

사료 내 Quercetin의 첨가가 육계의 생산성, 혈액 생화학 특성, 혈액 내 면역글로불린과 혈액 내 항산화 인자에 미치는 영향

김동욱^{1a} · 홍의철^{1a} · 김지혁¹ · 방한태¹ · 최지영² · 지상윤¹ · 이왕식³ · 김상호^{1*}

¹농촌진흥청 국립축산과학원, ²HACCP기준원 가공영양팀, ³제주대학교 생명자원과학대학

Effects of Dietary Quercetin on Growth Performance, Blood Biochemical Parameter, Immunoglobulin and Blood Antioxidant Activity in Broiler Chicks

Dong-Wook Kim^{1a}, Eui-Chul Hong^{1a}, Ji-Hyuk Kim¹, Han-Tae Bang¹, Ji-Young Choi², Sang-Yoon Ji¹, Wang-Shik Lee³ and Sang-Ho Kim^{1*}

¹National Institute of Animal Science, RDA, Seonghwan 330-801, Korea

²Korea Livestock Products HACCP Accreditation Service, Anyang 430-731, Korea

³College of Applied Life Science, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

ABSTRACT This study was conducted to investigate the effects of dietary quercetin on growth performance, blood biochemical parameters, immunoglobulin, and blood antioxidant activity in broiler chickens. Three hundred twenty one-day old Ross broilers were divided 8 treatments (C(-), basal diet; C(+), basal diet with antibiotics; vitamin E 20 IU; vitamin E 200 IU; quercetin 20 ppm; quercetin 200 ppm; methoxylated quercetin 20 ppm; methoxylated quercetin 200 ppm) with 4 replicates and 10 birds per replicate. Birds were reared for 35 days and their feed intake and weight gain were measured weekly. At 35d, eight birds of average weight from each replicate were selected for blood collection and analysis. Weight gain of birds in the groups fed quercetin was higher when compare to NC but there was no significant difference. In the serum, creatinine, BUN and AST in quercetin groups significantly decreased compared to those of control (NC and PC) ($P<0.05$). The contents of IgA and IgM were significantly lower in quercetin groups than those of NC ($P<0.05$). SOD like activity and MDA content tended to decrease in quercetin groups, however, there was no significant difference among treatments. In conclusion, supplemental quercetin to poultry diet could be positive aspect on performance and blood metabolites. Optimum adding levels was more than 20 ppm.

(Key words: quercetin, broiler, blood biochemical parameter, immunoglobulin, blood antioxidant activity)

서 론

가축의 생산성 극대화, 고밀도 사육 및 열악한 사육 환경으로 인한 질병 발생 예방을 목적으로 사료 내 성장촉진용 항생제를 이용하여 왔다. 그러나 축산물 내 항생제 잔류 및 내성균 출현 등의 문제가 대두되면서 수입 축산물에 대한 경쟁력 제고 및 소비자의 안전 축산물에 대한 요구에 따라 무항생제 축산물에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 성장촉진용 항생제의 사용에 대한 규제가 강화되고 있으며, 항생제를 배제하고, 사육시 가축 생산성 저하 및 질병 발생 증

가 등이 문제가 되고, 그 대응책이 시급한 실정이다.

최근, 항생제 대체 물질로서 가축의 체내 면역기능을 활성화시키는 물질에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이런 면역기능 활성화 물질에는 생균제(probiotics), 산미제(acidifiers), 효소제(enzymes), 광물질 첨가제(mineral supplements) 그리고 올리고당(oligosaccharide) 등이 있다. 또한 동물(Zaslloff, 1987; Skerlavaj et al., 1999; Henzler et al., 2003)과 식물(Taniguchi and Kubo, 1993; Broekaert et al., 1995)에서 추출된 천연 항균펩타이드(Antimicrobial peptides, AMPs)가 발견되면서 많은 주목을 받고 있다.

^a First two authors equally contributed to this work.

^{*} To whom correspondence should be addressed : kims2051@korea.kr

일반적으로 항생제 대체제로서 많이 활용되는 성분은 항균성분과 항산화 성분이 많이 이용되는데, 항균성은 장내 유해 미생물을 억제하는 목적으로 사용되고 있으며, 항산화 성분은 면역성 강화 목적으로 이용되고 있다. 하지만 현재 개발 중인 항생제 대체물질의 경우, 효과가 있다라고 제조 비용이 비싸거나, 비용이 저렴할 경우에는 항생제 대체효과가 미미하여 상용화하기 어려운 문제가 있다.

