

육계 사료 내 마늘분말의 첨가급여가 육계 성장과 HMG-CoA Reductase의 mRNA 발현에 미치는 영향

유선종 · 안병기 · 강창원

건국대학교 동물생명과학대학 동물자원연구센터

Effects of Dietary Garlic Powder on Growth Performance and mRNA Expression of Hepatic HMG-CoA Reductase in Broiler Chickens

Sun Jong You, Byoung Ki Ahn and Chang Won Kang

Animal Resources Research Center, College of Animal Bioscience and Technology, Konkuk University

ABSTRACT

This experiment was conducted to investigate the effects of dietary garlic powder(GP) on growth performance and mRNA expression of hepatic 3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA reductase (HMG-CoA reductase) in broiler chickens. Day-old male chicks (Ross, n=270) were fed diets containing 0% [positive control (PC) with antibiotics or negative control (NC) without antibiotics], 1%, 3% and 5% GP for 6 wks. There were no significant differences in feed intake among the treatments throughout the experimental period. Body weight gains in groups fed dietary GP at 3% and 5% were significantly higher than that of NC group (P<0.05). Feeding GP up to 5% did not exert any adverse effect on weight gain and feed intake. There were no significant differences in the relative weights of liver, spleen, cecum and breast muscle. The content of meat cholesterol in GP containing dietary groups tended to be reduced as compared to NC group. Average infectious bronchitis antibody titers in chicks fed GP containing diets were significantly higher than that of NC group (P<0.05). The mRNA expression of hepatic HMG-CoA reductase was reduced by dietary GP. These results indicate that dietary GP has growth promoting effects and tended to alter cholesterol metabolism in broiler chickens.

(Key words : Garlic, HMG-CoA reductase, Growth performance, Broiler chicken)

I. 서 론

소비자들의 건강에 대한 관심은 지속적으로 증가하고 있으며, 식품 내 콜레스테롤 함량은 소비자들의 주요 관심대상이 되었다. 과도한 콜레스테롤 섭취는 사회적 문제로 대두되고 있으며, 이에 따라 콜레스테롤과 연관된 질환과 식이 내 콜레스테롤을 저하시키려는 많은 연구들이 수행되고 있다. 계육 내 콜레스테롤 함량은 기타 육류에 비하여 낮은 편이나 축산물의 질적 측면이 강조되고 있는 현대 소비자의 축산물 소비 형태와 건강에 대한 지속적인 관심을 고려해 볼 때 소비자의 입장에서는 계육 콜레스테롤 역시 고려의 대상이 될 것이다. 축산물 내 콜레스테롤은 약물, 식이 조절 및 식이 내 콜레스테롤 저하효과를 지닌 식물성 물질의 첨가로써 조절할 수 있다. 이들 방법 중 가장 효과적인 방법은 콜레스테롤 합성에 관여하는

속효소인 HMG-CoA reductase를 저해하여 혈청 LDL-C을 저하시키는 것이다(Schaefer, 2002). 실제로 HMG-CoA reductase의 저해인자(약물 또는 천연원료)의 활용은 가금 산물 내 콜레스테롤 함량을 감소시키는 것으로 알려져 있으며(문영자 등, 2002), 산란계에서 HMG-CoA reductase의 저해작용을 하는 약물들을 사용하여 혈중 콜레스테롤과 난황 콜레스테롤이 감소시킨 바 있다(Elkin 등, 1993; Elkin 등, 1999).

최근 20년간 마늘(Garlic, *Allium sativum* L.)의 약리작용을 활용한 *in vivo* 및 *in vitro* 실험에서 항동맥경화 효과(Sharma, 1979; Campbell 등, 2001; Lau, 2001), 항암효과(Cheng과 Jung 1981; Milner, 2001; Fleischauer과 Arab, 2001) 및 면역증진 효과(Lamm과 Riggs, 2001; Kyo 등, 2001) 등을 지닌 것으로 밝혀졌으며 특히, 콜레스테롤 저하효과에 대한 많은 연구가 수행되어 왔다(Bast 등, 2002).

Corresponding author: Dr. C. W. Kang, College of Animal Bioscience and Technology, Konkuk University, 1 Hwayang-dong, Gwangjin-gu, Seoul 143-701, Korea. Tel: 82-2-450-3669, Fax: 82-2-452-9946, E-mail: kkucwkang@empal.com

마늘의 유기황화합물들은 콜레스테롤 대사에 관여하여 체내 콜레스테롤을 저하시키는 효과를 지닌 것으로 밝혀졌으며 (Yeh와 Liu, 2001), 콜레스테롤 합성단계에 영향 끼침으로써, HMG-CoA reductase의 활성과 콜레스테롤 생합성을 저해하거나 (Gebhardt, 1993; Gebhardt와 Beck, 1996), 마늘에서 유래한 유기황화합물 [diallyl disulfide (DADS), diallyl trisulfide (DATS), 및 dipropyl disulfide (DPDS)]이 간 세포에 대한 세포독성으로 작용함으로써 cholesterol 대사에 영향을 미치는 것으로 알려졌으며 (Liu와 Yeh, 2000), 그에 대한 연구결과는 마늘 시료의 종류, 실험기간 및 방법상의 차이에 따라 상이한 연구 결과를 나타내었다 (Rahman, 2001).

