Journal of Animal Science and Technology 52(4) 297~304, 2010
DOI:10.5187/JAST.2010.52.4.297

Quercetin의 급여가 산양의 사료이용성, 혈액상 및 육질에 미치는 영향

조성경 · 조철훈 · 정사무엘 · 김민규 · 오현민 · 이봉덕 · 이수기*

충남대학교 동물자원생명과학과

Effects of Dietary Quercetin on the Feed Utilization, Blood Parameters, and Meat Quality in Korean Native Goats

Sung Kyung Cho, Cheorun Jo, Samuel Jung, Min Kyu Kim, Hyun Min Oh, Bong Duk Lee and Soo Kee Lee*

Dept. of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of dietary quercetin on feed utilization, blood parameters, and meat quality of Korean native goats. Totally sixteen Korean native goats, 15 kg of average BW aged at 7 months, were employed in the experiment with eight replicates per treatment. One group was fed quercetin at 200 mg/kg level and the other group was fed none as control for 15 days. Dietary inclusion of quercetin did not affect feed intake, water intake, and the amount of urine and feces. Digestibilities of crude fat, NDF, and ADF for 5 days were not affected, but digestibility of crude protein was increased by the dietary inclusion of qurecetin ($P<0.05$). Quercetin increased rumen total VFA, propionate, and butyrate significantly ($P<0.05$). Acetate/propionate ratio (A/P) in the quercetin treated group was significantly higher than control. 2,2-Azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) ($ABTS^+$) reducing activity of the loin from goat fed quercetin was higher than that of control. Sensory analysis conducted at 24 hr post mortem revealed that color, texture, and overall acceptability of the loin from goat fed quercetin were significantly preferred to that of control. Feeding quercetin did not influence pH, water holding capacity, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity, TBARS value, and fatty acid composition of the loin significantly. In conclusion, the dietary inclusion of quercetin increased the digestibility of crude protein, rumen total VFA, propionate, butyrate, and A/P ratio. In addition the higher color and texture preference and $ABTS^+$ reducing activity of loin indicating some beneficial effect on enhancement of meat qualityin goats.

(**Key words :** Quercetin, Digestibility, Ruminal parameters, Meat quality)

서 론

최근 축산물의 품질에 대한 관심이 고조되고 있다. 가축의 사료에 있어 항생물질 및 각종 위해요소의 혼입을 철저하게 차단하고 있는 요즈음 가축의 건강을 유지하고 생산품의 질을 향상시키는 일이 당면 과제라 할 수 있다. 동물의 생리를 활성화 시키는 물질은 매우 다양하며, 생리 활성 측면에서 보면 polyphenol 화합물도 그 중 한 가지라 할 수 있다. 그러나 이것이 동물의 생산성과 품질에 미치는 직접적인 영향은 아직 잘 알려져 있지 않다.

본 시험에서 사용한 quercetin은 flavonoid로서 식물에서 발견되는 polyphenol 화합물이며, flavonoid 중에서 활성이 가장 강한 물질의 한가지로 차, 사과, 양파, 꽃 등에 함유되어 있다.

Quercetin의 활용을 보면, free radical을 소거하고 지질과산화를 억제하는 기능이 있어 항산화제로 쓰이며 (Farombi와 Onyema, 2006), 항암작용도 *in vivo* 및 *in vitro* 실험에서 증명되었다 (Chen 등, 2004). 이 작용은 free radical을 제거하고 t-butyl hydroperoxide에 의하여 발생되는 돌연변이를 억제하는 기전으로 설명된다 (Edenharder와 Grunhage, 2003). 순환계에서는 심근세포 손상의 억제 (Psotova 등, 2004)와 동맥경화방지 (Daniel 등, 2003) 등이 보고되었으며, 혈관 평활근을 이완시켜 고혈압을 예방 (Duarte 등, 2001)하거나 부정맥을 억제 (Soloviev 등, 2002)하기도 한다. 이 외에도 UV에 의한 손상을 억제 (Kahraman과 Inal, 2002)하며, 산화적 stress가 관여하는 질환에 대하여도 약리적 효과가 있음이 보고되었다 (Janbaz 등, 2004).

아직 동물의 생산성 또는 생산물의 품질향상을 위한 실험은 매우 드물지만 돼지의 경우 quercetin을 급여하였을 때 간과 신장에 높은 수치로 잔류하며, 뇌 · 심장 · 비장 및 근육에는 아주 적은 양이 축적되는 것으로 확인되었다 (Vincent 등, 2005). 그리고 비육돈에게 출하 4시간 전 quercetin을 투여하였을 때, 도살 후 pH 저하속도가 지연되고 수분 손실이 최소화 되는 등 긍정적인 결과가 보고

본 논문은 2008년 충남대학교 자체연구비 지원에 의하여 수행되었음.

* Corresponding author : Soo Kee Lee, Dept. of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Deajeon 305-764, Korea. Tel: 042-821-5775, Fax: 042-825-9754, E-mail: leesk@cnu.ac.kr

된 바 있다(Kremer 등, 1999).

그러나 단위동물뿐만 아니라 특히 반추동물에 대한 문헌은 매우 희귀한 실정이다. 이에 저자들은 quercetin의 급여가 우리나라 재래 산양의 사료이용성, 혈액 성상 및 육질에 미치는 영향을 조사하고 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

1. 공시 재료

공시동물은 체중 15 kg (7~8개월 령) 정도의 우리나라 재래산양 수컷 16두였으며, 사료는 육성 비육용 TMR을 사용하였다. 사료의 formula 및 화학적 조성은 Table 1과 같다. Quercetin은 정제된 것((99%, ACROS ORGANICS, New Jersey, USA)을 사용하였으며, 급여량은 예비시험을 통하여 0 및 20 ppm으로 정하였다.