Flavonoid는 야채, 한약, 과일 및 콩과 식물에서 발견되는 다양한 폴리페놀 물질에 대한 통칭으로 5천종 이상의 flavonoid가 지금까지 보고되어 있으며, 식물의 색과 풍미에 영향을 미친다(Hertog et al., 1992, 1996; Hwang, 2009). 플라보노이드(Flavonoid) 물질들은 항산화, 항균, 항바이러스, 항염증, 에스트로젠(estrogen) 유사작용, 항에스트로젠 작용, 항돌연변이작용, 항암작용, 효소활성화 및 효소저해작용 등 다양한 효과가 있다(Hollman and Kstan, 1997).

Quercetin(3,3',4',5,7-pentahydroxyflavone)은 자연적으로 발생하는 낮은 분자량의 식물 대사체로서, 다양한 약학상의 특징을 가지고 있는 대표적 flavonoid이며, 양과에 다량 함유되어 있다(Punithavathi and Mainzen, 2009). 또한 quercetin은 항염증(Bischoff, 2008; Hwang, 2009), 항 apoptotic(Cheng et al., 2009; Hirpara et al., 2009), 항산화 효과(Lu et al., 2006; Boots et al., 2008; Kebieche et al., 2009; Romero et al., 2010)를 유도한다.

가금 산업에서 사료첨가제로서의 quercetin 사용에 대한 연구는 미비한 실정이다. 이것은 hydroxylated flavonoid인 quercetin이 혈액이나 장기에 도달하기 전에 *in vivo* 상태에서 신속하게 대사되어 배설되고, 세포 내 수송율이 낮기 때문이다(Suresh Babu et al., 2004; Mitstacka et al., 2007; Lee et al., 2011). 이런 문제들은 quercetin의 수산화기를 메틸기로 치환하여(methoxylation) 친수성인 quercetin의 지용성을 증가시키고, 음이온을 띠게 함으로써 해결될 수 있다(Graf et al., 2005; Wilson et al., 2008).

따라서 본 연구는 육계사료 내 항생제 및 quercetin과 methylated quercetin (각각 20과 200 ppm), Vit E를 각각 20과 200 IU 급여한 육계의 생산성, 혈액 생화학적 정상, 면역 및 혈액 항산화 활성을 조사하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

1. Quercetin과 Methylated Quercetin

본 연구에서 공시재료로 이용된 quercetin의 추출 방법은 다음과 같다. 건조한 양과 1 kg을 3 mm 이하로 파쇄한 후,

에탄올 1,000 mL를 가해 72시간 동안 침지시킨 후 추출물을 여과하였다. 이후 hexan(n-hexane)과 증류수 혼합액(1:1, v/v)으로 3회 분배 추출한 후, hexan 층을 제거한 증류수 층은 chloroform, ethyl-acetate 및 부탄올과 1:1로 3회 분배 추출하였다. Quercetin은 다수의 수산화기를 포함하고 있기 때문에 생체 내에서 빠르게 분해되어 배설되며, 세포가 이동물이 낮아서, 메틸기로 치환함으로써 지용성을 증가시킨다(Jang et al., 2011; Lee et al., 2011). 따라서 본 시험에서는 Lee et al.(2011)의 방법으로 quercetin을 methoxylation(메톡시화)한 methylated quercetin을 이용하였다.

2. 공시동물 및 시험설계

본 시험에 이용된 공시계는 1일령 육계 수평아리 (Ross × Ross 308) 320수를 선별하여 육계초기(0~3주령)와 육계후기(3~5주령)의 35일 동안 시험을 실시하였다. 시험설계는 8 처리구를 처리구당 4반복, 반복당 10수씩으로 나누어 완전임의 배치하였다(Table 1). 기초사료는 NRC(1994)에서 근거하여 옥수수-대두박 위주의 육계사료를 초기(CP 22%, ME 3,100 kcal/kg)와 후기(CP 20%, ME 3,150 kcal/kg)로 나누어 급여하였다(Table 2).

3. 사양관리

사료는 자유급이를 하였으며, 음수는 니플을 통하여 자유롭게 마실 수 있게 하였다. 점등시간은 24시간 연속점등으로 하였으며, 시험기간 중 계사 내 평균온도는 입추 시에 34℃로 조절하였으며, 온도를 점점 낮추어 5주령에는 24℃로 조절하였다. 계사 내 습도는 전기에 약 70%, 후기에는 약 60%를 유지하였다. 기타 사양관리는 국립축산과학원의 사양

Table 1. Experimental design of this work

Treatment	Antibiotics	Treatments
C(-)	X	Basal diet (antibiotics free)
C(+)	O	Avilamycin 10 ppm + salinomycin 60 ppm
T1	X	DL- α -Tocopherol 20 IU
T2	X	DL- α -Tocopherol 200 IU
T3	X	Quercetin 20 ppm
T4	X	Quercetin 200 ppm
T5	X	Methylated quercetin 20 ppm
T6	X	Methylated quercetin 200 ppm

