

무항생제 사육방식으로 생산된 한우육내 코티졸과 지방산 함량

하재정¹ · 김병기¹ · 이준구¹ · 오동엽¹ · 김석수² · 김태균³ · 채형복⁴ · 김승준⁵ · 박영식^{6,†}

¹경상북도 축산기술연구소, ²경북대학교 인문대학, ³경북대학교 농업생명과학대학, ⁴경북대학교 법학전문대학원,
⁵경북대학교 수의과대학, ⁶경북대학교 축산대학

Cortisol and Fatty Acid Contents in Hanwoo Meat Produced by Antibiotics-free Rearing System

Jae-Jung Ha¹, Byung-Ki Kim¹, Jun-Koo YI¹, Dong-Yep Oh¹, Suk-Soo Kim²,
Tae-Kyun Kim³, Hyung-Bok Chae⁴, Seung-Joon Kim⁵, Young-Sik Park^{6,†}

¹Gyeongsangbuk-Do Livestock Research Institute, Yeongju 750-870, Korea

²College of Humanistic, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

³College of Agriculture Life Science, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

⁴Law School, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

⁵College of Veterinary, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

⁶College of Animal Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Sangju 742-711, Korea

ABSTRACT

This study was carried out to elucidate the effect of antibiotic-free rearing system(ARS) on cortisol level, stress hormone, and fatty acid content in the edible muscle tissues, that were of *M. longissimus* in Hanwoo. These cattle were reared in two different systems including antibiotic-free (ARS) and conservative system (CRS). To increase the experimental reliability, the muscle samples were purchased 3 times from 3 Korean brands of beef produced with ARS or CRS. In the muscle tissue, cortisol level was significantly lower in ARS than CRS, ($p=0.0176$). But the levels of total saturated- and unsaturated-fatty acids were not significantly different between ARS and CRS ($p>0.05$). Of total fatty acids, the total saturated fatty acid tended to be greater in CRS and the total unsaturated fatty acid tended to be greater in ARS. However, of the total unsaturated fatty acids, the level of n-6 unsaturated fatty acids was significantly higher in ARS than CRS ($p=0.0040$). Especially, α -linolenic acid (ALA) and γ -linolenic acid (GLA) levels were significantly higher in ARS ($p<0.01$). The n-6 fatty acid content and cortisol level in muscle tissue were negatively correlated at $p=0.0140$. In conclusion, ARS may produce beef with higher quality which contains lower cortisol and greater n-6 fatty acids, such as ALA and GLA.

(Key words : Antibiotics-free, Conservative, Cortisol, Fatty acids, Hanwoo)

서 론

최근 한우산업은 축산물시장 개방에 의한 쇠고기 수입, 국내산 한우쇠고기의 가격 폭락, 집약적 사육환경과 항병성 저하에 따른 FMD와 같은 악성 질병의 발생 및 축산허가제 등과 같은 다양한 요인에 의해 압박을 받아왔다. 특히 2010~2011년도는 사상 최악의 FMD로 산지 소값이 폭락하고, 사료비마저 크게 인상되면서 생산 부담이 가중

되어, 전국 17만 한우 농가가 심각한 경영난에 허덕인 바 있다. 뿐만 아니라 FTA 대상 국가가 지속 증가한다면 값싼 쇠고기의 대량 유입과 수입육의 소비 확대가 가속되고, 이로 인해 농촌의 주요 소득원인 한우산업이 크게 위축될 것으로 예상된다.

한편, 우리나라 1인당 국민소득이 2.5만 달러인 시점(Korean Statistical Information Service, 2011)에서 계속되는 소득의 증대와 함께 삶의 질적 향상은 국민의 식생활 및 축산물 구매방식의 개선에 많은 영향을 미쳐 친환

* 본 연구는 2011년도 경북대학교 융·복합연구 지원프로그램 학술연구비에 의해 수행되었음.

† Corresponding author : Phone: +82-54-530-1223, E-mail: yspark@knu.ac.kr

경·고품질의 안전한 쇠고기를 요구하는 소비자의 목소리가 증가하고 있는 실정이다(Yoon, 2008).