Table 1. Ingredients and chemical composition of TMR[1)]

Items	Levels (%)
Ingredients ;	
Hay	40.0
Corn	18.8
Soybean meal	6.3
Screenings	25.2
Molasses	4.5
Bean-curd refuse	4.4
Salt	0.2
Mineral mixture	0.1
$CaCO_3$	0.1
Vitamin mixture	0.1
Probiotics	0.3
Total	100.0
Chemical composition ; DM (%)	
Crude protein	9.7
Crude fat	3.6
NDF[2)]	59.8
ADF[3)]	38.5
Crude ash	7.1

[1)] Total mixed ration.
[2)] Neutral detergent fiber.
[3)] Acid detergent fiber.

2. 동물의 관리 및 시료의 처리

사료급여는 오전 9시에 체중 3% 수준의 TMR을 처리구 (quercetin 0 및 200 mg/kg) 별로 예비 및 본시험 기간 동안 급여하였으며 물은 자유롭게 먹도록 하였다. 시험동물은 cage (W42 × D65 × L80 cm)에 1두씩 수용하여 예비 실험기간 10일, 본 실험기간 5일로 하였다. 실험기간의 온도는 16.6~25.0℃로 유지되었으며 24시간 동안의 배분량과 배뇨량을 측정하고 시료를 건조 또는 냉동하여 보관하였다. 배뇨량의 측정 시 수거 용기에는 염산 50% (V/V) 용액 15 mL를 주입하여 부패에 의한 질소의 손실을 방지하였다.

3. 실험설계 및 통계분석

실험설계는 2처리 (quercetin 0 및 200 mg/kg)에 8반복으로 산양 16두를 공시하였다. 얻어진 자료의 통계분석은 SPSS를 이용하여 general linear model procedure를 실시한 후, *T*-검정법으로 5% 수준에서의 유의성을 검정하였다.

4. 조사 항목 및 방법

(1) 사료섭취량, 음수량 및 배설량

오전 9시에 재래산양에게 체중 3% 수준의 TMR을 급여하고, 다음 날 오전 9시, 사료를 급여하기 전에 사료의 잔량, 음수량을 측정하고, 분 및 요를 채취하였다. 건물 소화율은 재래산양의 TMR 사료 채식량과 배분량을 측정하여 구하였다. 채취한 분은 건조기에서 60℃로 24시간 건조한 후 중량을 측정하였고, 배뇨량은 측정 후 즉시 냉동 보관하였다.

(2) 건물소화율 및 영양소 이용률

건물소화율 및 영양소 이용률은 섭취한 사료 및 분의 조성분을 분석하여 조사하였다. 수분·조지방·조단백질 및 조회분은 AOAC (1995) 방법으로, NDF 및 ADF는 Goering과 Van Soest (1970) 방법으로 분석하였다.

(3) 반추위내 pH 및 발효성상

위액의 채취는 stomach tube로 사료 급여 2시간 후 채취하였다. pH는 4겹의 cloth로 여과한 후, 즉시 측정하였으며, 총산은 Fenner와 Elliot (1963)의 방법으로, 휘발성 지방산 조성은 Erwin 등 (1961)의 방법으로 gas chromatograph (GC-17A, Shimadzu, Japan)로 분석하였으며, 분석조건은 Table 2와 같다.

(4) 혈액의 화학적 성상

재래산양의 혈액은 quercetin이 첨가된 TMR 사료를 급여하고 24시간 후, 공복 상태에서 경정맥을 통해 5 mL씩 채취 하였다. 채취한 혈액은 centrifuge (T25 basic, Ika co., Germany)로 19,000 × g에서 15분간 원심분리 후 상층액을 취하여 −70℃에서 냉동시킨 후, 자동 혈액분석기 (Selectra 2, Merk Ltd. Co. Netherland)로 분석하였다.

조사항목으로는 손상 받은 간세포로부터 딧세강 (space of Disse)내로 빠져나가 직접 혈류로 용이하게 확산되어 간 손상을 측정할 수 있는 AST (aspartate aminotransferase), ALT (alanine

Table 2. Analytical condition of organic acids by gas hromatograph

Items	Conditions
Injector	250℃
Injection volume	1 μL
Column	Econo-Cap™ EC™-1000, 150℃
Detector	FID, 275℃
Column flow	0.69 mL/min
Total flow rate	66 mL/min
Split ratio	92.0
Carrier gas	Nitrogen (99.999 %)

aminotransferase), 간담계 질환과 골질환 등에 주로 측정되는 ALP (alkaline phosphatase), 단백질 대사의 최종산물로 주로 간에서 urea cycle에 의해서 혈중에 방출되는 blood urea nitrogen (BUN), 신장 기능의 지표로 이용되는 creatinine, BUN/Creatinine ratio, 간 장애나 체내 단백대사 이상의 지표로 사용되는 albumin, 혈청 단백량을 나타내는 total protein, 간염 및 간외담즙울체 등 각종 간담도질환을 나타내는 γ-GT (γ-glutamyl transferase), 세포 상호작용, 신경전달, 근수축, 호르몬 자극 전달 등의 중요한 역할을 하는 calcium, calcium 농도와 밀접한 관계를 가지는 inorganic phosphorus를 측정하였다.