Table 2. Formula and chemical composition of the basal diet

Ingredients	Starter	Finisher
	(0~3 wk)	(3~5 wk)
	----- % -----	
Corn	53.44	61.64
Soybean meal	33.65	27.88
Corn gluten meal	4.16	4.00
Soybean oil	4.68	3.06
Limestone	1.02	1.23
Tricalcium phosphate	2.01	1.31
Salt	0.25	0.25
DL-Methionine	0.27	0.08
Lysine-HCl	0.02	0.05
Vitamin-mineral mixture ¹	0.50	0.50
Total	100.0	100.0
ME (kcal/kg)	3,100	3,150
Crude protein (%)	22.0	20.0
Lysine (%)	1.10	1.00
Methionine (%)	0.50	0.38
Methionine + cysteine (%)	0.87	0.70
Ca (%)	1.00	0.90
Available P (%)	0.50	0.35

¹ Vitamin-mineral mixture provided following nutrients per kg of diet: vitamin A, 15,000 IU; vitamin D₃, 1,500 IU; vitamin E, 20.0 mg; vitamin K₃, 0.70 mg; vitamin B₁₂, 0.02 mg; niacin, 22.5 mg; thiamin, 5.0 mg; folic acid, 0.70 mg; pyridoxine, 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.

관행에 따라 수행하였다.

4. 시료채취

분석용 시료를 채취하기 위하여 시험 종료 35일령 후, 각 시험구당 평균 체중에 가까운 8수씩을 선정하여 도살하였다. 도살 전에 체중을 측정된 후 익하정맥에서 채혈을 하여 혈장을 분리하였다.

5. 조사항목

1) 체중, 증체량, 사료 섭취량 및 사료 요구율

시험기간 중 체중과 사료 섭취량을 매주 오전 10시에 측정하였다. 사료 섭취량은 사료잔량을 측정하여 사료급여량에서 제하여 계산하였다. 사료 요구율은 섭취량에서 증체량을 나누어 계산하였다.

2) 혈액 생화학적 성분 분석

Creatinine, 요소질소(BUN), total protein, albumin, globulin, albumin/globulin, aspartate aminotransferase(AST) 및 alanine aminotransferase(ALT) 분석은 자동생화학분석기(Hitachi 747, Japan)을 이용하여 실시하였다.

3) 면역글로불린 함량

IgA, IgG 및 IgM은 ELISA assay 키트(BETHYL, Montgomery, TX, USA)를 이용하여 측정하였다. 측정을 위한 흡광도는 Microplate reader를 이용하여 470 nm에서 결정되었다.

4) SOD-like Activity

SOD 유사 활성 측정은 Marklund and Marklund(1974)의 방법을 변형하여 측정하였다. 일정 농도로 희석된 시료 0.2 mL에 tris-HCl buffer(50 mM trisamino-methane+10 mM EDTA, pH 8.5) 2.6 mL와 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 첨가하여 25°C에서 10분간 반응시킨 후 1 N HCl를 가하여 반응을 정지시키고, 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

5) 혈액 지질과산화물 측정

혈액 내 지질과산화물인 malondialdehyde(MDA) 함량은 Buege and Aust(1978)의 방법을 수정하여 측정하였다. 혈액 500 µL에 10% butylated hydroxyanisole(BHA) 50 µL 및 thio-barbituric acid(TBA)/trichloroacetic acid(TCA) 혼합 용액 4 mL를 넣어 혼합하고, 이를 90°C 항온수조에 넣어 15분 동안 반응시켜 냉각한 후, 원심분리(3,000 rpm × 10분)하여 상등액을 회수하고, 532 nm에서 흡광도로 측정하였다. 1,1,3,3-tetra-ethoxypropane로 제조한 MDA 표준용액을 이용하여 작성한 표준곡선으로 혈액 내 MDA 함량을 결정하였다.

6. 통계분석

처리 간 생산 능력, 혈액 생화학 지표, 면역글로불린 및 혈액 지질과산화물의 함량에 대한 모든 자료의 통계 분석은 SAS 프로그램(SAS, 2002)의 GLM 분산분석을 이용하여 5% 수준에서 유의성을 검정하였으며, 처리평균간 비교는 Duncan의 다중검정방법(Duncan, 1955)을 이용하였다.

결 과

1. 육계 생산성

본 시험에 이용된 육계의 생산성은 Table 3에 나타내었다. 육계의 초기 체중은 평균 46.6 g, 35일 최종 체중은 평균 2,054 g으로 처리구 간 유의적인 차이가 없었으며, 사료 섭취량과 사료 요구율도 체중과 마찬가지로 quercetin 첨가에 따른 유의차가 없었다. 증체량은 quercetin 첨가구를 무항생제 첨가구와 비교시에 개선되는 경향을 보였으며, 특히 quercetin 200 ppm 처리구에서 높게 나타났으나, 처리구 간의 유의적인 차이는 보이지 않았다.

