는 100 ppm이 되도록 하였다. 사양실험 전 기간 동안 육계 전용 철제케이지 (가로 75 cm×

**Table 1.** Formula and calculated nutritional values of the basal diet

Ingredients	Starter (0-7 d)	Grower (8-21 d)	Finisher (22-35 d)
		----- % -----	
Corn	48.25	54.39	57.48
Wheat grain	3.75	3.55	3.30
Soybean meal	39.60	33.88	31.05
Corn gluten meal	0.00	0.00	0.00
Soybean oil	4.20	4.35	4.65
L-Lysine (99.0%)	0.30	0.23	0.15
DL-Methionine (99.0%)	0.35	0.26	0.24
Threonine (98.5%)	0.00	0.00	0.00
Tricalcium phosphate	1.75	1.49	1.25
Limstone	0.85	0.85	0.93
Salt	0.45	0.45	0.45
Vitamin-mineral mixture <sup>1)</sup>	0.50	0.55	0.50
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>
<b>Chemical composition<sup>2)</sup></b>			
ME (kcal/kg)	3,047.70	3,100.90	3,150.60
Dry matter (%)	84.50	84.46	84.60
Crude protein (%)	22.70	20.23	19.04
Crude fat (%)	6.63	7.00	7.37
Crude fiber (%)	3.35	3.18	3.10
Crude ash (%)	3.05	2.74	2.60
Lysine (%)	1.46	1.25	1.10
Methionine (%)	0.65	0.54	0.50
Methionine+cystine (%)	1.05	0.92	0.77
Threonine (%)	0.97	0.86	0.81
Calcium (%)	1.00	0.90	0.85
Available phosphorus (%)	0.45	0.40	0.35

<sup>1)</sup> Vitamin-mineral mixture provided following nutrients per kg of diet: vitamin A, 15,000 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 1,500 IU; vitamin E, 20.0 mg; vitamin K<sub>3</sub>, 0.70 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 0.02 mg; niacin, 22.5 mg; thiamin, 5.0 mg; folic acid, 0.70 mg; pyridoxin, 1.3 mg; riboflavin, 5 mg; pantothenic acid, 25 mg; choline chloride, 175 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; I, 1.25 mg; Cu, 10.0 mg; Fe, 72 mg; Co, 2.5 mg.

<sup>2)</sup> Calculated value.

세로 60 cm×높이 55 cm)에서 사육하였으며, 사료급여 및 급수기 개수는 케이지별 동일하게 배치하였다. 사료와 물은 자유채식 및 자유음수시켰으며, 입추 후 3일은 24시간 종일점등을 실시하였고, 이후 시험종료시까지 23시간 점등을 실시하였다.

## 조사항목 및 방법

### 1) 육계 생산성

육계사양시험 개시 (1일령), 전기 (21일령), 후기 (35일령) 종료시에 반복별로 생체중 및 사료잔량을 측정하여 개체별 증체량 및 사료섭취량을 구하였다. 이렇게 조사된 증체량과 사료섭취량을 통해 사료요구율을 산출하였다.

### 2) 조직 상대적 중량

시험 종료시 생체중 평균 범위에 해당하는 개체를 처리구별로 12수씩 희생시킨 후, 간, 비장, 췌장 및 신장을 채취하여 중량을 측정하고, 생체중 100 g당 상대적 중량으로 환산 표기하였다.

### 3) 혈액 내 간 및 신장 손상 지표

시험 종료시 처리구당 12수씩 선발하여 익하정맥에서 혈액을 채취하고, 상온에서 응고시킨 후 원심분리를 통해 혈청을 분리하여 분석에 이용하였다. 자동혈액분석기 (COBAS MIRA plus, ROCHE diagnostics)를 사용하여 blood urea nitrogen (BUN), creatinine, total protein, albumin, globulin, aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT)를 분석하였다.