(5) 산양육의 성상 및 관능검사

1) pH 및 보수력

재래산양육의 pH 측정은 시료 1 g에 증류수 9 mL를 넣은 후 원심분리기 (T25 basic, Ika co., Germany)로 19,000× g에서 1분간 분리하여 pH meter (750P, Istec co., Korea)로 도축 1, 24 및 48시간 후에 측정하였다.

보수력은 다리 근육과 등심 1 g을 원심 분리관에 넣은 후, centrifuge (T25 basic, Ika co., Germany)로 19,000×g에서 15분간 원심 분리 후 분리된 액즙량을 도축 후 1, 24 및 48시간에 측정하였다.

2) 총 페놀 함량

총 페놀 함량분석은 Folin-Ciocalteu의 방법 (Singleton과 Rossi. 1965)으로 시료 0.1 mL에 Folin-Ciocalteu 시약 0.2 mL를 넣어 23℃에서 1분간 반응시킨 후 5% sodium carbonate 용액 3 mL를 첨가하고 23℃에서 2시간 반응시켰다. 이 반응액을 분광광도계 (DU® 530, Beckman Instrument Inc., Fullerton, USA)를 사용하여 786 nm에서 흡광도를 측정하였고 gallic acid를 표준용액을 사용하여 작성한 검량선으로부터 총 페놀 함량(gallic acid equivalent)을 계산하였다.

3) $ABTS^+$, 전자공여능 및 지방산패도

$ABTS^+$ radical을 이용한 항산화력 측정은 Erel (2004)의 방법으로 $ABTS^+$를 증류수에 7 mM의 농도로 희석한 후 $ABTS^+$ 전자를 생성하기 위하여 2.45 mM의 potassium persulfate와 $ABTS^+$ 용액을 실온 암실에서 12~16시간 반응 시켰다. 이 용액을 ethanol에 약 1:88의 비율로 희석한 후 흡수분관광도계를 이용하여 734 nm에서 측정하는데 희석액의 흡광도 수치가 0.70 ± 0.02가 되도록 조절하였다. $ABTS^+$ 희석용액 3 mL에 시료용액 20 mL를 혼합 후 5분 뒤에 spectrophotometer (UV 1600PC, Shimadzu, Japan)로 734 nm에서 흡광도를 측정하였으며 이때 Trolox를 표준으로 이용하여 아래와 같이 계산하였다.

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{\text{A(control)-A(sample)}}{\text{A(control)}} \times 100$$

전자공여능은 Blois (1958)의 방법을 일부 수정하여 측정하였다. 크림 베이스 유화물은 ethanol을 이용하여 희석하였으며 희석된 시료 1 mL에 0.2 mM a,a'-diphenyl-β-picryl-hydrazyl (DPPH) 1 mL를 넣고 교반하여 30분 동안 실온에서 반응시킨 후 분광광도계 (UV 1600 PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능의 계산은 다음 식을 이용하였다.

$$\text{전자공여능}(\%) = \left(-\frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{무처리구의 흡광도}}\right) \times 100$$

지방 산패도의 측정은 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) 값으로 측정하였다 (Ahn 등, 1999). 육 시료에서 제거 가능한 모든 외부 지방을 제거한 후 육 3 g을 증류수 9 mL에 넣은 후 butylated hydroxvanisol (BHA, 7.2%) 50 μL를 첨가하여 균질기를 사용하여 균질 시킨 후 균질액 1 mL를 시험관에 넣고 TBA/TCA용액 (20 mM 2-thiobarbituric acid in 15% tricholroacetic acid) 2 mL를 혼합하였다. 혼합액을 15분 동안 90℃에서 가열한 후 10분간 냉각하여 966 × g로 15분간 원심분리한 후 상징액을 취하여 분광광도계 (DU® 530, Beckman Instruments Inc, Fullerton, CA, USA)로 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 지방 산패도는 mg malondialdehyde/kg meat로 표시하였다.

4) 관능검사

관능검사는 훈련된 관능요원 10명으로 색·풍미·조직감·맛·종합적 기호도에 대하여 9점 척도법 (Herbert 와 Joel, 1993)을 이용하여 "매우 좋다"를 9점, "보통"을 5점, "매우 나쁘다"를 1점으로 산정하였다.

결과 및 고찰

1. 사료섭취량, 음수량, 배설량 및 영양소 이용율

재래산양의 사료섭취량, 음수량, 배뇨량 및 배분량은 Table 3과 같다. 사료섭취량, 음수량, 배뇨량 및 배분량은 quercetin 투여구에

Table 3. Effect of quercetin addition on feed intake, water intake, urine excretion and feces elimination in Korean native goats

Item	Quercetin addition, mg/kg		SEM[1)]
	0	200	
Feed intake, DM, g/d	331.1	379.1	37.87
Water intake, mL/g Feed (DM)	2.4	2.7	0.21
Urine excretion, mL/d	593.7	796.5	93.39
Feces elimination DM, g/d	129.6	150.3	15.74

1) Standard error of the means.

Table 4. Effect of quercetin addition on nutrient utilization in Korean native goats

Nutrients	Quercetin addition, mg/kg		SEM[1)]
	0	200	
Dry matter	60.8[b]	63.6[a]	0.85
Ether extract	61.5	62.1	1.77
Crude protein	58.7[b]	62.9[a]	0.99
NDF[2)]	56.2	57.2	1.71
ADF[3)]	46.7	48.2	1.21

1) Standard error of the means.
2) Neutral detergent fiber.
3) Acid detergent fiber.
a, b Means with different superscripts within rows are significantly different ($p<0.05$).