그동안 우리나라 축산업은 생산성 위주의 발전에 초점이 맞추어져 오다가 최근 고품질 및 안전한 식품과 같은 문제가 대두되는 상황 하에서 지속적인 축산업 발전을 위해 친환경 축산업 정책의 추진이 무엇보다 중요한 과제로 부각되고 있다. 친환경 축산이란 화학약품의 사용을 금지 또는 최소화 하고, 가축에게 적합한 사육환경을 제공하여 최소한의 기본적인 욕구가 충족시켜줌으로써 소비자의 건강 및 안전성을 지향하여 생산된 축산물을 말한다(Hwang, 2009). 이에 소비자들도 식품 안전에 대한 관심의 증가로 안전하고 친환경적인 생산과정을 선호하는 경향이 점차 증가하는 추세를 보이고 있다(Lee, 2009). 이에 친환경 축산업도 탄력을 받아 2007년을 기점으로 무항생제 축산물의 인증이 시작되면서 친환경 축산물의 대부분을 무항생제 인증이 차지하고 있는 실정이며(Jang, 2009), HACCP 인증의 경우도 사업장이 2008년 696건에서 2010년 1,435건으로 약 49% 정도의 빠른 증가세를 보여주고 있다(Korea Livestock Products HACCP Accreditation Service, 2011). 또한, 국외 선진국에서도 친환경·유기농업을 농촌사회 발전과 생산방식의 다양화 및 환경개선을 위한 정책수단으로 활용하고 있는 실정이며, 미국 USDA에 따르면 최근 미국, 유럽과 일본에서 친환경·유기농식품 시장이 연간 15~30%씩 성장하는 추세라고 보고하였다(Kim, 2009).

친환경 축산을 위해서는 무엇보다도 먼저 사육단계부터 사육면적, 깔짚 두께, 군집 두수 등의 요인에 따라 가축이 받을 스트레스를 최소화시켜주어야 하는데, 부신피질 호르몬 중에서 스트레스 관련 호르몬인 코티졸은 외부에서의 어떠한 자극으로부터 방어하기 위한 반응을 유발시키는데 중요하다(McEwen, 1997). 이에 대한 반응변수로 코티졸의 수준은 스트레스를 생리적으로 평가하기 위해 많이 이용되는 지표이며(Ko, 2011), 이러한 지속적인 스트레스는 코티졸을 상승시키고, 호르몬 분비에 악영향을 미쳐 질병 유발, 피로, 면역기능 저하, 무기력증에

빠지게 한다고 보고되고 있다(Grossi 등, 2005). 또한, 스트레스를 받을 때 코티졸의 분비는 평상시보다 증가되는데(Moberg, 1985), 군을 이루고 사는 가축들의 경우에도 사육환경 및 방식에 따라 스트레스 호르몬인 코티졸 수준과 일당 증체량, 사료요구율, 도체성적 등 사양성적에서도 차이를 나타낸다고 한다(Cho, 2008).

아직까지 현대인들의 식생활에서는 패스트푸드의 비중이 높아, 포화지방산의 섭취량이 급속히 증가하고 있다(Aro 등, 1998). 이에 소비자들은 n-3 및 n-6 지방산이 상대적으로 다량 함유된 기능성 축산물의 소비가 부족한 실정으로 비만 등과 같은 대사성 및 만성 질환과 같은 문제가 제기되고 있다. 이를 예방하기 위해서는 linolenic acid, arachidonic acid 등과 같은 불포화 지방산을 섭취할 수 있는 방향 전환이 필요하다(Williams, 2000).

따라서 본 연구에서는 사육방식의 차이(관행사육, 친환경사육; 유기 및 무항생제 인증)로 생산된 축산물에서 스트레스 호르몬인 코티졸을 분석함으로써 가축의 스트레스 정도를 추정하고, 나아가 축산물의 품질과 관련된 지방산의 함량을 분석하여 친환경 축산물의 차별화를 평가하고자 실시하였다.

재료 및 방법

공시시료

본 실험에서는 시판되고 있는 친환경축산물 중 대표적인 무항생제 인증 브랜드 소고기 3 종류(C 브랜드, M 브랜드, O 브랜드)와 관행 사육에 의해 생산된 브랜드 소고기 3 종류(A 브랜드, J 브랜드, S 브랜드)의 1등급 거세한 우 등심(*M. longissimus*) 부위를 각각 3회씩 구매하여 시료로 공시하였다. 무항생제 사육인증 농가와 관행 사육 농가에서의 대표적 한우의 사육환경은 Fig. 1과 같다.

호르몬 분석



Antibiotics-free rearing system



Conservative rearing system

Fig. 1 Hanwoo rearing systems.

근육내 코티졸의 수준을 측정하기 위하여 Shaw 등 (1995) 방법을 변형 적용하였으며, 분석 방법을 간단히 서술하면 다음과 같다. 즉, 브랜드 소고기 600 g을 동결과 용해를 반복하여 조직액 삼출을 유도한 다음 회수한 삼출액을 4°C에서 3,000 rpm으로 30분간 원심분리하여 상등액을 회수하였으며, 전기화학발광 면역분석법(electrochemiluminescence immunoassay, ECLIA, Elecsys E170, Roche Diagnostics, Switzerland)을 이용하여 회수한 상등액 내 총 코티졸 농도를 분석하였다. ELICA 측정방법을 약술하면 다음과 같다. 먼저 검체와 비오틴 처리된 cortisol에 특이적인 antibody를 혼합하여 1차 배양함으로써 immunocomplex의 형성을 유도하였다. 그리고 2차 배양에서 스트렙타비딘이 코팅된 microparticle을 첨가하여 비오틴과 스트렙타비딘의 상호작용을 유도하였다. Microparticle은 measuring cell에 옮겨지고, cell 안의 전극 표면에 달라붙도록 정지한 다음, 달라붙지 않은 검체 및 시약 일부는 제거되었다. Cell 전극에 전압을 걸어주면 화학 발광이 일어나고, 이를 photomultiplier로 강도를 측정하며, 2-point calibration을 통한 calibration curve와 시약의 바코드에 의해 제공되는 master curve (2-point calibration)에 의해 결과값을 산출하였다. 표준시약으로 Elecsys cortisol (Roche, Germany)을 이용하였으며, 분석장비로 Elecsys E170 (Roche, Mannheim, Germany)을 사용하였다. 호르몬 cortisol을 측정된 평균값은 pg/ mL수준으로 표시하였다.

