

ANIMAL

Changes in growth performance, carcass characteristics, and meat properties of late fattening Hanwoo steers according to supplementation of rumen protected methionine and lysine

Jun-Sang Ahn^{1,†}, Eung-Gi Kwon^{1,†}, Jong-Suh Shin², Min-Ji Kim², Gi-Hwal Son², Chang-Six Choi³, Chang-Woo Lee³, Joong-Kook Park⁴, Byung-Ki Park^{4,*}

¹Hanwoo Research Institute, National Institute of Animal Science, RDA, Pyeongchang 25340, Korea.

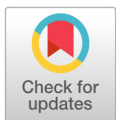
²Dept. of Animal Life Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea.

³Kangwon Livestock Technology Research Institute, Hoengseong 25266, Korea.

⁴Nonghyup Feed Co., LTD., Seoul 05398, Korea.

*Corresponding author: animalpark@hanmail.net

†These authors equally contributed to this study as first author.



OPEN ACCESS

Citation: Ahn JS, Kwon EG, Shin JS, Kim MJ, Son GH, Choi CS, Lee CW, Park JK, Park BK. 2019. Changes in growth performance, carcass characteristics, and meat properties of late fattening Hanwoo steers according to supplementation of rumen protected methionine and lysine. Korean Journal of Agricultural Science. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20190054>

DOI: <https://doi.org/10.7744/kjoas.20190054>

Received: February 19, 2019

Revised: August 16, 2019

Accepted: August 20, 2019

Copyright: © 2019 Korean Journal of Agricultural Science



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

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of rumen-protected methionine and lysine (RPML) on the growth performance, carcass characteristics, and meat properties of Hanwoo steers. Fourteen late fattening steers were randomly assigned to either the control (commercial concentrate + rice straw) or the treatment (commercial concentrate + rice straw + 20 g of RPML/head/day) group. The average daily gain (ADG) and feed conversion ratio (FCR) were not different between the treatment and control group. The rib eye area was slightly but not significantly higher in the treatment group than in the control group. The back fat thickness decreased with the RPML supplementation, although not significantly, and the appearance of yield C grade was lower in the treatment group than in the control group. The marbling score was similar between the control and treatment groups. The supplementation of RPML had no effect on the physicochemical compositions, myoglobin values, Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) color values, fatty acid composition, and thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) values in the *longissimus* muscle. Thus, the supplementation of RPML does not any negative effects on the growth performance, carcass characteristics, and meat properties of late fattening Hanwoo steers.

Key words: growth performance, Hanwoo steers, *longissimus muscle*, lysine, methionine

Introduction

비육후기는 왕성한 지방 침착을 통해 한우의 육질이 완성되는 시기로 고에너지 사료의 급여가 필요하지만(Chung et al., 2015), 불가식 지방 증가, 육량 C등급 출현율 증가, 반추위 및 간 기능 저하 등의 문제가 수반될 수 있다(Cho et al., 2013; Kim, 2015). 또한, 비육후기에는 장기간 배합사료 위주의 사양에 따른 대사성 질병의 발생이 증가되고(Kim, 2009), 사료 효율 감소(Kim et al., 2013) 현상이 발생할 가능성이 높기 때문에 사료 및 사양관리가 매우 중요하며, 사료첨가제의 적절한 활용이 필요한 시기이다.

Methionine과 lysine은 비육우의 영양대사에 관여하는 중요 아미노산으로 가축에서 가장 부족되기 쉬운 아미노산이다. 특히 methionine은 대표적인 황함유 아미노산으로 단백질 합성의 개시 코돈 및 메틸기 공여자이며, 세포의 성장과 대사에 중요한 역할을 수행한다(Ko, 2012). 또한, methionine은 근육에서 지방 침착에도 중요한 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Park et al., 2010a). Lysine은 단백질 대사의 필수적인 아미노산이며, methionine의 이용효율을 증가시키고(Rogers et al., 1987), 지방대와 관련 있는 carnitine 합성에 관여하는 것으로 알려져 있다(Mayes, 1996).