### 4) 혈액 총항산화력

시험 종료시 처리구당 12수씩 선발하여 익하정맥에서 혈액을 채취하여 분석에 이용하였다. 혈액 내 총항산화력 (total antioxidant capacity)은 total antioxidant power colorimetric microplate assay kit (Oxford biomedical research Inc., UK)를 사용하여 분석하였다. 분리된 혈청 15  $\mu$ L를 phosphate buffer saline (PBS) 585  $\mu$ L로 희석한 후  $\text{Cu}^{2+}$ 를 넣고 3분간 상온에서 반응시켰다. 반응 후 구리이온 흡착제인 bathocuproine를 넣어 환원된  $\text{Cu}^+$ 와 결합시켜 안정화시키고, microplate reader (Bio-rad, USA)로 450 nm에서 흡광도를 측정하였다. Uric acid로 작성한 표준곡선을 이용하여  $\mu$ M copper equivalents로 나타내었다.

### 5) 맹장 미생물총

시험 종료시 처리구당 6수씩 희생시켜 맹장 내용물을 채취한 후 *Salmonella* spp., coliform bacteria 및 lactic acid bacteria 수를 측정하였다. 채취된 맹장 내용물을 생리식염수로  $10^{-9}$ 까지 계단희석한 후, 단계적으로 희석된 내용물을 SS agar, MacConkey agar 및 Rogosa agar 평판배지에 각각 접종하였다. Lactic acid bacteria는 혐기적으로, 나머지는 호기적 조건에서 24-48시간 배양한 후, 균수를 측정하여 맹장 내용물 1g당 CFU (colony forming unit)로 계산한 후 log10으로 환산 표기하였다.

### 6) 닭고기 저장성

시험 종료시 생체중의 평균 범위에 해당하는 개체를 처리구당 6수씩 희생시킨 후, 가슴육을 채취하여 4°C 냉장보관을 하였다가 0일, 5일, 10일 경과 후 닭고기 내 지방과산화물가 (thiobarbituric acid reactive substances, TBARS) 및 단백질변성도 (volatile basic nitrogen, VBN)를 분석하였다. 지방과산화물가는 Beuge와 Aust (1978)의 방법을 변형하여 지방 과산화시 형성되는 malondialdehyde (MDA)

함량을 측정하여 MDA mg/mL로 나타내었으며, 단백질변태도는 高坂 (1978)의 방법에 이용하여 volatile basic nitrogen (VBN)을 측정하였다.

### 통계처리

실험에서 얻어진 모든 자료들의 통계분석은 Statistical Analysis System (SAS release ver 9.1, 2002)의 General Linear Model procedure를 이용하여 분산분석을 실시하였고, 처리구간에 유의성은 Duncan's multiple range-test (Duncan, 1955)를 이용하여 오차범위 5% 수준에서 검정하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 육계생산성

커큐민 함유 강황 추출물의 사료 내 첨가 급여가 육계 생산성에 미치는 영향은 Table 2에 제시하였다. 강황 추출물 첨가 급여시 종료체중 및 일당증체량이 항생제무첨가구 (NC)에 비해 유의하게 증가하거나 증가하는 경향을 보였다 ( $p < 0.05$ ). 특히 강황 추출물 200 ppm 처리구의 5주 종료체중은 1,823 g으로 항생제첨가구 (PC)를 포함한 모든 처리구 중에서 가장 높게 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 또한 강황 추출물 첨가 급여로 체중 및 증체량이 증가함으로써 사료요구율 역시 유의적으로 개선되는 결과를 나타냈다 ( $p < 0.05$ ).