양계 사료 내 마늘 시료의 첨가급여는 HMG-CoA reductase, cholesterol-7 α -hydroxylase 및 fatty acid synthetase 과 같은 콜레스테롤 및 지질대사 관련 효소의 활성을 감소시키며, 혈중 LDL-C을 감소시키고, HDL-C에는 영향을 주지 않으며 (Qureshi 등, 1983a,b), 생산성에 악영향을 주지는 않았다(Konjufca 등, 1997; Chowdhury 등, 2002). 이러한 HMG- CoA reductase의 활성 감소에 따른 간, 난황 및 혈중 지질함량의 감소는 세포독성에 의한 것이라는 결과가 제시된 바 있다(윤병선 등, 1996; 윤병선 등, 1998)

따라서 본 연구에서는 육계 사료 내 마늘을 수준별로 급여함으로써 마늘이 육계의 성장성적, 도체 및 간의 HMG-CoA reductase 발현에 미치는 영향을 규명하기 위한 목적으로 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 마늘 시료

실험에 사용한 마늘은 의성 축협에서 제공받았다. 생마늘을 흙과 찌꺼기 등 잔여물을 제거하기 위해 물로 세척하였고, 뿌리 및 속대부분을 제거한 후 세절하였으며, 3일간 천일건조와 dry oven (55 \pm 1 $^{\circ}$ C) 건조를 병행하여 충분히 건조시킨 후(수분 9.92%), 분쇄하여 시료로서 사용하였다. 건조분말 상태의 마늘의 조성분은 수분 9.92%, 조단백질 16.66%, 조지방 0.49%, 조섬유 8.04% 및 조회분 14.36%이었다.

2. 실험동물 및 실험사료

1일령 Ross 육용종 수평아리 270수를 실험동물로 공시하여 6주간 사양실험을 실시하였다. 실험 1-3주차를 전기(Phase I)로, 4-6주차는 후기(Phase II)로 하여 NRC 요구량(1994)에 근거하여 실험사료를 배합하였다. 대조구 사료는 항생제 첨가 대조구 사료와 항생제 무첨가 대조구 사료로

나누어 배치하였고, 실험구에는 건조마늘분말을 조성분의 함량이 유사한 소맥피와 대체하여 1%, 3% 및 5% 수준으로 첨가하였다. 본 연구에 사용된 실험사료의 조성을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Composition of the experimental diets (basal diet)

Ingredients	Starter	Finisher
Ground yellow corn	51.41	57.31
Soybean meal	29.95	26.64
Corn gluten meal	4.70	4.00
Soybean oil	4.84	3.59
Wheat bran	5.00	5.00
Dicalcium phosphate	1.87	1.61
Limestone	1.09	1.01
Salt	0.30	0.30
Choline-chloride(50%)	0.09	0.03
Lysine-HCl	0.04	0.01
DL-Methionine	0.16	0.05
Biotin	0.15	0.10
Anticocidials	0.10	0.10
Mineral Mix ¹⁾	0.15	0.12
Vitamin Mix ²⁾	0.15	0.12
Vitamin AD ₃	0.02	0.02
Total	100.00	100.00
Calculated analysis of basal diet		
Crude protein, %	21.5	20.0
TMEn, kcal/kg	3,100	3,100
Ca, %	1.00	0.90
Avail. P, %	0.45	0.40
Lysine, %	1.10	1.00
Met + Cys, %	0.90	0.75

¹⁾ Mineral mixture provided the following nutrients per kg of diet: Fe, 105 mg; Zn, 90 mg; Mn, 120 mg; Cu, 11.2 mg; I, 1.5 mg; Se, 0.3 mg.

²⁾ Vitamin mixture provided the following nutrients per kg of diet: vitamin A, 3000IU; vitamin D₃, 600IU; vitamin E, 23.6 mg; vitamin K₃, 1.7 mg; vitamin B₁, 2.1 mg; vitamin B₂, 11.8 mg; vitamin B₆, 2.1 mg; vitamin B₁₂, 0.02 mg; niacin, 42.9 mg; pantothenic acid, 21.4 mg; folic acid, 0.75 mg.

3. 사양관리

본 실험에서는 가로 \times 세로 \times 높이가 각각 76 \times 61 \times 40cm 인 18개의 알루미늄 3단 철제 실험 케이지에서 공시 병아리를 사육하였다. 사료 급여기 및 급수기의 숫자는 각각 반복구별로 동일하게 하였으며, 사료와 물은 자유채식 및

자유음수 시켰다. 전 사양실험 기간 동안 24시간 종일접등을 실시하였고, 기타 사양관리는 육계의 복지가 제대로 준수될 수 있도록 일반적으로 행해지고 있는 사양관리 방법에 준하여 실시하였다.

4. 조사항목 및 방법

(1) 증체량, 사료섭취량 및 사료효율

1일령부터 21일령까지를 Phase I로 하였으며 22일령부터 35일령까지를 Phase II로 나누었다. 사료섭취량은 매주 공급여량에서 잔량을 제외하여 측정하였고, 증체량은 매주 종료 시 체중과 개시체중을 계산하여 산출하였다.