비육우는 반추위 미생물로부터 대사에 필요한 아미노산을 공급받고 있지만, 미생물체 아미노산의 공급만으로는 최적의 생산성을 위한 아미노산 요구량 충족에 부족하며(Kung and Rode, 1996), 특히 methionine과 lysine은 비육우에서 제한 아미노산으로 분류되고 있다(Hussein and Berger, 1995). 비육우에게 methionine과 lysine을 효율적으로 공급하기 위해서는 이들 물질이 반추위에서 분해되지 않고 소장에서 소화 및 흡수가 이루어질 수 있도록 이들 물질에 대한 코팅 처리(칼슘염 보호지방, 경화유 등)가 필수적이다(Veira et al., 1991). 현재까지 반추위 보호 제한 아미노산에 대한 급여 효과는 주로 젖소에서 연구되어 왔으며, 비육우에 대한 연구결과는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 반추위 보호 methionine 및 lysine의 첨가급여가 비육후기 거세한우의 사양성적, 도체 및 육질 특성에 미치는 영향을 조사하기 위해 수행되었다.

Materials and Methods

공시동물

본 연구는 생후 26개월령의 비육후기 거세한우 14두(평균체중 711.6 ± 76.7 kg, 거세시기 14.2 ± 0.5 개월)를 공시하여 수행되었다.

시험설계, 시험사료 및 사양관리

시험구 배치는 시판 배합사료 + 볏짚을 급여하는 대조구(control)와 시판 배합사료 + 볏짚 + 반추위 보호 methionine 및 lysine (rumen-protected methionine and lysine, RPML)을 20 g/두/일 급여하는 처리구(treatment)의 2처리로 하였으며, 거세한우 14두를 완전임의배치법 (completely randomized block design)에 의거하여 처리구별로 pen 당 7두씩 배치하였다. 본 연구에서 사용한 RPML은 methionine 15% + lysine 15% + 반추위 보호지방 70%으로 구성되었으며, methionine과 lysine의 코팅에 사용된 보호지방은 팜유와 칼슘의 혼합 반응을 통해 제조되었다. RPML의 반추위 및 소장 분해율은 각각 25.22 ± 1.76 및 $65.21 \pm 5.78\%$ 수준이었으며, RPML 지방산 조성은 myristic (C14) $1.52 \pm 0.04\%$, palmitic (C16) $55.69 \pm 0.52\%$, stearic (C18) $3.58 \pm 0.11\%$, oleic (C18 : 1) $33.79 \pm 0.38\%$ 및 linoleic (C18 : 2) $5.42 \pm 0.07\%$ 이었다.

배합사료(Highone fattening cattle F, Heungsung Feed Co., LTD., Ansan, Korea)는 1일 2회(오전 8시 및 오후 5시)로 구분하여 각각 5.0 kg (원물 기준)씩 정량 급여하였으며, 볏짚은 1.5 kg (원물 기준) 수준으로 급여하였다. 물은 항상 자유롭게 이용

할 수 있도록 하였으며, 기타 사양관리는 농가 관행에 따라 수행하였다. 배합사료 및 볏짚의 화학적 조성은 Table 1과 같다.

조사항목 및 분석방법

사양성적

사료섭취량은 오전 사료 급여전에 pen (5 × 10 m) 단위로 배합사료 및 조사료의 잔량을 조사하여 급여량과의 차이로 계산하였으며, 일당증체량은 시험 개시 및 종료시 체중과 사양일수에 근거하여 산출하였다. 사료요구율은 건물섭취량과 일당증체량을 이용하여 계산 하였다. 시험사료의 일반성분은 AOAC (2005) 방법에 준하여 분석하였으며, neutral detergent fiber (NDF) 및 acid detergent fiber (ADF)는 filter bag (Ankom F57, Ankom Technology, NY, USA)을 이용하여 Van Soest et al. (1991) 방법으로 분석하였다.

도체 특성 및 등심의 이화학적 성분

도체조사는 사양시험 종료 후 모든 공시축을 축산물공판장에 출하하여 도축 후, 0°C에서 18-24 시간 동안 도체를 현수 시킨 후 육량 판정요인(도체중, 등지방두께 및 배최장근단면적)과 육질 판정요인(근내지방도, 육색, 지방색, 조직감 및 성숙도)을 축산물 등급판정 세부기준의 소도체 등급판정기준(MAFRA, 2018)에 따라 축산물등급판정사가 판정하였다. 등심의 이화학적 성분 분석을 위해 채취한 시료는 5°C 저온실에서 지방, 결체조직 및 이물질을 제거한 후 도체품질 분석에 이용하였으며, 저장성 실험은 시료를 1 cm 두께로 절단한 후 polyethylene bag에 포장하여 4°C에서 9 일 동안 보관하면서 진행하였다.