강황 분말 및 추출물 또는 커큐민 등을 사료 또는 음수를 통해 육계에 첨가 급여한 연구가 다수 수행되었으나, 일부 상반된 결과가 보고되고 있다 (Durrian et al., 2006; Mondal et al., 2015; Rajput et al., 2019; Xie et al., 20019). Durrian 등 (2006)과 Mondal 등 (2015)은 강황 분말을 수준별로 사료 내 첨가 급여한 육계사양실험을 통해 강황분말 0.5% 첨가 급여시 육계 생산성이 유의적으로 개선되었다고 보고하였다. 또한 Rajput 등 (2013)은 커큐민을 100, 150 또는 200 ppm 수준으로 42일간 육계에 첨가 급여한 실험에서 커큐민 200 ppm 첨가구에서 체중, 증체량 및 사료요구율이 증가하였으며, 이는 소장 용모 발달에 따른 영양소 흡수를 향상과 함께 체내 지방대 축진에 기인한 것이라고 보고하였다. 반면, 강황 추출물 또는 커큐민을 고농도 (강황 추출물 2-10%, 커큐민 500-2,000 ppm)로 육계에 첨가 급여한 실험에서는 체중, 증체량 및 사료요구율이 유의적으로 감소하였다고 보고되었다 (Hidayat et al., 2017; Xie et al., 2019).

본 연구에서는 커큐민 함유 강황 추출물을 200 ppm 수준까지 사료 내 첨가 급여하였기 때문에 고농도에서의 육계 생산성 변화는 확인할 수는 없었으나, 강황 추출물 내 커큐민 등 생리활성물질이

**Table 2.** Effects of dietary supplementation of turmeric extract on growth performance in broiler chicks<sup>1),2)</sup>

	NC	PC	Turmeric extract		SEM	p-value
			20 ppm	200 ppm		
Initial body weight (g/bird)	47.6	47.7	47.6	47.5	0.02	0.15
Final body weight (g/bird)	1,726.2 <sup>c</sup>	1,819.4 <sup>a</sup>	1,747.6 <sup>bc</sup>	1,823.2 <sup>a</sup>	11.94	<0.05
Body weight gain (g/bird/d)	47.9 <sup>c</sup>	50.6 <sup>a</sup>	48.5 <sup>bc</sup>	50.7 <sup>a</sup>	0.29	<0.05
Feed intake (g/bird/d)	74.9	74.6	74.1	74.9	0.85	0.28
Feed conversion ratio	1.56 <sup>a</sup>	1.47 <sup>c</sup>	1.53 <sup>b</sup>	1.48 <sup>c</sup>	0.01	<0.01

<sup>1)</sup> Data are least squares means of 4 observations per treatment.

<sup>2)</sup> NC, antibiotic-free diet; PC, basal diet with avilamycin+salinomycin.

<sup>a-c</sup> Means within the same row with no common superscripts differ significantly ( $p < 0.05$ ).

영양소이용률 증진 및 체내 에너지 재분배 등의 작용을 통해 육계 생산성에 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다.

### 생체안전성

육계에 대한 커큐민 함유 강황 추출물의 생체안전성을 확인하기 위하여 주요 장기의 상대적 중량과 혈액 내 간 및 신장 손상지표를 조사한 결과는 Table 3 및 Table 4에 제시한 바와 같다. 간, 비장, 췌장, 신장 및 F낭의 상대적 중량은 대조구를 비롯한 전 처리구에서 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 반면, 복강지방은 강황 추출물 처리구에서 대조구에 비해 유의하게 감소하는 결과를 나타냈다 ( $p<0.05$ ). 혈액 생화학적 지표 중 AST 및 ALT는 항생제 무첨가구 (NC)에 비해 유의하게 감소하였으며 ( $p<0.05$ ), BUN, creatinine, total protein, albumin, globlulin 역시 다소 감소하는 경향은 보였으나,

**Table 3.** Effects of dietary supplementation of turmeric extract on relative organ weights in broiler chicks<sup>1),2)</sup>

	NC	PC	Turmeric extract		SEM	P-value
			20 ppm	200 ppm		
----- g/100g BW -----						
Liver	1.90	2.16	1.83	1.85	0.02	0.23
Spleen	0.11	0.12	0.12	0.11	0.01	0.09
Pancreas	0.25	0.23	0.26	0.23	0.01	0.11
Kidney	0.33	0.35	0.34	0.36	0.02	0.16
Bursa of fabricius	0.09	0.08	0.07	0.06	0.01	0.13
Abdominal fat	1.28 <sup>a</sup>	1.23 <sup>a</sup>	1.06 <sup>b</sup>	1.03 <sup>b</sup>	0.04	<0.05

<sup>1)</sup> Data are least squares means of 12 observations per treatment.