지방산 분석

한우육에 함유된 지방산 조성은 Folch-H₂SO₄ 법(Folch 등, 1957)으로 분석하였는데, 약술하면 다음과 같다. 먼저 50 mL용 Falcon tube (BD Falcon™ Conical Centrifuge Tubes-C3976-50)를 labeling한 후 tube의 무게를 측정하였다. Tube에 세절한 한우육 시료를 3g 넣고 Folch I 용액(Chloroform/Methanol=2:1) 15 mL와 BHT 용액(2,6 Di-tert-butyl-4-methyl phenol=7.2%) 10 µL를 첨가한 다음, Polytron Homogenizer PT 1200 CL(Kinematic AG, Littau, Switzerland)를 이용 2,500 rpm 속도로 3분간 시료를 균질하였다. 균질한 시료에 Folch I 용액을 5 mL 더 채운 다음, 실온에서 6시간 방치하여 지질 추출을 유도하였다. 추출액에 25% 용량의 NaCl 포화용액을 첨가한 다음 10회 이상 흔들어준 후 Folch II (chloroform: methanol: H₂O=3:47:48) 용액 3 mL를 첨가하였다. 층 분리를 유도하기 위하여 2,200 rpm에서 20분간 원심분리한 다음, 하층(chloroform 층)을 회수하였다. 회수액을 2,200 rpm에서 10분간 재원심분리한 다음, 지방산 분석을 위해 1 mL를 취하여 warm sand bath 위에서 N₂ gas로 chloroform을 휘발시켰다. Chloroform을 휘발 제거한 다음 6% M/S (methanol:sulfuric acid=94:6) 2 mL를 첨가한 후 vortexer를 이용 충분히 혼합시켰으며, 이어서 90°C heating block에서 90분간 배양하여 지방산의 methylation을 유도하였다. Methylation을 유도한 후 상온까지 냉각시킨 다음, pet. ether를 1 mL 넣고 vortexing 하고, 증류수 1 mL를 넣고 다시 vortexing 하였다. 충분히 혼합한 후 2,200 rpm에서 20분간 원심분리를 한 다음, 상층액(pet. ether 층)을

Table 1. Instrument and analysis of gas chromatography

Item	Condition
Instrument	Agilent 7890A GC system
Column	Column (100 m×0.25 mm I.D., 0.20 µm film thickness)
Detector	FID
Oven temp.	Initial temp. 140°C (hold for 5 min) Increase rate 3°C/min Final temp. 240°C (hold for 30 min)
Injector temp.	240°C
Detector temp.	250°C
Carrier gas	N ₂
Split ratio	20:1

- SMART part number: SV2-100CW (2 mL, bottle), SC2-100(cap).
- Agilent part number: 5183-2088 (150 µl).

새로운 vial에 옮기고, warm sand bath위에서 N₂ gas로 용액을 휘발시켰다. 이 vial에 핵산 1 mL를 첨가하여 균일하게 혼합한 다음 GC분석에 공시하였다. 공시된 시료 내 지방산 함량은 MPS2 autosampler가 장착된 Agilent 7890A GC system을 사용하여 Table 1에서 제시한 방법으로 분석하였다.

한편, 표준지방산으로 Supelco™37을 사용하였으며, 다음과 같이 메틸화된 지방산을 포함하고 있었다; C8:0 (caprylic acid), C10:0 (capric acid), C11:0 (undecylic acid), C12:0 (lauric acid), C13:0 (tridecylic acid), C14:0 (myristoleic acid), C14:1 (myristoleic acid), C15:0 (pentadecanoic acid), C15:1 (cis-10-Pentadecenoic acid), C16:0 (palmitic acid), C16:1 (palmitoleic acid), C17:0 (heptadecanoic acid), C17:1 (cis-10-pentadecenoic acid), C18:0 (stearic acid), C18:1n9t (elaidic acid), C18:1n9c (oleic acid), C18:2n6c (linoleic acid), C20:0 (arachidic acid), C18:3n6 (γ-linolenic acid), C20:1 (cis-11-eicosenoic acid), C18:3n3 (linolenic acid), C21:0 (heptadecanoic acid), C22:0 (behenic acid), C20:3n3 (cis-11, 14, 17-eicosatrienoic acid).