(2) 간, 비장, 맹장 및 가슴근육의 중량

실험 5주째에 생체중 측정치의 평균에 해당하는 개체를 처리구 별로 8수씩 선발하여 도살한 후 간, 비장, 맹장 및 가슴근육을 채취하였으며, 채취한 조직들은 생체중 100g 당 상대적 중량으로 환산 표기하였다.

(3) 근육 내 콜레스테롤 함량

5주령에 도살한 개체에서 얻은 다리근육을 발골하여 근육부위만 취한 후, Folch법(Folch 등, 1957)과 AOAC를 변형시킨 방법(Thomson과 Merloa, 1993; Adams 등, 1986)으로 총지질 추출하여, gas chromatography(GC, Hewlett Packard packard 5890 series II)를 사용하여 근육 내 콜레스테롤 함량을 분석하였다.

(4) 간 기능 관련 효소의 활성

실험 5주차 종료 시에 각 처리구에서 유사한 체중을 지닌 개체에서 혈액을 채취하여, GOT-GPT kit (BCS GOT-GPT 측정용 kit, Bio Clinical System Corporation)를 사용한 비색방법으로 혈청 내의 glutamic-oxaloacetic transaminase (GOT) 및 glutamic-pyruvic transaminase (GPT) 함량을 측정하였다.

(5) 면역반응의 측정

실험 2주째에 모든 공시계에 infectious bronchitis (IB) 생

독백신(H 120)을 수당 0.3 ml씩 점안접종을 실시하였으며, 실험 4주째에 동일한 방법으로 재접종하였다. 실험 6주째에 처리구 별로 10수씩 선발하여 익하정맥에서 혈액을 채취하였고, 원심분리(1500g, 15min) 후 혈청을 분리하여 분석 시까지 냉장 보관하였다. 96공 마이크로 플레이트에 주입하고 혈구응집 억제반응법(Hemmagglutination Inhibition test : HI test)에 의해 IB antibody titer를 분석하였다.

(6) HMG-CoA reductase mRNA 발현 수준 정량

실험 5주 종료시에 도살한 개체에서 간의 일부를 채취하여 diethyl pyrocarbonate 처리한 생리식염수로 세척하고 액체질소로 급속 냉동시킨 후에 deep freezer (-72℃)에서 보관하였다. Acid/guanidium/phenol/chloroform법(Chomczynski와 Sacchi, 1987)을 사용하여 간 조직으로부터 total RNA를 추출한 후, Accupower® RT-PreMix(Bioneer, Daejeon, Korea)를 이용하여 complementary DNA(cDNA)를 얻었다. HMG-CoA reductase와 housekeeping gene인 glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase(GAPDH)의 primer(Table 2)를 이용하여 PCR을 수행한 후, 1.7% agarose gel에서 전기영동 시켰다. Image analyzer(Bio-capt ver 99.4, Vilber Loumat, France)를 사용하여 GAPDH와 HMG-CoA reductase band의 optical density 값을 측정된 후, 처리구간 HMG-CoA reductase 발현량 차이를 비교하였다.

5. 통계분석

모든 결과에 대한 통계분석은 Statistical Analysis System(SAS, 1989)의 General Linear Model procedure를 이용하여 분산분석을 실시하였고, 처리구간의 유의성 검정은 Duncan의 multiple range test를 통해 유의 수준 P<0.05에서 검정하였다(Duncan, 1955).

III. 결과 및 고찰

1. 증체량과 사료섭취량에 미치는 영향

사료 내 마늘 분말의 첨가 급여가 증체량, 사료섭취량

Table 2. Primer sequence of HMG-CoA reductase and GAPDH

Gene	Primer sequence	Product size	GenBank access number
HMG-CoA reductase	(Forward) 5'- GCGTAGCAGGACCACTATAC -3'	438bp	BI066342
	(Reverse) 5'- CGCTGATAGCTATAACCTGG -3'		
GAPDH	(Forward) 5'- TTCTACACACGGACACTTCA -3'	290bp	NM_204305
	(Reverse) 5'- TTCTACACACGGACACTTCA -3'		

에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 3에 나타내었다.

Phase I에서는 항생제 무첨가구에 비해서 마늘 분말 첨가구의 증체량이 증가하는 경향을 나타내었고, 마늘 분말 5% 첨가구가 가장 높았으나 유의적인 차이는 아니었다. Phase II에서의 증체량은 마늘 분말 첨가구가 항생제 무첨가구에 비해 유의하게 증가하거나 증가하는 경향이 관찰되었다 (P<0.05). 특히 마늘 분말 3%와 5% 첨가구에서는 항생제 첨가구와 차이가 없었다. 한편 사료섭취량과 사료효율은 Phase I과 Phase II 기간에서 처리구간 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

Qureshi 등 (1983a)은 육계에 3.8%의 마늘 paste와 3.8%의 마늘 paste에서 추출한 극성성분을 첨가 급여하였을 때 대조구에 비해 사료섭취량은 유사하였고, 증체량이 증가하였다고 보고하였고, 추후 실험 (Qureshi 등, 1983b)에서는 생마늘 추출물을 첨가하였을 때 첨가수준이 높아질수록 증체량과 사료섭취량이 다소 감소하는 결과가 관찰되었다고 보고하였다.