2. 혈액 생화학 지표

본 시험에 이용된 육계의 혈액 생화학 지표는 Table 4에 나타내었다. Creatinine은 대조구(항생제 및 무항생제 첨가구)에 비해 유의적으로 감소하였으며, 특히 methylated quercetin 처리구에서 낮게 나타났($P<0.05$). BUN은 Vit E 200 ppm 과 quercetin 200 ppm 처리구에서 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮게 나타났($P<0.05$). 육계 혈액 내 총단백질, albumin, globulin 및 albumin/globulin 비율은 처리구 사이에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. AST는 비타민 및 quercetin 처리구에서 유의적으로 감소하였으며($P<0.05$), ALT는 quercetin 처리구에서 무항생제 처리구에 비해 감소하는 경향이었으나, 유의적인 차이는 없었다.

3. 면역글로불린 함량

Table 3. Effects of dietary quercetin on growth performance in broiler chicks

Items	C(-)	C(+)	α-Tocopherol (IU)		Quercetin (ppm)		M-quercetin (ppm)		SEM ¹
			20	200	20	200	20	200	
Initial BW(g)	47.0	47.0	46.2	46.3	45.8	46.8	47.2	46.6	0.92
Final BW(g)	2,031	2,082	2,045	2,050	2,043	2,078	2,076	2,030	53.8
BW gain(g)	1,984	2,035	1,999	2,004	1,997	2,031	2,028	1,983	53.5
Feed intake(g)	3,282	3,279	3,204	3,120	3,294	3,264	3,294	3,207	79.8
FCR	1.65	1.61	1.60	1.56	1.65	1.60	1.63	1.61	0.05

M-quercetin : Methylated quercetin. C(-), no antibiotics; C(+), antibiotics.

¹ Standard error of mean.

Table 4. Effect of dietary quercetin on blood biochemical parameters on broiler chicks

Items ²	C(-)	C(+)	α-Tocopherol (IU)		Quercetin (ppm)		M-quercetin (ppm)		SEM ¹
			20	200	20	200	20	200	
Creatinine (mg/dL)	0.27 ^a	0.28 ^a	0.20 ^{bc}	0.24 ^{ab}	0.25 ^{ab}	0.26 ^{ab}	0.22 ^b	0.18 ^c	0.02
BUN (mg/dL)	2.80 ^a	2.40 ^{ab}	2.60 ^a	2.20 ^b	2.60 ^a	2.00 ^b	2.60 ^a	2.50 ^{ab}	0.15
TP (g/dL)	3.38	3.36	3.18	3.12	3.22	3.30	3.54	3.34	0.32
Albumin (g/dL)	1.66	1.64	1.64	1.59	1.52	1.62	1.80	1.66	0.15
Globulin (g/dL)	1.72	1.72	1.54	1.53	1.70	1.68	1.74	1.68	0.17
Albumin/globulin	0.97	0.96	1.07	1.04	0.89	0.97	1.04	1.00	0.08
AST (U/dL)	178.6 ^a	170.6 ^{ab}	155.2 ^c	164.8 ^{bc}	167.6 ^b	166.6 ^b	160.8 ^{bc}	166.3 ^b	9.57
ALT (U/dL)	6.20	5.80	6.00	5.40	5.45	5.20	5.80	6.50	0.52

M-quercetin : Methylated quercetin. C(-), no antibiotics; C(+), antibiotics.

¹ Standard error of mean.

² BUN, blood urea nitrogen; AST, aspartate aminotransferase; ALT, alanine aminotransferase.

^{a-c} Mean within the same row with no common superscripts differ significantly ($P<0.05$).

본 시험에 이용된 육계의 혈액 면역글로불린 함량은 Table 5에 나타내었다. IgA는 비타민 처리구와 quercetin 처리구에서 무항생제 처리구에 비해 유의적으로 낮았으며($P<0.05$), 항생제 처리구와는 유의적인 차이가 없었다. IgG는 비타민과 quercetin 처리구에서 무항생제 처리구에 비해 낮게 나타났지만, 처리구 사이에서 유의적인 차이는 보이지 않았다. IgM은 methylated quercetin 200 ppm 처리구에서 0.45 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 유의적으로 낮게 나타났으며, 다른 처리구 사이에서는 유의차가 없었다.

4. 혈액 항산화 활성

본 시험에서 이용된 육계의 혈액 항산화 활성은 Table 6에 나타내었다. SOD 유사 활성은 quercetin 처리구에서 무항생제 첨가구에 비해 유의적으로 높아졌으며, 특히 quercetin 200 ppm에서 22.08%로 유의적으로 높았다. Malondialdehyde 함량은 처리구간 유의적인 차이가 없었다.