통계분석

실험 결과의 평균과 표준편차(Mean± SD)는 일원분산 분석(ANOVA)을 통해 구하였고, 처리간 유의한 차이를 분석하기 위하여 독립표본 t검정(Student's *t*-test)을 적용하였으며, *p*<0.05 수준에서 처리 간 유의한 차이가 있는 것으로 표시하였다. 지방산 조성 분석에 의해 얻어진 결과는 Dbstat version 4 program을 활용하여 통계 처리하였다. 또한, 한우육내 코티졸과 지방산 함량 두변수의 상관관계를 분석하기 위하여 피어슨 상관분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

본 연구에서는 사육방식에 따른 가축의 생산성(도체품질 등)을 조사·분석하기 위하여, 친환경축산(무항생제 축산)과 관행축산(집약, 공장형 축산) 사육방식에 따라 생산된 한우육내 스트레스 관련 부신피질 호르몬인 코티졸을 분석하고, 나아가 각각의 사육방식에 따라 생산된 한우육의 주요 기능성 성분 중 불포화지방산을 중심으로 분석하였던 바 얻어진 결과는 다음과 같다.

사육방식의 차이에 따른 한우육내 코티졸 분석

친환경농축산물 인증에 관한 세부실시요령(National Agricultural Products Quality Management Service, 2013)에 의거하여 무항생제축산물 인증방식으로 생산된 한우육과 관행적 사육방식으로 생산된 한우육을 구입하여 각각의 시료에 함유된 스트레스 호르몬인 코티졸의 농도를 분석하여 얻어진 결과는 Table 2와 같다.

무항생제 축산물 인증기준을 준수하여 생산한 한우육에서 코티졸 함량은 0.66으로 일반 관행사육에서 생산한 한우육의 코티졸함량 1.01보다 유의하게 낮았는데($p=0.0176$), 본 실험을 수행하기 전 실시한 예비실험에서도 유기사료를 급여하여 친환경적 사육방식으로 생산된 소고기(0.40)에서 관행 사육방식으로 생산된 소고기(0.55)보다 스트레스 호르몬인 코티졸의 농도가 낮게 나타나는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 친환경축산물 인증기준 중 개체에 직접적으로 영향을 미칠 수 있는 기준항목으로는 사육면적 및 깔짚 등이 있는데, 동물복지적인 측면에서 적정 사육면적과 쾌적한 우사 바닥을 제공하고, 친환경 축산에 부합하여 생산된 한우육에서 개체의 스트레스 지수가 낮았다는 보고(Lee, 2009; Yang, 2013; Yu, 2009)와 유사한 것으로 판단된다.

Li(2010)의 연구 결과에서도 더 많은 사육공간을 제공 받은 8두 처리구에서 4두 처리구 대비 스트레스 저감에 따른 산육성적이 우수한 것으로 보고하였으며, 이는 Cai 등(2009)의 보고에서도 가축의 대표적인 스트레스 요인으로 좁은 공간에서의 밀집사육, 이에 따른 약화된 면역 등을 들 수 있다고 하였다. 또한, 이러한 사육조건들은 동물 복지적인 측면에서 가장 중요하며(Morrison 등, 2001), 밀집사육에 따른 투쟁으로 조직손상, 위생상태 저하에 따른 감염, 질병 이환속도의 증가 등(Cho, 2008)과 더불어 신체적 스트레스 반응 시 급속하게 코티졸이 증가한다고 보고되고 있다(Ji, 2011).

Table 2. Effect of rearing systems on cortisol level in *M. longissimus* of Hanwoo

Hormone	CRS ¹⁾	ARS ²⁾	p value
Cortisol (pg/ mL)	1.01±0.14	0.66±0.07	0.0176

Mean± SD in same row with different superscripts are significantly different.

¹⁾ CRS: Conservative rearing system. ²⁾ARS: Antibiotics-free rearing system.

따라서, 이러한 결과로부터 친환경인증을 고려한 사육방식은 사육환경 중 복지적인 측면과 더불어 개체의 스트레스를 경감시키는 효과가 있는 것으로 판단되며, 친환경축산물 인증을 위해 동물의 행동과 습성에 적합하도록 사육환경을 조성하고 관리해줌으로써, 개체별 스트레스를 감소시켜 안전하고, 고품질의 친환경 축산물을 생산해야 한다는 Yoo(2007)의 보고와 같이 이러한 축산물은 소비자의 건강에 긍정적인 것으로 사료된다.

사육방식의 차이에 따른 한우육내 지방산분석

관행사육과 무항생제 사육에 의해 생산된 한우육내 포화지방산과 불포화지방산 함량의 비교 결과는 Table 3과 같다.