한편 Konjufca 등 (1997)은 육계 병아리에서 마늘 분말을 0%부터 4.5%까지 수준별로 급여했을 때 증체량과 사료효율에서 유의한 영향이 없었다고 보고하였고, 윤병선 등 (1996)은 육계 사료 내 마늘을 0%에서 1%까지 첨가하였을 때 처리구간 증체량과 사료섭취량의 유의한 차이는 관찰되지 않았다고 하였다.

본 연구에서는 항생제 첨가구에 비해 마늘에 의한 증체량과 사료섭취량의 유의적인 차이는 관찰되지 않았다. 마늘 분말 첨가 급여에 따른 사료섭취 기피나 사료요구율의 저하와 같은 부정적인 현상은 관찰되지 않았으며, 항생제 무첨가구에 비해 생산성이 향상된 것으로 관찰되었다. 본

실험 결과는 마늘 첨가수준이 비슷한 선행연구(Konjufca 등, 1997)와도 유사한 것으로 나타났다.

2. 간, 비장, 맹장 및 가슴근육 중량에 미치는 영향

Table 4에는 사료 내 마늘 분말의 첨가 급여가 간, 비장, 맹장 및 가슴근육의 중량에 미치는 영향에 대한 결과를 나타내었다.

간과 비장의 상대적인 중량에서는 처리구간에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 마늘분말 3%와 5% 첨가구에서 맹장의 상대적 중량이 다소 증가하는 경향이 관찰되었으나 통계적인 유의차는 나타나지 않았다. 또한 생체중에 대한 상대적인 가슴근육의 생산량도 사료 내 마늘 첨가에 의한 영향을 받지 않은 것으로 나타났다.

Slowing 등 (2001)은 콜레스테롤을 급여한 쥐에게 마늘 추출물을 급여하였을 때 마늘을 첨가한 모든 처리구에서 간의 상대적 중량이 감소하였다고 보고하였고, 윤병선 등 (1996)은 육계에서 대조구에 비해 마늘 급여구에서 간의 상대적 중량이 감소하였다고 하였다. 본 연구에서는 항생제 첨가 대조구에 비해 마늘 분말을 첨가한 실험구에서 간의 상대적 중량이 감소하는 선행연구결과와 유사한 경향을 보였으나 통계적인 유의성은 인정되지 않았다. 이와 같은 연구결과의 상이성의 원인에 대해서는 충분한 검토가 이루어지지 않았기 때문에 본 연구 결과의 해석을 위해서는 간의 조직학적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

3. 근육 내 콜레스테롤 농도, 혈액 내 GOT 및 GPT 수준 및 면역반응에 미치는 영향

Table 3. Effects of dietary garlic powder on body weight, feed intake, and feed conversion rate in broiler chickens¹⁾

	PC	NC	GP 1%	GP 3%	GP 5%
Phase I					
Initial BW, g/bird	43.7 ± 0.0	43.6 ± 0.0	43.6 ± 0.0	43.7 ± 0.0	43.7 ± 0.0
BW gain, g/bird	579.3 ± 9.2	547.8 ±14.0	581.6 ± 9.7	571.2 ± 8.1	607.7 ± 8.8
Feed intake, g/bird	785.6 ±10.4	775.2 ± 5.4	797.0 ±18.1	786.0 ±14.0	797.6 ±36.7
Feed conversion rate, feed/gain	1.40 ± 0.01	1.42 ± 0.02	1.40 ± 0.01	1.41 ± 0.02	1.34 ± 0.06
Phase II					
BW gain, g/bird	1443.6 ±29.1 ^a	1323.1 ±27.9 ^b	1389.9 ±29.4 ^{ab}	1401.7 ±23.2 ^a	1427.4 ±19.4 ^a
Feed intake, g/bird	1370.7 ±43.1	1230.3 ±59.1	1304.0 ±37.0	1261.9 ±27.6	1299.9 ±43.5
Feed conversion rate, feed/gain	1.55 ± 0.03	1.58 ± 0.04	1.60 ± 0.02	1.50 ± 0.05	1.57 ± 0.06

¹⁾ PC, positive control; NC, negative control; GP, dietary garlic powder without antibiotics.

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

Table 4. Effects of dietary garlic powder on relative weights of liver, spleen, cecum, and breast muscle in broiler chickens¹⁾

	PC	NC	GP 1%	GP 3%	GP 5%
Liver, g/100g BW	1.75 ±0.06	1.69 ±0.05	1.59 ±0.03	1.68 ±0.05	1.68 ±0.05
Spleen, g/bird	1.01 ±0.07	1.17 ±0.12	1.08 ±0.14	1.42 ±0.13	1.08 ±0.12
Cecum, g/100g BW	0.60 ±0.04	0.61 ±0.05	0.58 ±0.03	0.66 ±0.07	0.72 ±0.04
Breast muscle, g/100g BW	12.78 ±0.66	11.33 ±0.43	12.16 ±0.32	11.54 ±0.43	12.08 ±0.47

¹⁾ PC, positive control; NC, negative control; GP, dietary garlic powder without antibiotics.