고 찰

Quercetin에 관한 연구는 다양하게 이루어져 왔으나, 사료

첨가제로서 가축에 사용된 연구는 미비한 실정이다. 특히, quercetin이 가축의 생산성에 미치는 효과를 다룬 연구는 극히 드물며, 송어나 rat 등에서 주로 연구가 되어 왔다.

Plakas et al.(1985)는 송어에 대하여 quercetin의 첨가가 체중, 증체량 및 사료 요구율에 영향을 미치지 않는다고 하였으며, Ambrose et al.(1952)는 quercetin이 흰쥐의 성장에 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. 또한 국내에서도 Hwang (2009)이 quercetin의 사료 내 첨가가 흰쥐의 체중, 섭취량 및 사료 요구율에 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. 본 시험에서도 처리구 사이에서 체중, 증체량, 사료 섭취량 및 사료 요구율의 차이를 보이지 않아 이들 결과와 유사하게 나타났다. 이런 결과들에 따라 quercetin과 같은 flavonoid는 생산성과 같은 가축의 외적 형질에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

Creatinine은 근육, 뇌, 심장 등에 존재하여 에너지를 보관하는 역할을 하는 creatine이 대사된 물질로 요소 질소나 요산과 마찬가지로 체내에서 에너지로서 사용된 단백질의 노폐물이다(Jung et al., 2012). Creatinine은 근육 내에서 에너지로 사용된 후, 혈중으로 유출되어 신장으로로부터 배설된다. 이것은 다른 경로가 없이 단지 신장을 통해서만 배출이 되

Table 5. Effect of dietary quercetin on immunoglobulin contents in broiler chickens

Items	C(-)	C(+)	α -Tocopherol (IU)		Quercetin (ppm)		M-quercetin (ppm)		SEM ¹
			20	200	20	200	20	200	
----- $\mu\text{g}/\text{dL}$ -----									
Ig A	2.87 ^a	1.40 ^b	1.92 ^b	1.24 ^b	1.47 ^b	1.73 ^b	2.12 ^{ab}	1.40 ^b	0.64
Ig G	21.72	13.36	20.30	14.68	17.06	17.72	18.71	14.53	5.43
Ig M	0.65 ^a	0.51 ^{ab}	0.63 ^a	0.62 ^a	0.54 ^{ab}	0.53 ^{ab}	0.59 ^{ab}	0.45 ^b	0.09

M-quercetin : Methylated quercetin. C(-), no antibiotics; C(+), antibiotics.

¹ Standard error of mean.

^{a,b} Mean within the same row with no common superscripts differ significantly ($P<0.05$).

Table 6. Effect of dietary quercetin on antioxidant activity of serum in broiler chickens

Items	C(-)	C(+)	α -Tocopherol (IU)		Quercetin (ppm)		M-quercetin (ppm)		SEM ¹
			20	200	20	200	20	200	
SOD like activity (%)	19.31 ^c	19.87 ^{bc}	19.86 ^{bc}	22.27 ^a	21.58 ^{ab}	22.08 ^a	20.76 ^{abc}	20.68 ^{abc}	1.43
Malondialdehyde ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	0.204	0.194	0.179	0.176	0.195	0.175	0.195	0.175	0.08

M-quercetin : Methylated quercetin. C(-), no antibiotics; C(+), antibiotics.

¹ Standard error of mean.

^{a-c} Mean within the same row with no common superscripts differ significantly ($P<0.05$).

어 신장의 배설 기능을 평가하는데 가장 간단하고 좋은 지표이며, 많은 연구에서 보정하지 않은 뇨 중 대사물질보다는 뇨 중 creatinine로 보정된 오염물질의 농도가 혈액, 혈청, 혈장 중에 함유된 노출물질의 농도와 상관관계를 가지고 있다고 보고하고 있다(Barr et al., 2005; Hill et al., 1995; Shealy et al., 1997). Anjaneyulu and Chopra(2004)는 흰쥐에서 creatinine의 함량은 quercetin 첨가에 따라 개선된다고 보고하였다. 본 시험에서 quercetin을 첨가한 처리구에서는 대조구와 creatinine의 함량은 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 메틸화된 quercetin을 첨가한 처리구에서는 유의차를 보였다. Blood urea nitrogen(BUN)은 단백질 대사의 최종산물로 주로 간에서 urea cycle에 의해서 혈중에 방출된다(Cho et al., 2010). 또한 Cho et al.(2010)은 산양에서 quercetin 첨가구가 무첨가구에 비해 유의적으로 높은 결과를 보인다고 하였다. 그러나 Jo et al.(2004)은 흰쥐에서 quercetin 첨가 유무에 따른 BUN 값이 차이가 없다고 보고하였다. 본 연구에서는 비타민 E 200 IU와 quercetin 200 ppm 처리구에서 유의적으로 높게 나타났다. Quercetin의 첨가가 creatinine이나 BUN에 미치는 영향에 대해서는 명확히 제시한 연구는 아직 부족한 실정이다. 따라서 본 연구의 결과를 중심으로 quercetin 첨가에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