사육방식이 다른 한우육내 지방산 조성의 분석에서 n-6 지방산의 함량에 차이가 있었다. 일반적으로 근육조직내 지방산 조성은 섭취한 사료의 지방산 조성에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있지만(Dannenberger 등, 2007), 관행사육 및 무항생제 사육에 의해 생산된 한우육내 함유된 지방산 중에서 n-6 지방산을 제외한 나머지 지방산 중 특히 우점하고 있는 C18:1n9c C16:0 C18:0 C22:0 농도에서 유의적($p>0.05$)인 차이가 없었으며, 단위동물이 아닌 반추동물인 한우에 있어서 특정한 지방산을 의도적으로 다량 급여하지 않는 한, 급여되는 사료에 함유되어 있는 지방산이 한우육내 n-6 지방산 조성에 영향을 미치는 것이 매우 어렵고, 또한 코티졸과 같은 스테로이드 호르몬이 n-6 지방산의 대사에 관여하는 FADS1의 발현에 영향을 미치며, 이로 인해 근육조직내 지방산 조성에 영향을 미친다는 연구 결과(Park 등, 2013)를 고려할 때, 무항생제 사육에 의해 생산된 한우육에서 n-6 지방산 함량이 유의하게 높았다는 본 연구에서 제시한 결과는 유의한 것으로 사료된다.

사육방식의 차이에 따른 한우육내 유의적($p>0.05$)인 차이를 보이지는 않았지만, 포화지방산은 관행사육에서 불포화지방산은 무항생제 사육에서 각각 높은 경향으로 분석되었다. 일반적으로 포화지방산은 혈장내 LDL 콜레스테롤과 총콜레스테롤 함량을 증가시키는 반면, 불포화지방산은 감소시킨다고 보고(Yu 등, 1995; Hegsted 등, 1993)되고 있고, Cho 등 (2008)의 연구 결과에서는 소비자들이 한우 쇠고기를 평가할 때 연도, 다즙성 및 풍미가 쇠고기 맛에 가장 큰 영향을 미친다고 하였으며, 이 중 쇠고기의 독특한 풍미는 불포화지방산 함량이 높을수록 우수하다고 보고되고 있다(Jeremiah, 1996; Studivant 등, 1992). 또한, 고기의 다즙성도 불포화 지방산의 비율이 높을수록 좋은 평가를 받을 수 있다는 연구 결과(Waldman 등, 1965)를 바탕으로 본 연구에서 제시한 무항생제 사육에서 생산된 한우육의 불포화지방산 함량이 관행사육에서 생산된 한우육에 대비한 높은 경향으로 나타난 결과는 쇠고기의 맛뿐만 아니라, 인간의 건강에도 유익할 것으로 판단된다.

혈장 콜레스테롤과 관련하여 중요한 요인(Jung, 2006)으로 불포화지방산/포화지방산 비율에서도 각각 1.13 및 1.20로서 유의적($p>0.05$)인 차이는 없었으나, 무항생제 사육방식에서 생산된 한우육의 불포화지방산 함량이 높은

Table 3. Fatty acid composition in *M. longissimus* of Hanwoo reared in conservative rearing system (CRS) and antibiotics-free rearing system (ARS)

FAs	CRS ¹⁾	ARS ²⁾	<i>p</i> value
C8:0	0.0453±0.0037*	0.0262±0.0150	0.0997
C10:0	0.0304±0.0030	0.0194±0.035	0.0156
C11:0	0.0288±0.0273	0.0168±0.0238	0.4154
C12:0	0.0710±0.0122	0.0596±0.0130	0.3314
C13:0	0.8557±0.7217	1.0598±0.1210	0.6767
C14:0	1.8380±0.0514	1.6162±0.1967	0.1995
C14:1	0.7634±0.11443	0.5646±0.1673	0.1649
C15:0	0.3186±0.0412	0.3080±0.0161	0.7007
C15:1	4.2297±0.2245	3.7982±1.0063	0.5439
C16:0	24.0055±0.9797	22.1536±2.4043	0.2843
C16:1	3.9455±0.6230	3.3999±0.4220	0.2775
C17:0	0.4901±0.0294	0.5005±0.0123	0.6032
C17:1	2.3289±0.3027	2.4456±0.4230	0.7175
C18:0	12.2819±0.5405	13.2427±1.5955	0.3791
C18:1n9t	0.8356±0.1539	1.0495±0.2814	0.3122
C18:1n9c	33.7826±2.4542	32.0457±1.7038	0.3709
C18:2n6c	6.6074±0.7739	10.7322±0.9547	0.0044
C20:0	0.0761±0.0208	0.0580±0.0504	0.5952
C18:3n6	0.2292±0.0126	0.2904±0.0147	0.0090
C20:1	0.2310±0.2022	0.0976±0.1187	0.3801
C18:3n3	ND*	0.0416±0.0720	-
C21:0	1.9424±0.3245	1.7087±0.4178	0.4853
C22:0	4.9402±0.5364	4.6827±0.4307	0.5521
C20:3n3	0.1203±0.0386	0.0874±0.0327	0.03230
SFA ³⁾ (%)	46.92±2.18	45.45±1.46	0.3869
UFA ⁴⁾ (%)	53.08±2.16	54.55±0.96	0.7239
n-3 (%)	0.11±0.02	0.07±0.03	0.2589
n-6 (%)	6.84±0.77	11.03±0.94	0.0040
n-9 (%)	30.93±2.04	32.22±3.18	0.5865
UFA / SFA	1.13±0.08	1.20±0.06	0.3135

Mean± SD in same row with different superscripts are significantly different.