Mean±SE.

사료 내 마늘분말의 첨가 급여가 근육 내 콜레스테롤 농도, 혈액 내 GOT 및 GPT 수준 및 면역반응에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 5에 나타내었다. 근육 내 콜레스테롤의 농도는 항생제 첨가구에 비해 마늘 분말을 첨가한 실험구에서 낮아지는 경향이 관찰되었으나 통계적 유의차는 인정되지 않았다. 간 기능의 이상 여부를 측정하는 지표로 이용되고 있는 혈액 내 GOT 수준은 처리구간에 유의한 차이를 나타내지 않았으나, 마늘 첨가수준의 증가에 따라 GOT 수치가 증가하는 경향을 나타냈다. GPT 수준은 항생제 첨가구에 비해 항생제 무첨가구에서 유의하게 증가하는 결과가 관찰되었으나(P<0.05), 마늘 첨가수준의 영향은 크지 않았다. IB 항체 생성량은 항생제 무첨가구에 비해 마늘분말 1%, 3% 및 5% 첨가구에서 유의하게 높았으며(P<0.05), 항생제 첨가구에 비해서도 높은 수치를 나타내었으나 유의적인 수준은 아니었다.

가금을 이용한 선행연구에서(Qureshi 등, 1983; Konjufca 등, 1997; Chowdhury, 2002)는 마늘 추출물과 마늘분말의 첨가에 따라 혈중 총 콜레스테롤과 LDL-C이 감소하고, HDL-C은 변화가 없는 것으로 보고하였고, 근육과 난황 내 콜레스테롤이 감소하거나 감소하는 경향을 나타내었다고 보고하였다. Konjufca 등(1997)의 선행연구의 결과와 유사하게 마늘 분말의 첨가에 따라 근육 내 콜레스테롤 함량이 감소하는 경향을 나타내는 결과가 관찰되었으나, 유

의적인 차이는 인정되지 않았으며, 조사 일령과 개체에 따른 차이에 연유한 것으로 판단된다. 마늘에 의한 콜레스테롤 저하 효과는 HMG-CoA reductase, cholesterol 7α-hydroxylase 및 fatty acid synthetase와 같은 콜레스테롤과 지질 대사의 주요 효소에 대한 저해작용으로 인한 것으로 알려져 있으며(Qureshi 등 1983), Liu와 Yeh (2000)은 마늘에서 유래한 유기황화합물들인 DADS, DATS 및 DPDS의 콜레스테롤 합성 저해효과가 간세포에 대한 세포독성에 따른 결과라고 보고하였으며, 윤병선 등(1996)은 마늘을 급여한 산란계의 GOT 수치가 높은 것은 간세포의 손상에 의한 결과라고 제시한 바 있다.

본 연구에서는 항생제 첨가구에 비해 마늘 분말을 첨가한 실험구에서 GPT와 GOT의 수치가 증가하거나 (P<0.05) 증가하는 경향을 나타내는 것으로 관찰되었으나, 항생제 첨가구의 혈액 내 GOT, GPT 수치가 낮은 것은 항생제의 유해미생물에 대한 저해작용으로 인해 미생물들에 의해 발생하는 유해물질들의 감소에 의한 것으로 사료된다. 마늘분말의 첨가수준에 따라 이들 수치가 다소 증가하는 경향을 보였으나, 이는 상기 기전과는 다른, 마늘 성분에 의한 간 세포 손상에 의한 것으로 사료된다. 다만 이들에 대한 최종 결론을 위해서는 좀 더 많은 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

Kyo 등(2001)은 면역의 항상성을 유지시킬 수 있는 면

Table 5. Effects of dietary garlic powder on meat cholesterol concentrations, serum GOT and GPT and IB antibody production in broiler chickens¹⁾

	PC	NC	GP 1%	GP 3%	GP 5%
Meat cholesterol, mg/g	1.36 ±0.19	0.96 ±0.09	0.96 ±0.16	0.90 ±0.08	0.92 ±0.11
GOT, U/L	93.58 ±3.26	91.50 ±4.62	99.36 ±1.75	105.09 ±4.26	110.98 ±4.05
GPT, U/L	4.77 ±0.45 ^b	6.19 ±0.29 ^a	5.85 ±0.39 ^{ab}	6.85 ±0.50 ^a	6.30 ±0.40 ^a
IB antibody titer, logs	4.20 ±0.29 ^a	2.57 ±0.57 ^b	4.60 ±0.34 ^a	4.40 ±0.34 ^a	4.50 ±0.27 ^a

¹⁾ PC, positive control; NC, negative control; GP, dietary garlic powder without antibiotics.

^{ab} Means±SE within a row with no common letter are significantly different (P<0.05).