혈청 중 총단백질, 알부민 및 글로불린의 농도는 간장의 건강 상태를 간접적으로 나타내고 있다(Hwang, 2009). 특히 albumin은 간 장애나 체내 단백대사 이상의 지표로 사용되며, total protein은 혈청 단백질을 나타낸다(Cho et al., 2010). Rupasinghe et al.(2010)은 흰쥐에서 포도당, 총단백질, 알부민 및 글로불린 농도를 조사한 결과, quercetin 첨가에 따른 유의적인 차이가 없다고 하였으며, Hwang(2009)도 총단백질, 알부민 및 글로불린 농도는 각각의 처리구에서 유의적인 차이를 보이지 않는다고 하였다. 본 시험의 결과에서도 총단백질이나 알부민 및 글로불린의 함량은 처리구 사이에서 유의차를 보이지 않았다. 이는 quercetin 급여가 육계 혈청의 단백질 농도에 영향을 미치지 않음을 보여주는 것이라 사료된다.

AST (aspartate aminotransferase)는 손상 받은 간세포로부터 덧세강(space of Disse)내로 빠져나가 직접 혈류로 용이하게 확산되어 간 손상을 측정할 수 있으며, ALT(alanine aminotransferase)는 간담계 질환과 골질환 등에 주로 측정된다(Cho et al., 2010). Hwang(2009)은 흰쥐에 대한 quercetin 첨가구에서 AST와 ALT 함량이 대조구에 비해 낮게 나타났으나, 유의적인 차이가 없다고 보고하였다. 본 시험에서는 비타민이나 quercetin 처리구가 대조구에 비해 유의적으로 낮

아졌다. 이런 결과는 축종에 따른 차이 때문이라고 사료된다.

Kaku et al.(1999)은 흰쥐의 사료에 quercetin 첨가를 하였을 때 혈중 IgA, IgG 및 IgM의 함량은 대조구와 유의적인 차이가 없다고 보고하였다. 그러나 본 시험에서는 IgA 함량은 대조구에 비해 유의적으로 감소되었으며, IgM의 함량은 메틸화된 quercetin 처리구에서만 감소하였으며, IgG는 처리구 간 유의적인 차이가 없었다. Quercetin 첨가 유무에 따른 면역글로불린(IgA, IgG 및 IgM) 함량에 대한 연구가 부족하여 본 시험의 결과를 설명하기가 어려우며, 추후 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

SOD나 SOD 유사활성 물질이 존재하는 경우, 자동산화가 억제될 수 있고, 이 억제되는 정도를 비교하여 실험대상 물질의 효능을 비교하게 된다(Choi et al., 2003). 본 시험에서 대조구를 제외한 모든 처리구에서 SOD 유사활성이 높게 나타나 quercetin에 대한 효과가 있음을 나타내었다.

Malondialdehyde(MDA)는 실험동물의 노화 및 세포과피에 따라 조직에서 발생하는 물질 중의 하나로 알려져 있다(Cho and Oh, 2013). 본 시험에서는 처리구 사이에서 MDA 함량에 대한 유의적인 차이가 보이지 않았다. 이것은 quercetin 자체가 실험동물에 악영향을 미치지 않는 원료라는 것을 입증하는 것이라 사료된다.

적 요

본 연구는 육계사료 내 quercetin의 첨가가 육계의 생산성, 혈액 생화학적 성상, 면역 및 혈액 항산화 활성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수행하였다. 공시계는 1일령 육계 수평아리(Ross × Ross 308) 320수를 선별하여 육계초기(0~3주령)와 육계후기(3~5주령)의 35일 동안 시험을 실시하였다. 시험설계는 8처리구(C(-), 대조군; C(+), 항생제 처리군; T1, 비타민 E 20 ppm 처리군; T2, 비타민 E 200 ppm 처리군; T3, quercetin 20 ppm; T4, quercetin 200 ppm; T5, methoxylated quercetin 20 ppm; T6, methoxylated quercetin 200 ppm)를 처리구당 4반복, 반복당 10수씩으로 나누어 완전임의 배치하였다. 사료 섭취량과 사료 요구율은 quercetin 첨가에 따른 유의적인 차이가 없었다. 증체량은 quercetin 200 ppm 처리구가 높았으나, 유의적인 차이는 볼 수 없었다. 혈액 생화학 조성은 creatinine과 BUN이 무항생제 첨가구에 비해 유의적으로 감소하였다($P < 0.05$). 혈액 내 immunoglobulin인 IgA, IgG 및 IgM 농도는 quercetin이나 methoxylated quercetin 첨가구가 무항생제 첨가구에 비해 유의적으로 감소하였다($P < 0.05$). 혈액 내 항산화 인자를 조사한 결과, quercetin