* ND: not detected.

¹⁾ CRS: Conservative rearing system. ²⁾ARS: Antibiotics-free rearing system.

³⁾ SFA: Saturated fatty acids. ⁴⁾UFA: Unsaturated fatty acids.

경향으로 나타났으며, 이러한 결과는 불포화지방산의 함량이 높을수록 도체 등급의 수치가 높게 형성되며 쇠고기 맛에 있어서 좋은 평가를 받을 수 있다는 연구 결과(Oka

등, 2002)와 고기의 품질 및 맛과 연관된 요인들이 불포화지방산에 좌우된다는 Oh 등(2012)의 연구 결과를 바탕으로 친환경 인증에 따른 고품질의 한우육 생산과 상호연

Table 4. Correlation between levels of cortisol and n-6 unsaturated fatty acids in Hanwoo M. longissimus

n-6 UFA ¹⁾	Cortisol	
	Correlation coefficient (r)	Probability (p)
Total	-0.9019	0.0140
Linoleic acid	-0.9008	0.0143
γ -Linolenic acid	-0.7579	0.0808

¹⁾ UFA: Unsaturated fatty acids.

계할 수 있을 것으로 사료된다.

불포화지방산 중 n-3 및 n-9 지방산의 경우, 사육방식에 따른 유의적($p>0.05$)인 차이는 나타나지 않았으나, n-6 지방산의 경우, 관행 방식으로 사육한 한우육과 무항생제 방식으로 사육한 한우육에서 각각 6.84 및 11.03%로서, 무항생제 사육에서 유의적으로 높게 나타났다($p<0.0040$). 특히 n-6 지방산인 다불포화지방산은 필수 지방산으로써 항혈전 작용을 하는 EPA, 뇌 세포막의 주요 구성성분인 DHA를 비롯한 여러 지방산을 생산하는데 도움이 될 뿐만 아니라, 우리 몸 전체에서 다양한 생체기능을 조절하며, 면역반응에 사용되는 프로스타글란딘이라는 호르몬을 생산하는 중요한 지방산으로써(Melton 등, 1982; Westering와 Hedrick, 1979), 이에 본 연구에서 제시한 n-6 지방산의 경우도 소비자가 원하는 양보다 질 위주의 고품질 쇠고기를 생산할 수 있는 하나의 방안으로 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

한우육내 코티졸 수준과 n-6 불포화지방산 함량의 상관관계 분석

Table 4는 한우육내 코티졸 농도와 n-6 지방산 농도 간의 상관관계를 분석한 것으로 피어슨 상관분석에 따르면, 두 변수 간에는 상관계수 -0.9019로 음의 상관관계가 성립됨으로써 코티졸 함량이 높으면 n-6 지방산 함량이 낮아지는 경향으로 분석되었다($p=0.0140$). 한편, n-6 지방산 중에서 linoleic acid와 코티졸 간의 상관계수는 -0.9008로서 두 변수 간에 높은 상관관계가 있었으나($p=0.0143$), γ -linolenic acid와 코티졸 간의 상관계수는 -0.7579로서, 두 변수 간에 상관관계가 나타나지는 않았다($p>0.05$). 이러한 결과는 코티졸 함량을 분석하여 n-6 지방산 함량을 예측할 수 있으며, 이에 코티졸 함량이 낮은 경우, 한우육내 n-6 불포화 지방산 함량이 높아질 수 있다는 가능성을 유추할 수 있다.

이러한 결과는 한우의 사육환경 중 넓은 면적의 우사에서 사육된 소고기가 상대적으로 좁은 면적의 우사에서 사육된 한우육보다 품질이 우수하였다는 Lee 등(2008)의 연구 결과와 더불어 Kang 등(2008)이 보고에서도 유사바닥 환경이 쾌적한 상태에서 사육된 소고기가 상대적으로 불량한 상태에서 사육된 한우육에서 육질이 우수하다는 보고와 유사한 경향으로 판단된다. 이와 같이 쾌적하고 복지적인 측면에서의 친환경적인 사육방식은 스트레스 호르몬인 코티졸 함량을 감소시켜 n-6 불포화지방산 함량