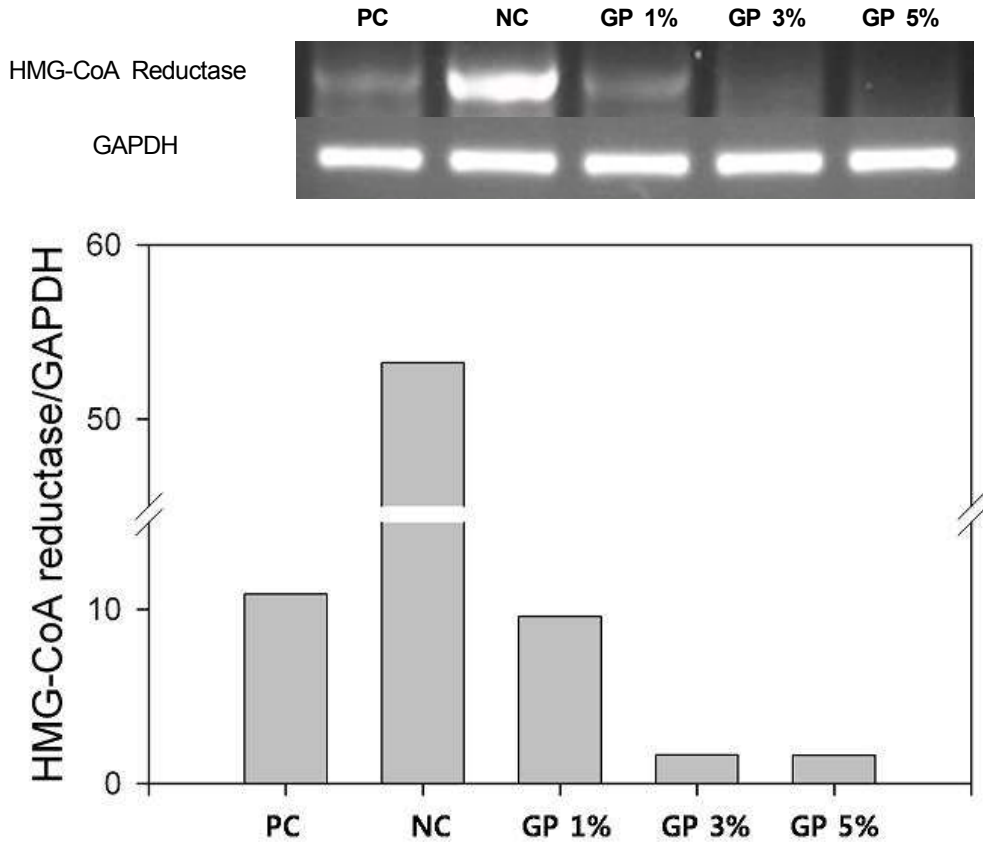


Fig. 1. Expressions of GAPDH and HMG-CoA reductase mRNA.

Quantitative RT-PCR analysis. RT-PCR was performed on 1 μ g of total RNA using HMG-CoA reductase and GAPDH specific primers as a control for normalization. The relative level of HMG-CoA reductase expression was determined by normalisation with respect to GAPDH expression. PC, positive control; NC, negative control; GP, dietary garlic powder without antibiotics.

역 조절자로서 마늘의 가능성을 제시하였고, Lamm과 Riggs (2001)은 마늘 가공물 (aged garlic extract, AGE)이 림프구의 증식과 대식세포의 식작용을 자극하고, 전이된 종양에 대한 대식세포, 림프구의 침투와 비장의 비대를 일으키며, interleukin-2, tumor necrosis factor- α 및 interferon- γ 의 방출을 자극하고, natural killer cell, killer cell과 lymphokine-activated killer cell의 활성을 증진시키는 결과가 관찰되었다고 보고하였고, 이는 마늘의 면역반응에 대한 긍정적인 자극으로써 암의 위험을 줄일 수 있다고 제시하였다.

마늘 급여에 따른 계육 내 콜레스테롤 저하효과 및 면역에 미치는 영향을 규명하기 위해서는 보다 많은 개체수와 다양한 첨가수준을 고려한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

4. 간 내 HMG-CoA reductase mRNA의 발현에 미치는 영향

사료 내 마늘분말의 첨가가 간 내 HMG-CoA reductase

에 대한 mRNA의 발현에 미치는 영향을 Fig. 1에 나타내었다.

HMG-CoA reductase mRNA의 발현은 항생제 무첨가구에 비하여 항생제 첨가구와 마늘분말 1%, 3% 및 5% 첨가구에서 감소하는 결과가 관찰되었으며, 항생제 첨가구에 비해 마늘 3%와 5% 첨가구의 HMG-CoA reductase mRNA의 발현이 낮은 것으로 나타났다.

Qureshi 등(1983a)은 *in vitro* 실험에서 마늘에서 추출한 극성성분의 첨가수준에 따라 육계 간의 HMG-CoA reductase 활성이 감소되는 결과가 관찰되었다고 보고하였으며, 윤병선 등(1996)은 육계 사료 내 마늘을 첨가하였을 때, HMG-CoA reductase의 활성이 감소되는 결과가 관찰되었다고 보고하였다. 마늘에 의한 HMG-CoA reductase 저해효과는 마늘의 allicin에서 유래한 저급 유기황화합물인 DADS, DATS 및 DPDS 등이 간 내 HMG-CoA reductase에 영향을 주어 콜레스테롤의 생합성을 저해시키며(Gebhardt와 Beck, 1996), 이 저해작용은 마늘에서 유래한 유기황성분이 간세포에 대한 세포독성으로 작용하기 때문인 것으로 알려져 있다(Liu와 Yeh, 2000).