서 다소 증가되는 경향이었으나 유의성은 인정되지 않았다. 음수량은 사료섭취량에 의하여 영향을 받은 것으로 생각되며, 배뇨량 및 배분량도 이에 의하여 직·간접적인 영향을 받았을 것으로 생각되며, 또한 quercetin 투여로 인한 부정적인 영향은 없는 것으로 판단된다.

건물소화율 및 영양소 이용률은 Table 4에 나타난 바와 같다. 조지방, NDF 및 ADF의 소화율은 처리간에 유의한 차이가 없었으나, 건물 및 조단백질의 소화율은 첨가구가 무첨가구에 비하여 유의하게 높은 결과였다. 이와 조(2008)도 육성비육용 한우사료에 quercetin을 150 mg/kg 첨가하여 *in vitro* 건물 소실율을 측정한 시험에서 첨가구가 무첨가구에 비하여 건물소화율이 유의하게 높은 결과를 나타내었다고 하였다. 건물 및 조단백질의 소화에 있어서 quercetin이 반추위내 특정 미생물의 생육을 억제 또는 촉진하였는지 또는 용해도에 직접적으로 어떠한 영향을 미쳤는지는 아직 밝혀진 바가 없지만, 일정 농도에서는 위 관련 기질의 분해능을 가진 미생물의 활력에 결과적으로 긍정적 영향을 미칠 수도 있다고 사료된다.

2. 반추위내 pH 및 발효성상

Quercetin을 첨가한 TMR을 산양에게 급여하였을 때의 반추위의 발효성상은 Table 5에 나타내었다.

반추위액의 pH는 처리 간에 유의한 차이가 없었고, Total VFA, 프로피온산 및 낙산의 농도는 첨가구가 유의하게 높았다($p<0.05$). 이 결과는 quercetin이 반추위내의 영양소 분해율을 증가시킬 수도 있다고 생각되며 Table 4에서 건물 및 조단백질의 소화율이 증가된 것과도 관련이 있다고 생각된다. 그러나 초산, 이소 낙산, 이소 발레린산 및 발레린산은 처리구간에 유의한 차이가 없었다. A/P 비는 프로피온산의 함량이 많게 나타난 200 mg/kg구가 유의하게 낮게 나타났다($p<0.05$).

이상의 결과에서 보면 quercetin 200 mg/kg구가 total VFA량, 프로피온산 및 낙산의 함량이 많고, A/P비도 낮아 비육에는 긍정적 요인이 될 수도 있다고 생각된다.

3. 혈액의 화학적 성상

Quercetin이 첨가된 TMR 사료를 급여하였을 때의 혈액의 화학적 성상은 Table 6에 나타내었다. 대부분의 분석 항목에서 quercetin 첨가구와 무첨가구 사이에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났는데, 이는 일단 quercetin의 급여로 인하여 부정적 영향은 없는 것으로 판단되며, 본 실험의 결과가 앞으로 생산성의 향상에 초점을 맞추어 보는데 대한 기초자료를 제공하는 의미가 있다고 하겠다.

BUN 농도에 있어 첨가구가 무첨가구보다 유의하게($p<0.05$) 높은 결과를 나타내었는데, 반추동물의 정상적인 BUN 치는 14-18 mg/dL로서 너무 높으면(20 mg/dL 이상) 반추위내 에너지/단백질

Table 5. Effect of quercetin addition on ruminal parameters of *in vivo* trials

Quercetin addition, mg/kg	pH	Total VFA, mM/L	VFA[1)], molar ratio						
			C_2	C_3	i-C_4	C_4	i-C_5	C_5	C_2/C_3
0	6.20	90.42[b]	53.56	18.93[b]	0.86	14.62[b]	1.29	1.15	2.83[a]
200	6.16	96.36[a]	55.51	21.39[a]	0.87	16.11[a]	1.34	1.15	2.60[b]
SEM[2)]	0.06	2.174	1.474	0.714	0.384	0.360	0.027	0.612	0.104

1) Acetate, propionate, iso-butyrate, butyrate, iso-valerate, and valerate are abbreviated to C_2,C_3,i-C_4,C_4,i-C_5, and C_5 respectively.
2) Standard error of the means.
a, b Means with different superscripts within columns are significantly different ($p<0.05$).

Table 6. Effect of quercetin addition on blood parameters in Korean native goats

Item	Quercetin addition, mg/kg		SEM[1)]
	0	200	
ALT (U/L)	22.29	20.71	4.891
AST (U/L)	78.29	72.86	4.664
ALP (U/L)	258.00	294.43	80.584
BUN (mg/dL)	13.29[b]	15.86[a]	1.113
Creatinine (mg/dL)	0.36	0.37	0.051
BUN/creatinine	38.64[b]	43.86[a]	5.685
Albumin (g/dL)	3.53	3.53	0.090
Total protein (g/dL)	6.29	6.17	0.130
γ-GT (U/L)	33.14	33.43	2.404
Ca (mg/dL)	9.00	8.57	0.267
Pi (mg/dL)	8.97	9.16	0.948

[1)] Standard error of the means.
[a, b] Means with different superscripts within row are significantly different ($p<0.05$).