의 증가로 이어져 우수한 품질의 한우육을 생산할 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

본 시험은 무항생제 사육방식이 한우육내 코티졸과 지방산 함량에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다. 무항생제 및 관행 축산으로 생산된 한우육 1등급 등심(M. longissimus)부위를 3가지의 브랜드별로 각각 3회씩 구매하여 시료로 공시하였고, 분석한 결과는 다음과 같다. 한우육 등심내 코티졸 함량은 무항생제 처리구에서 관행사육 처리구 대비 유의적($p=0.0176$)으로 낮게 나타났으며, 포화지방산 및 불포화지방산 함량에서는 유의적($p>0.05$)인 차이를 나타내지는 않았으나, 관행사육 처리구에서는 포화지방산이, 무항생제 처리구에서는 불포화지방산이 각각 높은 경향으로 분석되었다. 또한, 불포화지방산 중 n-3 과 n-9 지방산을 제외한 n-6 지방산(linoleic acid, γ -linolenic acid)에서 유의적($p<0.01$)인 차이를 보였다. 또한, 한우육내 코티졸 농도와 n-6 지방산 농도간의 상관관계를 분석한 결과, 특히 linoleic acid와 유의적($p=0.0140$)으로 부(-)의 상관관계가 성립되었다.

결과적으로, 무항생제 인증으로 사육된 한우육은 관행적으로 사육된 한우육에서 보다 상대적으로 코티졸 함량이 낮았으며, 건강에 유익한 불포화지방산 함량이 다소 높은 경향으로 분석됨으로써 육질을 향상시키는 것으로 나타났다.

인용문헌

1. Aro AE, Kesteloot H, Rimestad A, Thamm M, Van PG (1998): Trans fatty acids in French fries, soups and snacks from 14 European countries: The trans-fair study. *Journal of Food Composition and Analysis* 11:170-177.
2. Cai T, Song Z, Zhang X, Wang X, Jiao H, Lin H (2009): Increased *de novo* lipogenesis in liver contributes to the augmented fat deposition in dexamethasone exposed broiler chickens (*Gallus gallus domesticus*). *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol.* 150:164-169.
3. Cho JH (2008): Effects of pen and group size on growing and fattening characteristics in Hanwoo steers. Master degree thesis, Kangwon national university, Chun-cheon, Korea.
4. Cho SH, Kim JH, Kim JH, Seong PN, Park BY, Kim KE, Seo G, Lee JM, Kim DH (2008): Prediction of palatability grading model with tenderness, juiciness, flavor-likeness and overall acceptability of Korean Hanwoo steer beef. *J Anim Sci* pp. 136.
5. Dannenberger D, Nuernberg G, Scollan N, Ender K,