및 methoxylated quercetin 첨가구에 따라 SOD 활성이 높았으며, 특히, quercetin 200 ppm 처리구에서 가장 높게 나타났다($P<0.05$). MDA는 무항생제 첨가구에 개선되는 경향을 보였으나, 처리구 사이에서 유의적인 차이는 없었다. 이런 결과들은 사료 내 quercetin의 첨가가 육계 생산성 및 혈액 대사에 효과를 보이며, 최적 수준은 20 ppm 이상이라는 것을 보여주고 있다.

(색인어 : quercetin, methylated quercetin, 육계, 혈액 생화학적 정상, 면역글로불린, 혈액 항산화 활성)

사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ006853)의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Ambrose AM, Robbins DJ, Deeds F 1952 Comparative toxicities of quercetin and quercitrin. 41(3):119-122.
- Anjaneyulu M, Chopra K 2004 Quercetin, an anti-oxidant bioflavonoid, attenuates diabetic nephropathy in rats. *Clinic & Experi Pharm & Physio* 31(4):244-248.
- Barr DB, Wilder LC, Caudill SP, Gonzalez AJ, Needham LL, Pirkle J 2005 Urinary creatinine concentrations in the U.S. population: implications for urinary biologic monitoring measurements. *Environ Health Perspect* 113(2):192-200.
- Bischoff SC 2008 Quercetin: potentials in the prevention and therapy of disease. *Current Opin Clin Nutr & Metabolic care* 11:733-740.
- Boots AW, Haenen GRMM, Bast A 2008 Health effects of quercetin: From antioxidant to nutraceutical. *Eur J Pharm* 585:325-337.
- Broekaert WF, Cammue BPA, De Bolle, Thevissen K, De Samblanx GW, Osborn RW, Nielson K 1995 Antimicrobials peptides from plants. *Cri Rev Plant Sci* 16:297-323.
- Cheng KW, Yang RY, Tsou SCS, Lo CSC, Ho CT, Lee TC, Wang M 2009 Analysis of antioxidant activity and antioxidant constituents of Chinese toon. *J Func Foods* 1:253-259.
- Cho NW, Oh EH 2013 A study on MDA analysis & blood chemical test for mouse which were exposed HF gases from fire. *J Korean Inst Gas* 17(6):58-66.
- Cho SK, Jo C, Jung S, Kin MK, Oh HM, Lee BD Lee SK 2010 Effects of dietary quercetin on the feed utilization, blood parameters, and meat quality in Korean native goats. *J Anim Sci & Tech* 52(4):297-304.
- Choi CS, Song ES, Kim JS, Kang MH 2003 Antioxidative activities of *Castanea crenata* Flos. methanol extracts. *Korean J Food Sci Technol* 35(6):1216-1220.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F tests. *Bio-metrics* 11:1-42.
- Graf BA, Mullen W, Caldwell ST, Hartley RC, Duthie GG, Lean MEJ, Cozier A, Edward CA 2005 Disposition and metabolism of [2-C-14] quercetin-4'-glucoside in rats. *Drug Metab Dispos* 33:1036-1043.
- Hirpara KV, Aggarwal P, Mukherjee AJ, Joshi N, Burman AC 2009 Quercetin and its derivatives: Synthesis, pharmacological uses with special emphasis on anti-tumor properties and prodrug with enhanced bio-availability. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry* 9:138-161.
- Henzler Wildman KA, Lee DK, Ramamoorthy A 2003 Mechanism of lipid bilayer by the human antimicrobial peptide, LL-37. *Biochemistry* 42:6545-6558.
- Hertog MG, Hollman PC 1996 Potential health effects of the dietary flavonol quercetin. *Eur J Clin Nutr* 64:748-756.
- Hertog MG, Hollman PCH, Katan MB 1992 Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands. *J Agric Chem* 40:2379-2383.
- Hill RH Jr, Ashley DL, Head SL, Needham LL, Pirkle JL 1995 p-Dichlorobenzene exposure among 1,000 adults in the United States. *Arch Environ Health* 50(4):277-280.
- Hollman PCH, Katan MB 1997 Absorption, metabolism and health effects of dietary in man. *Biomed & Pharmacother* 51:305-310.
- Hwang EK 2009 Effect of quercetin supplement on major biochemical parameters in sera of rats fed high fat and high cholesterol diet. *J Vet Clin* 26(5):413-418.
- Jang A, Srinivasan P, Lee NY, Song HP, Lee JW, Lee M 2008 Antioxidative potential of raw breast meat from broiler chicks fed a dietary medicinal herb extract mix. *Poultry Sci* 87(11):2382-2389.
- Jo YI, Na HS, Back SK, Cho SC, Kim KS, Choi YS, Song JO 2004 Does HSP70 induced by amphetamine prevents