대사 불균형, 간의 대사부담, 체내 에너지 손실초래, 수정·배발생·착상 저해 등이 발생되며, 낮으면 반추위내 에너지/단백질 불균형으로 미생물 증식 및 단백질 합성효율 저하, 과비로 인한 번식효율 저하, 각종 호르몬 합성부진 등이 일어나게 된다. 그러나 본 시험에서는 무첨가구가 다소 낮은 결과였고 quercetin 첨가구는 정상범위 내에 있었다. 본 실험에서의 결과는 앞에서 언급한 조단백질의 이용성이 높았던 것과도 관련이 있을 수 있다고 생각된다.

조 등(2004)은 quercetin을 투여한 흰쥐의 BUN/creatinine 값은 유의한 차이가 없다고 보고하였는데, 본 실험에서는 BUN/creatinine 값에 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$). BUN/creatinine 수치가 높은 이유는 재래산양이 케이지에서 실험되었기 때문에 운동량 부족에 따른 근육량 수축에 의해 creatinine의 값이 저하되었을 가능성도 없지 않다고 생각된다.

4. 산양육의 성상 및 관능검사

(1) pH 및 보수력

Quercetin 200 mg/kg 급여한 재래산양육의 pH와 보수력은 Table 7에서 보는 바와 같이 60분, 24시간, 48시간 간격으로 측정하였으나 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이 결과는 quercetin의 급여로 부정적 영향은 없는 것으로 생각할 수 있다.

Kremer 등(1999)은 비육돈을 출하하기 4시간 전에 2.5 및 12.4 ppm의 quercetin을 투여하였을 때, 도축 후 pH 저하속도가 느려지고, 수분 손실의 속도가 완만해졌다고 하였다. 또한 근육의 pH 저하속도는 사후 22~180 분 사이에 0.08~0.12 units로 저하속도가 느렸으나, 최종 pH 측정 시에는 영향을 미치지 않았다고 하였다. 한편 육색에는 특별한 영향이 없었다고 하였으며, 도축 후 3, 6, 9 및 12일의 수분 감소율을 측정한 결과 감소율이 0.3~2.2% 저하됨을 보고하였다. 그러나 본 실험에서는 다리근육과 등근육에서 pH와 보수력 모두 quercetin 급여에 의한 유의적인 차이를 볼 수 없었다.

(2) 총 페놀 함량

산양육의 총 페놀 함량은 Table 8에서 보는 바와 같이 첨가구와 무첨가구 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. Quercetin과 같은 flavonoid는 페놀기를 가지고 있는 물질로서 페놀 화합물은 생체내에서 다양한 활성을 보이는 것으로 알려져 있다(Rice-Evan과 Miller, 1998). 그 중의 하나로 세포의 산화를 방지하는 항산화 기능이 널리 알려져 있으며, 이는 phenolic hydorxyl에 의해 수소원자가 radical에 공급되어서 산소와 radical의 반응을 억제하고 유리되어 있는 radical을 안정시키기 때문이라고 보고되었다(Ahn 등, 2007). 박 등(2005)의 보고에서 쥐에 quercetin을 경구투여 시 quercetin은 혈액에서 isorhamnetin 등으로 신속하게 대사되며, 대사체는 혈액 내에서 지속적인 농도를 유지한다고 보고하였다. 따라

Table 7. Effect of quercetin addition on pH and water holding capacity in goat meat

Items	Quercetin addition (mg/kg)					
	Leg muscle			Back muscle		
	0	200	SEM[1]	0	200	SEM[1)]
pH_{60}[2]	6.26	6.29	0.076	6.23	6.21	0.028
pH_{24}[3]	5.58	5.50	0.060	5.59	5.52	0.054
pH_{48}[4]	5.47	5.50	0.046	5.65	5.48	0.046
WL_{60}[5]	19.31	22.28	2.195	18.67	24.01	4.369
WL_{24}	33.75	30.50	3.967	29.50	30.75	2.252
WL_{48}	30.95	32.50	1.309	29.85	31.33	3.567

[1)] Standard error of the means.
[2)-4)] 60, 24, and 48 mean 60 min, 24, and 48 hours respectively. [5)] Weight loss.

Table 8. Total phenol content (mg/kg) of back muscle from Korean native goat fed quercetin

Quercetin addition (mg/kg)	Storage (days)		
	0	3	7
0	202.2	184.6	208.3
200	197.6	206.4	214.3
SEM[1)]	3.38	6.98	4.75

[1)] Standard error of the means.

서, quercetin이 육내에 존재하였다고 가정한다면, isorhamnetin 등 페놀기 형태의 대사체로 존재할 것으로 생각된다.

(3) ABTS$^+$, 전자공여능, 지방산패도

산양육의 ABTS$^+$, 전자공여능, 지방산패도의 측정 결과는 Table 9와 같다. ABTS$^+$ radical 소거 능력은 항산화 능력을 나타내는 주요 지표중 하나인데(Erel, 2004) 첨가구가 무첨구에 비하여 도축 후 0시간에서 유의하게 높게 나타났으나 일수가 경과함에 따라 유의한 차이는 없어졌다. 그러나 가축의 사양은 환경적인 요인에 의한 오차가 크기 때문에 변수의 고정이 필수이다(Santas 등, 2008). 전자공여능은 시료에 존재하는 전자가 공여되어 안정한 활성 라디칼의 산화를 억제하는 능력을 평가하는 방법으로 α,α'-diphenyl-β-picryl-hydrazyl을 사용하게 되는데, 특히 quercetin과 같이 식물에서 유래된 항산화 물질을 평가하는데 사용되어진다(Hyun 등, 2007). 그러나, 본 실험에서는 처리간 전자공여능의 유의한 차이는 나타나지 않았다. 지방산패도를 나타내는 TBARS는 지질 산화의 지표로 사용되는 방법으로 식육 같은 수분이 많은 시료에서 저장기간 중 지방산패도 측정에 많이 사용되고 있다. 본 실험에서는 첨가구에서 다소 높은 수치를 나타내었으나 유의한 결과는 아니었다. 또한, quercertin 급여에 따른 지방산 조성 변화에 관한 실험 결과 quercetin은 산양의 주요 지방산 함량에 특별한 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다(Data not shown).