- Nuernberg K (2007): Diet alters the fatty acid composition of individual phospholipid classes in beef muscle. *J Agric Food Chem* 55(2):452-460.
6. Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J Biol Chem.* 226(1):497-509.
 7. Grossi G, Perski, A, Ekstedt M, Johanson T, Lindstrom M, Holm K (2005): The morning salivary cortisol response in Burnout. *J Psychosom Research* 59 (2):103-111.
 8. Hwang CJ (2009): A study on the purchase factors of the environment friendly agricultural products and measures to promote the purchase. Doctoral degree thesis, Han-seo University, Seosan, Korea.
 9. Hegsted DM, McGrandy RB, Myers ML, Stare FJ (1993): The irresistible fascination of carotenoids and vitamin A: review. *the American Journal of Clinical Nutrition* 57:833-875.
 10. Jang KY (2009): A study on an estimation for willingness to pay on Korean organic beef and green marketing strategy. Master degree thesis, Dan-kook University, Seoul, Korea.
 11. Jeremiah IE (1996): The influence of subcutaneous fat thickness and marbling on beef. *Food Res Int* 29 (5/6):513-520.
 12. Ji SM (2011): Effect of manual technic and high frequency on self awareness of stress, cortisol and body composition change in abdominal obese women. Master degree thesis, Dong-duk womens university, Seoul, Korea.
 13. Jung YB (2006): Comparison of the beef quality of Hanwoo (Korean Cattle) bulls by various area of cattle pens. Master degree thesis, Kangwon national university, Chun-cheon, Korea.
 14. Kang SM, Park YS, Lee IS, Kim TS, Panjono, Lee SK (2008): Effect of sawdust-bedded thickness in floors of Hanwoo on meat quality of *M. longissimus* after slaughter. *Korean J Food Sci Ani Resour* 28(2): 196-203.
 15. Kim TS (2009): A study on the shift of livestock condition and customer trend to internal environmental friendly livestock priority project. Nong-hyup Economic Research Institute. NHERI report 79.
 16. Ko, YJ (2011): The effect of aroma hand massage on sleep, depression and serum cortisol level in cancer patient during hospitalization. Master degree thesis, Chung-Ang University, Seoul, Korea.
 17. Korea Livestock Products HACCP Accreditation Service (2011): Certification statistics on Hazard Analysis and Critical Control Point. <http://www.ihaccp.or.kr/site/haccp/sub.do?key=221>
 18. Korean Statistical Information Service (2011): GDP and GNI by Economic activities for recent 3 years. Statistics Korea.
 19. Lee KY (2009): A study on characteristics of sawdust and cocopeat beddings, and its usefulness according to the fan and pen location for Hanwoo cattle. Master degree thesis, Kon-kook University, Seoul, Korea.
 20. Lee SK, Panjono, Kang SM, Park YS, Kim TS, Song YH (2008): The quality characteristics of *M. longissimus* from Hanwoo (Korean cattle) with different floor space, *J Muscle Foods* 19:302-314.
 21. Li SG, Yang YX, Rhee YJ, Jang WJ, Ha JJ, Lee SK, Song YH (2010): Growth, behavior, and carcass traits of fattening Hanwoo (Korean Native Cattle) steers managed in different group sizes. *Asian-Aust. J Anim Sci* 23(7):952-959.
 22. McEwen BS, Biron CA, Brunson KW, Bulloch K, Chambers WH, Bhabhar FS, Goldfarb RH, Kitson RP, Miller AH, Spencer RL, Weiss JM (1997): The role of adrenocorticoids as modulators of immune function in health and disease: Neural, endocrine and immuneinteractions. *Brain Res Rev* 23:79-133.
 23. Melton SL, Amiri M, Davis GW, Backus WR (1982): Flavor and chemical characteristics of ground beef from grass-, forage-, grain- and grain-finished steers. *J Anim Sci* 55:77-87.
 24. Moberg GP (1985): Animal stress. *Am. Physiological Society.* pp. 225-238.
 25. Morrison RS, Hemsworth PH, Cronin GM, Campbell RG (2001): The effect of restricting pen space and feeder availability on the behaviour and growth performance of entire male growing pigs in deep-litter, large group housing system. *Appl Anim Behav Sci* 83:163-176.
 26. National Agricultural Products Quality Management Service (2013): Environment-friendly agriculture and animal products, organic foods by certification concerning on enforcement method of details. National agricultural products quality management service notification 2013-20.
 27. Oh DY, Lee YS, La BM, Yeo JS (2012): Identification of the SNP (Single Nucleotide Polymorphism) for fatty acid composition associated with beef flavor-related FABP4 (Fatty acid binding protein 4) in Korean Cattle. *Asian-Aust. J Anim Sci* 25(7):913-920.
 28. Oka A, Iwaki F, Dohgo T, Ohtagaki S, Noda M, Shiozaki T, Endoh O, Ozaki M (2002): Genetic effects on fatty acid composition of carcass fat of Japanese Black Wagyu steers. *J Anim Sci* 80:1005-1011.
 29. Park CS, Choi IH, Park YS (2013): Sexual maturation may affect the levels of n-6 PUFA in muscle tissues of male mice. *J Anim Techn* 55(2):147-153.
 30. Shaw FD, Trout GR, McPhee CP (1995) Plasma and muscle cortisol measurements as indicators of meat

- quality and stress in pigs. *Meat Sci* 39(2):237-46.
31. Sturdivant CA, Lunt DK, Smith GC, Smith SB (1992): Fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular adipose tissue and *M. longissimus dorsi* of Waygu cattle. *Meat Sci* 32:449-458.
 32. Yang KY (2013): Effects of bedding type on the lying and body care behavior of growing Hanwoo. Master degree thesis, Kangwon National University, Chun-cheon, Korea.
 33. Yoo DK (2007): A task and valuation on farm animal welfare for organic livestock. *Korean J Organic Agri* 15(3):237-256.
 34. Yoon CH (2008): A study on the consumption for the Eco-friendly livestock product : with special emphasis on the consumer's survey in urban area. Master degree thesis, Mokpo National University, Mokpo, Korea.
 35. Yu JY (2009): Effect of various bedding materials on chemical characteristics of litter and behavior in Korean native steer. Master degree thesis, Kon-kook University, Seoul, Korea.
 36. Yu S, Derr J, Etherton, TD, Johnson JA, Dallal GE (1995): Plasma cholesterol-predictive equations demonstrate that stearic acid is neutral and monounsaturated fatty acids are hypocholesterolemic. *The American Journal of Clinical Nutrition* 61:1129-1139.
 37. Waldman RC, Suess GG, Lewis RW, Bray RW, Brungardt VH (1965): Certain fatty acids of bovine tissue and their association with carcass characteristics. *J Anim Sci* 24:869.
 38. Westerling DB, Hedrick HB (1979): Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics. *J Anim Sci* 48:1343-1348.
 39. Williams CM (2000): Dietary fatty acids and human health. *Ann Zootech* 49:165-180.
- (Received: 19 September 2014/ Accepted: September 23 2014)