<sup>2)</sup> NC, antibiotic-free diet; PC, basal diet with avilamycin+salinomycin.

<sup>a,b</sup> Means within the same row with no common superscripts differ significantly ( $p<0.05$ ).

**Table 4.** Effects of dietary supplementation of turmeric extract on blood biochemical parameters in broiler chicks<sup>1),2)</sup>

	NC	PC	Turmeric extract		SEM	P-value
			20 ppm	200 ppm		
BUN (mg/dL)	3.22	3.30	3.16	3.09	0.23	0.23
Creatinine (mg/dL)	0.35	0.31	0.28	0.25	0.05	0.09
Total protein (mg/dL)	5.69	5.65	5.57	5.43	0.31	0.18
Albumin (mg/dL)	2.46	2.24	2.27	2.24	0.17	0.11
Globlulin (mg/dL)	3.24	3.20	3.15	3.15	0.23	0.10
Albumin/globlulin	0.76	0.70	0.72	0.71	0.03	0.08
AST (U/L)	282.32 <sup>a</sup>	267.73 <sup>b</sup>	257.84 <sup>c</sup>	258.07 <sup>bc</sup>	3.24	<0.05
ALT (U/L)	9.27 <sup>a</sup>	7.86 <sup>b</sup>	7.78 <sup>b</sup>	8.02 <sup>b</sup>	0.29	<0.05

<sup>1)</sup> Data are least squares means of 12 observations per treatment.

<sup>2)</sup> NC, antibiotic-free diet; PC, basal diet with avilamycin+salinomycin.

<sup>a-c</sup> Means within the same row with no common superscripts differ significantly ( $p<0.05$ ).

통계적 유의성은 인정되지 않았다.

강황 분말 또는 추출물 및 커큐민 등의 사료 내 첨가 급여가 육계 주요 장기와 조직의 상대적 중량에 미치는 영향을 조사한 대부분의 연구에서 간, 신장 등 주요 장기 발달에 부정적인 영향을 미치지 않은 반면, 지방대사 촉진 및 에너지 재분배 등에 의해 복강지방은 유의적으로 감소를 하였다고 보고하였다 (Mondal et al., 2015; Rajput et al., 2019; Xie et al., 20019). BUN, creatinine, total protein, albumin, globlulin, AST, ALT 등의 혈액성분은 염증, 대사장애, 기능저하, 조직 손상 여부를 나타내어 신규 사료원료 및 첨가제의 안전성을 평가하기 위한 지표로 이용된다 (Diaz, 2003; Lumeij, 1997). 커큐민을 포함한 강황 추출물은 강력한 항산화 작용을 통해 체내 존재하는 유리기 (free radical)를 효율적으로 제거하는 동시에 염증 유발 물질인 에이코사노이드의 생합성을 억제하고, 중금속 등 독성 물질을 효과적으로 분해·배출하여 간, 신장 등 주요 조직의 손상을 예방한다고 다수 연구에서 보고하였다 (Anderson, 1998; Jeong et al., 2017; Lee et al., 2020; Rahmani et al., 2018; Reda et al., 2020; Yoon et al., 2019).

본 연구 결과에서도 커큐민 함유 강황 추출물은 항산화·항염증 효과로 간, 신장 등 조직의 손상을 감소시키는 한편, 주요 장기 발달에도 부정적인 영향을 미치지 않아 신규 사료첨가제로서 사용할 수 있음을 확인할 수 있었다.

**혈액 총항산화력**

커큐민 함유 강황 추출물의 사료 내 첨가 급여가 혈액 총항산화력에 미치는 영향은 Table 5에 제시하였다. 강황 추출물 첨가 급여시 혈액 총항산화력이 대조구에 비해 유의하게 증가하거나, 증가하는 경향을 보였다 (p<0.05).