Jang 등(2008)은 복합 한약재추출물을 급여한 닭 가슴육의 총 페놀 함량이 급여 수준에 따라 높게 나타났다고 하였으며, Gladine 등(2007)도 쥐에 rosemary, grape, citrus, marigold 등 4가지 천연물 추출물을 혼합하여 0.5 g/kg 수준으로 급여하였을 경우 간에서의 malondialdehyde 생성이 억제되었다고 하였다. 또한 Botsoglou 등(2007)도 rosemary 분말을 급여한 칠면조육에서 냉장저장 중 지방산화의 억제를 가져왔다고 보고하였다. Simitzis 등(2008)도 oregano essential oil에 존재하는 페놀 화합물들이 순환계로 흡수되어 양육의 항산화 효과를 유의적으로 증진시켰다고 보고하였다. 그러나 Vichi 등(2001)은 돼지에 sage와 oregano 또는 두 가지를 혼합 급여시키고 도축 후 등지방의 산화정도를 측정한 결과 허브류를 급여하지 않은 대조군과의 차이를 보지 못했다고 보고하고 있으며, Lopez-Bote 등(1998)도 rosemary와 thyme을 급여한 돼지로부터 얻은 돈육의 항산화성이 향상되는 증거는 없다고

Table 9. ABTS$^{+1)}$ reducing activity, DPPH$^{2)}$ radical scavenging activity, and TBARS$^{3)}$ value of back muscle from Korean native goat fed quercetin

Quercetin addition (mg/kg)	Storage (days)		
	0	3	7
ABTS$^+$, reducingactivity (%)			
0	15.948^b	22.557	24.090
200	21.887^a	21.551	22.509
SEM[4)]	0.745	0.287	0.625
DPPH, scavenging activity (%)			
0	9.43	7.18	4.73
200	9.43	5.35	4.62
SEM[4)]	0.156	1.448	0.938
TBARS, mg, malondialdehyde/kg, meat			
0	0.93	3.86	4.29
200	1.13	4.29	5.51
SEM[4)]	0.087	0.110	0.205

[1)] 2,2'-Azinobis (3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid).
[2)] α,α'-Diphenyl-β-picryl-hydrazyl.
[3)] 2-Thiobarbituric acid reactive substances.
[4)] Standard error of the means.
[a, b] Means with different superscripts within the same column are significantly different ($p<0.05$).

보고하여 폴리페놀 함량이 높은 천연물의 급여가 도축 후 식육의 항산화성에 영향을 미치는지에 대한 논란은 여전히 존재하며 추후 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

이상을 종합해 보면 전자공여능, 지방산패도 실험에서는 quercetin 첨가구와 무첨가구 사이의 유의성을 찾을 수는 없었으나, ABTS$^+$ 실험에서 도축 당일 첨가구가 무첨가구보다 유의적으로 강한 항산화 능력을 보이는 것이 확인되었다. 이는 앞서 처리군 간 총 페놀 함량의 유의적인 차이가 나타나지 않은 것과 HPLC 분석에서 quercetin이 산양육 내에 존재하지 않는 것을 확인(Data not shown)하였지만, 다른 대사과정을 통하여 산양육의 항산화 작용을 돕는 것으로 사료된다.

(4) 관능검사

Quercetin의 첨가로 인한 산양육의 관능적 영향을 관찰하기 위하여 조사하였다. 앞의 실험에서 quercetin의 섭취는 산양육 내에 직접적인 축적이 되지 않는 것으로 사료되었다. 하지만, 관능검사에서는 quercetin을 섭취한 산양의 육에서 색과, 조직감과 전반적인 부분의 선호도에서 유의적으로 높은 결과를 보였다(Table 10). 이는 quercetin이 육 내에 직접적으로 작용하지는 않으나, 다른 장기 또는 소화기관에서 대사되어 흡수 후, 육의 관능에 영향을 미칠 수도 있는 것으로 사료된다. 사실 페놀 화합물을 함유하고 있는 천연물 급여와 관능적 특성의 변화는 아직 명확하게 이해되고 있지 않다. Jang 등(2008)은 복합 한약재 추출물을 0.3% 급여하였을

Table 10. Sensory scores of the back muscle from Korean native goat fed quercetin

Quercetin addition (mg/kg)	Color	Flavor	Texture	Taste	Acceptability
0	4.9[b]	5.1	4.3[b]	4.4	4.6[b]
200	5.6[a]	5.6	5.3[a]	5.4	5.8[a]
SEM[1)]	0.20	0.31	0.30	0.40	0.29

[1)] Standard errors of the mean.
[a, b] Means with different superscripts within row are significantly different ($p<0.05$).

경우 저장기간 중 대조구나 1.0% 급여한 경우에 비해 풍미, 맛, 조직감 및 기호성에서 높은 점수를 얻었다고 보고하였다. 그러나 Simitzis 등(2008)은 oregano essential oil을 급여하였을 경우 양육의 전단력이나 근절의 길이에 변화가 없었으며, 다른 관능적 특성에서도 차이를 보이지 않았다고 하였다. 따라서 quercetin과 같은 천연물의 급여가 관능적 특성에 영향하는 명확한 기전에 대해서는 지속적 연구가 있어야 할 것으로 생각된다.