본 연구에서 마늘분말의 첨가급여에 따른 HMG-CoA reductase mRNA의 발현의 저하는 마늘에서 유래한 유기황 성분에 의한 간세포에 대한 세포독성으로 사료되며, Table 5에서 나타난 것처럼 마늘분말의 첨가에 따라 간세포의 손상을 나타내는 혈액 내 GOT와 GPT의 수치가 증가하는 경향을 나타내었다($P<0.05$). 항생제 무첨가구의 HMG-CoA reductase mRNA의 발현이 높은 것은 다른 처리구와는 달리 항생제나 마늘 분말과 같은 미생물의 활동을 저해하는 요인이 적기 때문에 장 내 콜레스테롤을 대사기질로 이용하는 미생물에 의한 분중 neutral steroid와 bile acid의 배출이 증가된 것으로 여겨지며, 이로 인해 낮아진 콜레스테롤 pool을 정상 수준으로 유지하기 위해 HMG-CoA reductase의 발현이 증가되어 콜레스테롤 생합성을 증진시키려는 feedback 기전에 따른 것으로 사료된다.

가금을 이용한 마늘에 대한 연구는 소수의 선행연구(Qureshi 등, 1983; Konjufca 등, 1997)가 수행된 바 있었으나, 마늘에 의한 콜레스테롤 대사의 변화를 규명하기 위해서는 콜레스테롤 합성경로, 이화과정 및 배설경로에 대한 추가적인 연구 부분이 필요할 것으로 사료된다.

IV. 요약

육계사료 내 마늘분말의 첨가급여가 육계의 성장성적과 간 HMG-CoA reductase의 발현에 미치는 영향을 규명하기 위해 본 연구를 수행하였다. 1일령의 육계 Ross 수평아리에게 마늘분말을 0%(항생제 첨가 또는 항생제 무첨가), 1%, 3% 및 5%의 수준으로 첨가한 실험사료를 각각 6주간 급여하였다. 증체량은 항생제 무첨가 대조구에 비하여 마늘분말 3% 및 5%를 첨가한 처리구에서 유의하게 증가하였으며($P<0.05$), 사료섭취량은 처리구간 차이가 없었다. 육계 사료 내 5%까지의 마늘분말의 첨가급여는 증체량과 사료섭취량에 부정적인 영향을 주지 않았다. 간, 비장, 맹장 및 가슴 근육에 대한 상대적 중량은 처리가 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 근육 내 콜레스테롤 함량은 항생제 첨가 대조구에 비해 감소하였으나 통계적인 유의차는 나타나지 않았다. IB 항체 생성량은 항생제 무첨가 대조구에 비하여 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 간의 HMG-CoA reductase mRNA의 발현은 대조구에 비해 마늘분말을 첨가한 모든 처리구에서 저하된 것으로 관찰되었다. 본 연구에서 사료 내 마늘의 첨가급여는 육계의 성장촉진 효과를 나타내었으며, 콜레스테롤 대사에 영향을 미칠 수 있음이 시사되었다.

V. 사 사

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에

의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

VI. 인용 문헌

1. Adams, M. L., Sullivan, D. M., Smith, R. L. and Richter, E. F. 1986. Evaluation of direct saponification method for determination of cholesterol in meats. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 69(5):844-846.
2. Bast, A., Chandler, R. F., Choy, P. C., Luc, L. M., Delulle, M., Gruenwald, J., Bart, S., Halkes, A., Keller, K., Koeman, J. H., Peters, P., Przyrembel, H., de Ree, E. M., Renwick, A. G. and Vermeer, I. T. M. 2002. Botanical health products; positioning and requirements for effective and safe use. *Environ. Toxicol. & Pharm.* 12:195-211.
3. Campbell, J. H., Efendy, J. L., Smith, N. J. and Campbell, G. R. 2001. Molecular basis by which garlic suppresses atherosclerosis. *J. Nutr.* 131:1006-1009.
4. Cheng, M. H. and Jung, T. C. 1981. Effect of allithiamine on sarcoma-180 tumor growth in mice. *Tai-wan I Hsu-chui Hui Tsa chif* 80(4):385-393.
5. Chomczynski, P. and Sacchi, N. 1987. Single-step method of RNA isolation by acid guanidinium thiocyanate-phenol-chloroform extraction. *Anal. Biochem.* 162:156-159.
6. Chowdhury, S. R., Chowdhury, S. D. and Smith, T. K. 2002. Effects of dietary garlic on cholesterol metabolism in laying hens. *Poultry Sci.* 81:1856-1862.
7. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometr.* 11:1-42.
8. Elkin, R. G., Freed, M. B., Kieft, K. A. and Newton, R. S. 1993. Alteration of egg yolk cholesterol content and plasma lipoprotein profiles following administration of a totally synthetic HMG-CoA reductase inhibitor to laying hens. *J. Agric. Food Chem.* 41:1094-1101.
9. Elkin, R. G., Zhong, Z. Y., Donkin, S. S., Buhman, K. K., Story, J. A., Turek, J. J., Porter Jr, R. E., Anderson, M., Homan, R. and Newton, R. S. 1999. Select 3-Hydroxy-3methylglutaryl-coenzyme A reductase inhibitors vary in their ability to reduce egg yolk cholesterol levels in laying hens through alteration of hepatic cholesterol biosynthesis and plasma VLDL composition. *J. Nutr.* 129:1010-1019.
10. Fleischauer, A. T. and Arab, L. 2001. Garlic and cancer: A critical review of the epidemiologic literature. *J. Nutr.* 131: 1032-1040.
11. Folch, G., Lees, M. and Stanley, G. H. S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226:497-509.