커큐민 및 강황 추출물의 항산화 효과는 이미 여러 선행 연구에서 보고된 바 있다 (Jeong et al., 2017; Lee et al., 2020; Yoon et al., 2019; Zhang et al., 2015). 동물은 superoxide anion radical, hydrogen peroxide, hydroxy radical, singlet oxygen 등 활성산소종의 독성으로부터 자신을 보호하기 위하여 일련의 항산화 시스템을 구축하고 있다. 이들 체내 항산화 시스템은 크게 효소계와 비효소계로 구성되어 있으며, 이들의 상호 작용에 의해 체내 항산화 시스템이 원활하게 유지된다 (Halliwell and Gutteridge, 1989). 커큐민은 glutathione S-transferase 유도를 통해 효소계 항산화 시스템에 관여하는 동시에 그 자체로도 강력한 항산화 활성을 발휘하여 비효소계 항산화 시스템에도 영향을 미친다고 보고된 바 있다 (Reda et al., 2020; Sharma et al., 2001).

본 연구 결과에서도 혈액의 총항산화력이 대조구에 비해 유의하게 증가하였는데, 이를 통해 커큐민 함유 강황 추출물의 사료 내 첨가 급여가 체내 항산화 시스템에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.

**맹장 미생물총**

Table 6은 커큐민 함유 강황 추출물의 사료 내 첨가 급여에 따른 맹장 미생물총 변화를 제시한

**Table 5.** Effects of dietary supplementation of turmeric extract on blood total antioxidant activity in broiler chicks<sup>1,2)</sup>

	NC	PC	Turmeric extract		SEM	p-value
			20 ppm	200 ppm		
Total antioxidant activity ( $\mu$ M copper equivalents)	62.13 <sup>b</sup>	63.01 <sup>b</sup>	65.04 <sup>ab</sup>	69.77 <sup>a</sup>	0.05	<0.05

<sup>1</sup> Data are least squares means of 12 observations per treatment.

<sup>2</sup> NC, antibiotic-free diet; PC, basal diet with avilamycin+salinomycin.

<sup>ab</sup> Means within the same row with no common superscripts differ significantly (p<0.05).

**Table 6.** Effects of dietary supplementation of turmeric extract on cecal microflora in broiler chicks<sup>1,2)</sup>

	NC	PC	Turmeric extract		SEM	p-value
			20 ppm	200 ppm		
			----- log10 CFU/g contents -----			
Coliform bacteria	5.36 <sup>a</sup>	5.01 <sup>b</sup>	5.12 <sup>b</sup>	5.14 <sup>b</sup>	0.21	<0.05
<i>Salmonella</i> spp.	3.38	2.95	3.07	3.00	0.08	0.07
Lactic acid bacteria	8.76	8.61	8.81	8.75	0.24	0.21

<sup>1</sup> Data are least squares means of 6 observations per treatment.

<sup>2</sup> NC, antibiotic-free diet; PC, basal diet with avilamycin+salinomycin.

<sup>a,b</sup> Means within the same row with no common superscripts differ significantly (p<0.05).

결과이다. 장내 유해균 중 하나인 coliform bacteria는 항생제첨가구 (PC)를 비롯한 강황 추출물을 첨가 급여한 모든 처리구에서 항생제무첨가구 (NC)에 비해 유의하게 감소하였으며 (p<0.05), *Salmonella* spp.는 감소하는 경향을 보였지만 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 반면, 장내 유익균인 lactic acid bacteria는 대조구를 비롯한 전 처리구에서 통계적 유의성이 관찰되지 않았다.