종합적으로 보면, 재래산양에 quercetin을 급여하였을 때 건물 및 조단백질의 소화율, total VFA, 프로피온산 및 낙산의 농도는 첨가구가 유의하게 높았으며, A/P비는 첨가구가 유의하게 낮게 나타났다. $ABTS^+$ radical 소거 능력은 첨가구가 무첨구에 비하여 도축 후 0시간에서 유의하게 높게 나타났으나 일수가 경과함에 따라 유의한 차이는 없어졌다. 관능검사에서는 quercetin을 섭취한 산양의 육에서 색과, 조직감 및 전반적인 부분의 선호도에서 유의적으로 높은 결과를 보였다. 그러나 육질 평가에 있어 pH, 보수력, ABTRS, 전자공여능, 지방산패도 및 지방산 조성에 유의한 결과를 얻지 못하여 추후 quercetin 급여가 육질에 미치는 영향에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 하겠다.

요 약

본 실험은 quercetin의 급여가 우리나라 재래 산양의 사료이용성, 혈액 성상 및 육질에 미치는 영향을 조사하고자 실시하였으며, 공시동물로 체중 15 kg 정도의 우리나라 재래산양 16두(2처리 8반복)를 공시하여 TMR 사료에 quercetin을 0 및 200 mg/kg씩 첨가하여 사양실험을 실시하였다.

실험결과로서, 재래산양의 사료섭취량, 음수량, 배뇨량 및 배분량은 유의한 차이가 없었으며, 조지방, NDF 및 ADF의 소화율도 처리간에 유의한 차이가 없었으나, 건물 및 조단백질의 소화율은 첨가구가 무첨가구에 비하여 유의하게 높은 결과였다($P<0.05$). 그리고 반추위액의 pH는 처리 간에 유의한 차이가 없었고, total VFA, 프로피온산 및 낙산의 농도는 첨가구가 유의하게 높았다($P<0.05$). 그러나 초산, 이소 낙산, 이소 발레린산 및 발레린산은 처리구간에 유의한 차이가 없었다. A/P비는 첨가구가 유의하게 낮게 나타났다. BUN · BUN/ creatinine은 quercetin 첨가구가 무첨가구에 비하여 유의하게 높았으나, ALT · AST · Creatinine · Albumin · γ-GT · Ca · Pi의 농도는 유의한 영향을 관찰할 수 없었다. 재래산양육의 pH, 보수력 및 총 페놀 함량은 유의적인 차이를 보이지 않았으며, $ABTS^+$ radical소거 능력은 첨가구가 무첨구에 비하여 도축 후 0시간에서 유의하게 높게 나타났으나 일수가 경과함에 따라 유의한 차이는 없어졌다. 관능검사에서는 quercetin을 섭취한 산양의 육에서 색과, 조직감과 전반적인 부분의 선호도에서 유의적으로 높은 결과를 보였다.

결론적으로 건물과 조단백질 소화율, 반추위 발효성상 및 관능검사에서 긍정적인 결과를 얻었지만 육질 평가에 있어 pH, 보수력, 전자공여능 및 지방산패도에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 재래산양육의 ABTS 환원력이나 관능적 특성에서 긍정적인 결과를 나타내어 quercetin 급여가 육질 향상에 효과적일 수 있는 가능성은 제시되었다. 따라서 추후 quercetin 급여가 육질에 미치는 영향에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 하겠다.

인 용 문 헌

Ahn, D. U., Olson, D. G., Jo, C., Love, J. and Jin, S. K. 1999. Volatiles production and lipid oxidation on irradiated cooked sausage as related to packaging storage. J. Food. Sci. 64:226- 229.

Ahn, S. I., Heuing, B. J. and Son, J. Y. 2007. Antioxidative activity and nitrite-scavenging abilities of some phenolic compounds. Kor J. Food Cookery Sci. 23:19-24.

AOAC. 1995. Official Method of Analysis. (16th ed.) Association of Official Analytical Chemists. Washington. D. C., USA.

Botsoglou, N., Govaris, A. A., Giannenas, I., Botsoglou, E. and Papageorgiou, G. 2007. The incorporation of dehydrated rosemary leaves in the rations of turkey and their impact on the oxidative stability of the produced raw and cooked meat. Int J Food Sci Nutr. 58:312-320.

Blois, M. S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature. 181:1190-1200.

Chen, Y. C., Shen, S. C., Chow, J. M., Ko, C. H. and Tseng, S. W. 2004. Flavone inhibition of tumor growth via apoptosis *in vitro* and *in vivo*. Int. J. Oncol. 25:661-670.

Daniel, R. S., Devi, K. S., Augusti, K. T. and Sudhakaran, N. C. R. 2003. Mechanism of action of antiatherogenic and related effects of Ficus bengalensis Linn. flavonoids in experimental animals.

Indian J. Exp. Biol. 41:296-303.

Duarte, J., Perez P. R., Vargas, F., Ocete, M. A., Perez, V. F., Zarzuelo, A. and Tamargo, J. 2001. Antihypertensive effects of the flavonoid quercetin in spontaneously hypertensive rats. Br. J. Pharmacol 133:117-124.

Edenharder, R. and Grunhage, D. 2003. Free radical scavenging abilities of flavonoids as mechanism of protection against mutagenicity induced by tert-butyhydroperoxide or cumene hydroperoxide in Salmonella typhimurium TA102. Mut. Res. 9:1-18.