12. Gebhardt, R. 1993. Multiple inhibitory effects of garlic extracts on cholesterol biosynthesis in hepatocytes. *Lipids* 24(7):613-619.
 13. Gebhardt, R. and Beck, H. 1996. Differential inhibitory effects of garlic derived organosulfur compound on cholesterol biosynthesis in primary rat hepatocyte cultures. *Lipids* 31(12): 1269-1276.
 14. Konjufca, V. H., Pesti, G. M. and Bakalli, R. I. 1997. Modulation of cholesterol levels in broiler meat by dietary garlic and copper. *Poultry Sci.* 76:1264-1271.
 15. Kyo, E., Uda, N., Kasuga, S. and Itakura, Y. 2001. Immunomodulatory effects of aged garlic extract. *J. Nutr.* 131: 1075-1079.
 16. Lamm, D. L. and Riggs, D. R. 2001. Enhanced immunocompetence by garlic: Role in bladder cancer and other malignancies. *J. Nutr.* 131:1067-1070.
 17. Lau, B. H. S. 2001. Suppression of LDL oxidation by garlic. *J. Nutr.* 131:985-988.
 18. Liu, L. and Yeh, Y. Y. 2000. Inhibition of cholesterol biosynthesis by organosulfur compounds derived from garlic. *Lipids* 35(2):197-203.
 19. Milner, J. A. 2001. A historical perspective on garlic and cancer. *J. Nutr.* 131:1027-1031.
 20. Qureshi, A. A., Abuirmeileh, N., Din, Z. Z., Elson, C. and Burger, W. C. 1983a. Inhibition of cholesterol and fatty acid biosynthesis in liver enzymes and chicken hepatocytes by polar fraction of garlic. *Lipids* 18:343-348.
 21. Qureshi, A. A., Din, Z. Z., Abuirmeileh, N., Burger, W. C., Ahmad, Y. and Elson, C. E. 1983b. Suppression of avian hepatic lipid metabolism by solvent extract of garlic: Impact on serum lipids. *J. Nutr.* 113:1746-1755.
 22. Rahman, K. 2001. Historical perspective on garlic and cardiovascular disease. *J. Nutr.* 131:977-979.
 23. SAS Institute Inc. 1989. SAS/STAT User's Guide. Version 6, 4th Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.
 24. Schaefer, E. J. 2002. Lipoproteins, nutrition, and heart disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 75:191-212.
 25. Sharma, K. K. and Sharma, S. P. 1979. Effect of onion and garlic on serum cholesterol on normal subjects. *Mediscope.* 22(7):134-136.
 26. Slowing K., Gando, P., Sanz, M., Ruiz, E. and Tejerina, T. 2001. Study of garlic extracts and fractions on cholesterol plasma levels and vascular reactivity in cholesterol-fed rats. *J. Nutr.* 131:994-999.
 27. Tompson, R. H. and Merola, G. V. 1993. A simplified alternative to the AOAC official method for cholesterol in multicomponent foods. *J. AOAC inter.* 76(5):1057-1068.
 28. Yeh, Y. Y. and Liu, L. 2001. Cholesterol-lowering effect of garlic extracts and organosulfur compounds: Human and animal studies. *J. Nutr.* 131:989-993.
 29. 문영자, 염금희, 성장근. 2002. HMG-CoA reductase 저해제 탐색과 가금의 콜레스테롤 저하 효과. *한국식품영양학회.* 15 (4):307-313.
 30. 윤병선, 남기택, 김창원, 강창원, S. Ohtani, K, Tanaka. 1996. 육계 사료 내 마늘의 첨가가 육계의 생산성과 HMG-CoA reductase에 미치는 영향. *한국가금학회지.* 23(3):129-134.
 31. 윤병선, 채현석, 김석철, 김동운, 안중남, 김용근. 1998. 산란 계에 대한 마늘의 급여 효과. *한국영양사료학회지.* 22(6):357-362.
 32. 최용순, 이상영. 1992. 혈청콜레스테롤과 3-hydroxy-3- methylglutaryl coenzyme a reductase. *한국영양식량학회지.* 21(5): 580-593.
- (접수일자 : 2009. 2. 20. / 수정일자 : 2009. 7. 1. / 채택일자 : 2009. 7. 14.)