강황 또는 커큐민의 강력한 항균 활성에 대해서는 이미 다수의 *in vitro* 및 *in vivo* 시험에서 보고하고 있다 (Rahmani *et al.*, 2018; Reda *et al.*, 2020; Scazzicchio *et al.*, 2020; Ürüsan *et al.*, 2017). Ürüsan 등 (2017)은 강황 분말을 육계사료 내 0.2-1.0% 첨가 급여한 실험에서 강황 분말을 첨가한 모든 처리구에서 대조구에 비해 장내 *E. coli* 수가 유의하게 감소하였다고 보고하였으며, Rahmani 등 (2018)은 저온 환경 하에서 커큐민의 사료 내 첨가급여 효과를 조사한 연구에서 사료 내 커큐민 200-400 ppm 첨가 급여시 맹장 내 *E. coli*는 유의적으로 감소하고 *Lactobacillus*는 증가한다고 보고하였다. Reda 등 (2020) 역시 일본메추라기에 나노 입자화된 커큐민 100-500 ppm를 첨가급여한 시험을 통해 커큐민의 장내 유해균 (coliform bacteria, *E. coli* 및 *Salmonella* spp.) 감소 효과를 보고하였다.

본 연구 결과를 통해 커큐민 함유 강황 추출물은 coliform bacteria 등 유해균을 효과적으로 저해하여 장관 미생물균총 안정화에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.

### 닭고기 저장성

육계사료 내 강황 추출물 첨가 급여가 닭고기 저장성에 미치는 영향은 Table 7에 제시한 바와 같다. 저장기간이 경과함에 따라 닭고기 내 지방과산화물 및 단백질변성도는 지속적으로 증가하였다. 저장 10일 차에 강황 추출물 첨가구에서 닭고기 내 지질과산화물 및 휘발성 염기태 질소 함량이 유의적으로 감소하거나 감소하는 경향을 보였다 (p<0.05).

닭고기 저장성을 높이기 위해 커큐민을 활용한 연구가 일부 진행되었다 (Choi *et al.*, 2007; Kanani *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2020). Choi 등 (2007) 및 Arshad 등 (2018)은 닭고기에 강황 분말을 처리한 시험을 통해 커큐민의 항균·항산화 작용에 의해 닭고기 저장성이 유의하게 개선되었다고 보고한 바 있으며, Kanani 등 (2017)은 사료 내 강황 및 계피 분말을 첨가 급여한 육계사양시험에서 강황 분말 0.5% 첨가시 닭 가슴육 내 지질과산화물이 유의적으로 감소하였다고 보고하였다. 이외에도 Zhang 등 (2020)은 육계사료 내 커큐민 50-100 ppm 첨가급여시 닭고기 산화 안정성이 향상된다고 보고한 바 있다.

본 연구에서도 강황 추출물의 사료 내 첨가 급여가 닭고기 저장기간 경과에 따른 지질과산화물 생성을 감소시켜 닭고기 저장 안정성 및 품질 유지에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.



**Table 7.** Effects of dietary supplementation of turmeric extract on storability in broiler chicks<sup>1),2)</sup>

Items	NC	PC	Turmeric extract		SEM	p-value
			20 ppm	200 ppm		
TBARS (MDA mg/L)						
0 d	0.39	0.39	0.40	0.33	0.03	0.12
5 d	0.61	0.60	0.60	0.57	0.05	0.09
10 d	1.19 <sup>b</sup>	1.23 <sup>b</sup>	1.07 <sup>a</sup>	1.01 <sup>a</sup>	0.06	<0.05
VBN (mg %)						
0 d	2.77	2.78	2.73	2.70	0.12	0.12
5 d	6.38	6.45	6.21	6.15	0.15	0.10
10 d	9.58	9.63	9.49	9.38	0.18	0.08

<sup>1)</sup> Data are least squares means of 6 observations per treatment.

<sup>2)</sup> NC, antibiotic-free diet; PC, basal diet with avilamycin+salinomycin.

<sup>a,b</sup> Means within the same row with no common superscripts differ significantly (p<0.05).