Erel, O. 2004. A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more atable $ABTS^{+}$ Radical cation. Clin. Biochem. 37:277-285.

Erwin, E. S., Macro, C. J. and Emergy, E. W. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. J. Anim. Sci. 44:1768.

Farombi, E. O. and Onyema, O. O. 2006. Monosodium glutamate-induced oxidative damage and genotoxicity in the rat: modulatory role of vitamin C, vitamin E and quercetin. Human & Experimental Toxicology. 25:251-259.

Fenner, H. and Elliot, J. M. 1963. Quantitative method for determining the steam volatile fatty acids in rumen fluid by gas chromatography. J. Dairy Sci. 22:624.

Gladine, C., Morand, C., Rock, E., Bauchart, D. and Durand, D. 2007. Plant extracts rich in polyphenols (PERP) are efficient antioxidants to prevent lipoperoxidation in plasma lipids from animals fed n-3 PUFA supplemented diets. Anim Feed Sci Technol 136:281-296.

Goering, H. K. and Van Soest, P. J. 1970. Forage fiber analysis. ARS, USDA Agric. Handbook.

Herbert, A. and Joel, L. S. 1993. Sensory evaluation practices. 2nd ed., Academic Press, USA, 68-75.

Hyun, S. H., Jung, S. K., Ji, M. K., Song, C. K., Kim, J. H. and Lim, S. 2007. Screening of antioxidants and cosmeceuticals from natural plant resources in Jeju island. Kor J. Food. Sci Technol. 39:200-208.

Janbaz, K. H., Saeed, S. A. and Gilani, A. H. 2004. Studies on the protective effects of caffeic acid and quercetin on chemical-induced hepatotoxicity in rodents. Phytomedicine 11:424-430.

Jang, A., Liu, X. D., Shin, M. H., Lee, B. D., Lee, S. K., Lee, J. H. and Jo, C. 2008. Antioxidative potential of raw breast meat from brioler chicks fed a dietary medicinal herb extract mix. Poult Sci 87:2382-2389.

Kahraman, A. and Inal, M. E. 2002. Protective effects of quercetin on ultraviolet a light-induced oxidative stress in the blood of rat. J. Appl. Toxicol. 22:303-309.

Kremer, B. T., Stahly, T. S. and Segranek, J. G. 1999. Effect of Dietary Quercetin on Pork Quality. Iowa State University ASL-1621.

Lopez-Bote, C. J., Gray, J. I., Gomaa, E. A. and Flegal, C. J. 1998. Effect of dietary administration of oil extracts from rosemary and sage on lipid oxidation in broiler meat. Brit Poult Sci 39:235-240.

Psotova, J., Chlopcikova, S., Miketova, P., Hrbac, J. and Simanek, V. 2004. Chemoprotective effects of plant phenolics against anthracyclineinduced toxicity on rat cardiomyocytes: Part III. Apigenin, baicalein, kaempherol, luteolin and quercetin. Phytother. Res. 18:516-521.

Rice-Evans, C. and Miller, N. J. 1998. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and isoflavonoids. Flavonoidsin Health and Disease 199-219.

Santas, J., Carbo, R., Gordon, M. H. and Almajano, M. P. 2008. Compraison of the antioxidant activity of two Spanish onion varieties. Food Chem. 107:1210-1216.

Simitzis, P. E., Deligeorgis, S. G., Bizelis, J. A., Deardamani, A., Theodosou, I. and Fegeros, K. 2008. Effect of dietary oregano supplementation on lamb meat characteristics. Meat Sci. 79:217-223.

Singleton, V. L. and Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. AM. J. Enol. Vitic. 29:144-158.

Soloviev, A., Stefanov, A., Parshikov, A., Khromov, A., Moibenko, A., Kvotchina, L., Balavoine, G. and Geletii, Y. 2002. Arrhythmogenic peroxynitrite-induced alterations in mammalian heart contractility and itsprevention with quercetin-filled liposome. Cardiovasc. Toxicol. 2:129-139.

Vichi, S., Zitterl-Eglseer, K., Jugl, M. and Franz, C. H. 2001. Determination of the presence of antioxidants deriving from sage and oregano extracts added to animal fat by means of assessment of the radical scavenging capacity by photo-chemiluminescence analysis. Nahrung / Food 45:101-104.

Vincent, C. J. B., Ashwin, A. D., Hester, V. D. W., Ilja, C. W. A., Siegfried, W., Gerrit, M. A., Ivonne, M. C. M. R., Jaap, K. and Peter, C. H. H. 2005. Tissue Distribution of Quercetin in Rats and Pigs. J. Nutr. 135:1617-1618.

박관하, 주종재, 최선남. 2005. Mouse에서의 quercetin 경구투여 후 체내 농도 및 대사체 isorhamnetin의 농도 변화. 한국축산식품학회지. 37:90-94.

이수기, 조성경. 2009. Quercetin의 투여가 TMR의 *in vitro* 건물 소실률에 미치는 영향. CNU 세미나 자료.

조영일, 나홍식, 백승근, 조승제, 김교순, 최영숙, 송종오. 2004. 흰쥐에서 허혈성 재관류 손상에 대한 Amphetamine 전처치의 신보호 효과가 Heat Shock Protein에 의한 것인가? 대한신장학회지. 23:12-21.

(접수일자 : 2010. 4. 21 / 수정일자 : 2010. 6. 8 / 채택일자 : 2010. 7. 26)