- renal ischemia/reperfusion injury in rat? Kor J Nephrol 23 (1):12-21.
- Jung KS, Kim NS, Lee BK 2012 Urinary creatinine concentration in the Korean population in KNHANES IV, 2009. J Environ Health Sci 38(1):31-41.
- Kaku S, Yunoki S, Mori M, Ohkura K, Nonaka M, Sugano M, Yamada K 1999 Effect of dietary antioxidants on serum lipid contents and immunoglobulin productivity of lymphocytes in Sprague-Dawley rats. Biosci Biotechnol Biochem 63(3):575-576.
- Kebieche M, Lakroun Z, Lahouel M, Bouayed J, Meraihi Z, Soulimani R 2009 Evaluation of epirubicin-induced acute oxidative stress toxicity in rat liver cells and mitochondria, and the prevention of toxicity through quercetin administration. Exper & Toxic Pathol 61:161-167.
- Lee S, Shin SY, Lee Y, Park Y, Kim BG, Ahn JH, Chong Y, Lee YH, Lim Y 2011 Rhamnetin production based on the rational design of the poplar *O*-methyltransferase enzyme and its biological activities. Bioorg Med Chem Lett 21: 3866-3870.
- Lu X, Wang L, Wei H 2006 Structure-activity relationship of flavonoids in antioxidant activity. Food Science 27:233-237.
- Marklund S, Marklund G 1974 Involvement of superoxide anion radical in the auto oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. Eur J Biochem 47:469-474.
- Mikstacka R, Przybylska D, Rimando AM, Baer-Dubowska W 2007 Inhibition of human recombinant cytochromes P450 CYP1A1 and CYP1B1 by trans-resveratrol methyl ethers. Mol Nutr Food Res 51(5):517-524.
- NRC 1994 Nutrient Requirements of Poultry. National Academy Press. Washington DC, USA, page 114.
- Plakas SM, Lee TC, Wolke RE 1985 Absence of overt toxicity from feeding the flavonol, quercetin, to rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Food & Chem Toxicol 23(12):1077-1080.
- Punithavathi VR, Mainzen PS 2009 Combined effects of quercetin and α -tocopherol on lipids and glycoprotein components in isoproterenol induced myocardial infarcted Wistar rats. Chemico-Biological Inter 181:322-327.
- Romero M, Jiménez R, Hurtado B, Moreno JM, Rodríguez-Gómez I, López-Sepúlveda R, Zarzuelo A, Pérez-Vizcaino F, Tamargo J, Vargas F, Duarte J 2010 Lack of beneficial metabolic effects of quercetin in adult spontaneously hypertensive rats. Exper & Toxic Pathol 62:242-250.
- Rupasinghe HPV, Ronalds CM, Rathgeber B, Robinson RA 2010 Absorption and tissue distribution of dietary quercetin and quercetin glycosides of apple skin in broiler chickens. J Sci Food Agri 90(7):1172-1178.
- SAS 2002 SAS/STAT Software for PC. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Shealy DB, Barr JR, Ashley DL, Patterson DG, Jr Camann DE, Bond AE 1997 Correlation of environmental carbaryl measurements with serum and urinary 1-naphthol measurements in a farmer applicator and his family. Environ Health Perspect 105(5):510-513.
- Skerlavaj B, Benincasa M, Risso A 1999 SMAP-29: a potent antibacterial and antifungal peptide from sheep leukocytes. FEBS letters 463:58-62.
- Suresh Babu K, Tiwari AK, Srinivas PV, Ali AZ, China Raju B, Rao JM 2004 Yeast and mammalian alpha-glucosidase inhibitory constituents from Himalayan rhubarb *Rheum emodi* Wall. ex Meissoon. Bioorg Med Chem Lett.
- Taniguchi M, Kubo I 1993 Ethnobotanical drug discovery based on medicine men's trials in the African savanna: Screening of east African plants for antimicrobial activity II. J Nat Prod 56:1539-1546.
- Zaslloff M 1987 Magainins, a class of antimicrobial peptides from *Xenopus* skin: Isolation, characterization of two active forms, and partial cDNA sequence of a precursor. PNAS 84: 5449-5453.
- Wilson MA, Rimando AM, Wolkow CA 2008 Methoxylation enhances stilbene bioactivity in *Caenorhabditis elegans*. BMC Pharm 8:15-26.

Received Jan. 6, 2015, Revised Jan. 19, 2015, Accepted Jan. 29, 2015