#### IV. 요약

본 연구는 육계에 대한 커큐민 함유 강황 추출물의 사료 내 첨가 급여가 육계 생산성, 생체안전성, 혈액 총항산화력, 맹장 미생물총 및 닭고기 저장성에 미치는 영향을 조사하여 항생제 대체제 및 기능성 사료첨가제로서의 이용가능성을 구명하고자 수행되었다. 1일령 육계 수평아리 (Ross 308) 192수를 공시하여 4처리, 4반복, 반복당 12수씩 배치하고, 5주간 사양실험을 실시하였다. 시험처리구는 항생제 무첨가구 (NC), 항생제 첨가구 (PC, avilamycin 10 ppm)를 대조구로 하였으며, 시험사료에 커큐민 함유 강황 추출물을 20 ppm 또는 200 ppm을 첨가하여 시험처리구를 두었다.

강황 추출물 첨가 급여시 종료체중 및 일당증체량이 항생제무첨가구 (NC)에 비해 유의하게 증가하거나 증가하는 경향을 보였다 (p<0.05). 특히 강황 추출물 200 ppm 처리구는 항생제첨가구 (PC)를 포함한 모든 처리구 중에서 가장 높게 나타났다 (p<0.05). 또한 강황 추출물 첨가 급여시 사료요구율 역시 유의적으로 개선되는 결과를 나타냈다 (p<0.05). 간, 비장, 췌장, 신장 및 F낭의 상대적 중량은 대조구를 비롯한 전 처리구에서 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 반면, 복강지방은 강황 추출물 처리구에서 대조구에 비해 유의하게 감소하는 결과를 나타냈다 (p<0.05). 혈액 생화학적 지표 중 AST 및 ALT는 항생제무첨가구 (NC)에 비해 유의하게 감소하였으며 (p<0.05), BUN, creatinine, total protein, albumin, globulin 역시 다소 감소하는 경향은 보였으나, 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 또한 강황 추출물 첨가 급여시 혈액 총항산화력이 대조구에 비해 유의하게 증가하거나 증가하는 경향을 보였다 (p<0.05). 장내 유해균 중 하나인 coliform bacteria는 항생제첨가구 (PC)를 비롯한 강황 추출물을 첨가 급여한 모든 처리구에서 항생제무첨가구 (NC)에 비해 유의하게 감소하였으며 (P<0.05), *Salmonella* spp.는 감소하는 경향을 보였지만 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 반면, 장내 유익균인 lactic acid bacteria는 대조구를 비롯한 전 처리구에서 통계적 유의성이 관찰되지 않았다. 닭고기 저장성에 있어서는 닭고기 4℃냉장 보관 10일차에 강황 추출물 첨가구에서 닭고기 내 지질과산화물 및 휘발성 염기태 질소 함량이 유의적으로 감소하거나 감소하는 경향을 보였다 (p<0.05).

본 연구를 통해 커큐민 함유 강황 추출물의 육계 사료 내 첨가 급여는 육계 생산성 및 건강성에 긍정적인 영향을 미치는 한편, 닭고기 저장성을 증진시켜 항생제 대체제 및 기능성 사료첨가제로서의 이용가능성이 높은 것으로 판단되었다.

## V. 참고문헌

1. Anderson ME. 1998. Glutathione: An overview of biosynthesis and modulation. *Chemico-Biological Interactions* 112:1-14.
2. Arslan M, Haq A, Ashrag M, Iqbal J, Mund MD. 2017. Effect of turmeric (*Curcuma longa*) supplementation on growth performance, immune response, carcass characteristics and cholesterol profile in broilers. *Verterinaria* 66:16-20.
3. Diaz GJ, Roldan LP, Cortes A. 2003. Intoxication of *Crotalaria pallida* seeds to growing broiler chicks. *Vet Hum Toxicol* 45:187-189.
4. Duncan DB. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometric* 11:1-42.
5. Durrain FR, Ismail M, Sultam A, Suhail SM, Chand N, Durrani Z. 2006. Effect of different levels of feed added turmeric (*Curcuma longa*) on the performance of broiler chicks. *J Agric Biol Sci* 1:9-11.
6. Hernandez F, Madrid J, Garcia V, Orengo J, Megias MD. 2004. Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility, and organ size. *Poult Sci* 83:169-174.
7. Hidayat M, Zuprizal Z, Sundari S, Kurniawati A, Wati AK, Kusmayadi A. 2017. The effect of liquid turmeric extract supplementation on carcass production and chemical quality on broiler meat. *J Indonesian Trop Anim Agric* 42:6-13.
8. Jeong HJ, Kim ST, Park JJ, Kim KH, Kim KM, Jeon YJ. 2017. Antioxidant activities and protective effects of hot water extract from *Curcuma long* L. on oxidative stress induce C2C12 Myoblasts. *Korean J Food Sci Technol* 46:1408-1413.
9. Kanani PB, Daneshyar M, Aliakbarlu J, Hamian F. 2017. Effect of dietary turmeric and cinnamon powders on meat quality and lipid peroxidation of broiler chicken under heat stress condition. *Vet Res Forum* 8:163-169.
10. Lee YS, Lee DY, Kwon DY, Kang OH. 2020. Improvement effect of non-alcoholic fatty liver disease by *Curcuma longa* L. extract. *Korean J Medicinal Crop Sci* 28:276-286.
11. Mondal M, Yeamin T, Karim R, Siddiqui M, Nabi S, Sayed M, Siddiky M. 2015. Effect of dietary supplementation of turmeric (*Curcuma longa*) powder on the growth performance and carcass traits of broiler chicks. *SAARC J Agric* 13:188-199.
12. NRC 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th rev. ed. National Academy of Science, Washington DC.
13. Rahmani M, Golian A, Kermanshahi H, Bassami MR. 2018. Effects of curcumin or nanocurcumin on blood biochemical parameters, intestinal morphology and microbial population of broiler chickens reared under normal and cold stress conditions. *J Appl Anim Res* 46:200-209.
14. Rajput N, Muhammad N, Yan R, Zhong X, Wang T. 2013. Effect of dietary supplementation of curcumin on growth performance, intestinal morphology and nutrients utilization of broiler chick. *J Poult Sci* 50:44-52.
15. Reda FM, EI-Saadony MT, Elnesr SS, Alagawany M, Turarelli, V. 2020. Effect of dietary supplementation of biological curcumin nanoparticles on growth and carcass traits, antioxidant status, immunity and caecal micorbiota of Japanese quails. *Animals* 10:754-760.

16. SAS Institute. 2002. SAS user's guide: Statistics. version 9.1 SAS Institute Inc. Cary, NC.
17. Scazzocchio B, Minghetti L, Archivio MD. 2020. Interaction between gut microbiota and curcumin: A new key of understanding for the health effects of curcumin. *Nutrients* 2499:1-8.
18. Sharma RA, Ireson CR, Verschoyle RD, Hill KA, Williams ML, Leuratti C, Manson MM, Marnett LJ, Steward WP, Gescher A. 2001. Effects of dietary curcumin on glutathione S-transferase and malondialdehyde-DNA adducts in rat liver and colon mucosa: Relationship with drug levels. *Clin Cancer Res* 7:1452-1458.
19. Ürüsan H, Bölükvası SC. 2017. Effects of dietary supplementation levels of turmeric powder (*Curcuma longa*) on performance, carcass characteristics and gut microflora in broiler chickens. *J Anim Plant Sci* 27:732-736.
20. Xie Z, Shen G, Wang Y, Wu C. 2019. Curcumin supplementaion regulates lipid metabolism in broiler chickens. *Poult Sci* 98:422-429.
21. Yoon EJ, Kim JY. 2019. Effects of resistance exercise and curcumin intake on mRNA expression of obesity and inflammation-related factors in large intestine tissue of rats with type 2 diabetes melitus. *J Korean Soc Living Environ Sys* 2019:701-707.
22. Zhang J, Hu Z, Lu C, Bai K, Zhang L, Wang T. 2015. Effect of various levels of dietary curcumin on meat quality and antioxidant profile of breast muscle in broilers. *J Agric Food Chem* 63:3880-3886.