등심의 일반성분은 AOAC (2005)의 방법에 따라 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분 함량을 측정하였으며, 보수력은 Hofmann (1982)의 방법에 따라 여과지 압착법에 의해 측정하였다. Plexi-glass plate (11.5 cm × 5.0 cm × 0.8 cm) 위에 여과지(Whatman No.1 GE Healthcare, Amersham, UK)를 올려 놓고, 여과지 위에 등심 0.3 g을 올려놓은 다음 동일한 힘으로 나사를 조여 5분 동안 방치하였다. 이후 digitizing area-line meter (Super PLANIX-a, Tamaya Technics Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 총면적과 내부의 시료면적을 측정하여 백분율(%)로 계산하였다.

가열감량을 분석하기 위해 등심을 약 1 cm 두께로 절단하여 polyethylene bag에 넣고 심부 온도가 75°C 이상에 도달할 때까지 항온수조에서 40 분간 가열한 후 가열 전 후의 중량차이를 백분율로 계산하였다.

전단력은 등심을 polyethylene bag에 넣고 심부 온도가 75°C 이상에 도달할 때까지 항온수조에 가열 하고, 근섬유 방향과 직각이 되게 2 cm × 1 cm × 1 cm로 잘라 제조한 다음 조직감 측정기(Texture Analyzer TA 1, LLOYD instruments, Fareham, UK)를 사용하여 측정하였다. 측정 조건은 load cell 50 kg, test speed 50 mm /min, trigger speed 50 mm/min 및 trigger forces 0.01 kgf이었다.

Table 1. Chemical composition of experimental diets (dry matter basis).

Items	Concentrate (%)	Rice straw (%)
Dry matter	91.22 ± 0.52	89.12 ± 0.11
Crude protein	12.72 ± 0.14	4.12 ± 0.12
Ether extract	4.85 ± 0.62	1.52 ± 0.25
Crude ash	7.15 ± 0.08	7.13 ± 0.40
Crude fiber	9.15 ± 0.23	32.14 ± 0.95
NDF	30.15 ± 0.56	68.82 ± 0.74
ADF	12.50 ± 0.75	41.36 ± 0.29

NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber.

등심의 지방산 조성은 Folch의 방법(Folch et al., 1957)에 준하여, 30 mL의 튜브에 동결건조 시킨 시료를 0.5 g 칭량 후 chloroform-methanol (2 : 1) 용액 20 mL와 0.88% NaCl 용액 5 mL를 각각 첨가하여 5분간 shaking시킨 후에 4°C 인큐베이터에서 36 시간 방치하였다. 이후 원심분리(1,250 × g, 4°C, 30분)를 통해 분리된 하층액을 25 mL 튜브에 옮겨 질소가스로 유기용매를 날린 후 0.5 N methanolic NaOH 1 mL를 가하고 15 분간 가열 후 냉각시켰다. 다시 14% BF₃-methanol 2 mL를 가하여 15 분간 가열 후 냉각시킨 다음 1 mL heptane과 2 mL 포화 NaCl 용액을 가하고, 튜브를 shaking 한 후 40 분 이상 실온 방치하였다. 그 후 상층액을 미세 피펫으로 취하여 vial에 옮겨 gas chromatography (Shimadzu-17A, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 지방산을 분석하였다.

Deoxymyoglobin (DeoxyMb), oxymyoglobin (OxyMb) 및 metmyoglobin (MetMb) 측정은 Krzywicki (1979)의 방법을 이용하였다. 시료를 식품 포장용 선상 저밀도 폴리에틸렌 랩(Oxygen transmission rate: 35,273 cc /m²·24 hr·atm, 0.01 mm thickness, 3M Co, Korea)으로 포장한 다음 UV spectrometer (UV-240 IPC, Shimadzu Corp, Kyoto, Japan)를 이용하여 473, 525, 572 및 730 nm 에서 반사율을 측정 한 후 Demos et al. (1996)에 의해 MetMb의 백분율(%)을 산출하였다. OxyMb 에 의한 적색 강도의 지표인 R630-R580 (Strange et al., 1974)는 630 nm와 580 nm에서의 반사율 차이로 계산하였으며, DeoxyMb는 100에서 OxyMb과 MetMb를 공제한 값으로 산출하였다.

육색도는 색차계(Colormeter CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 등심의 표면을 측정하였으며, 명도(lightness, L*), 적색도(redness, a*) 및 황색도(yellowness, b*)의 색채 값을 동일한 방법으로 반복 측정하여 평균값을 나타내었다. 이때 표준 백판은 Y값이 93.60, x값이 0.3134, y값이 0.3194 이었다.

등심의 pH는 시료 10 g에 90 mL 증류수를 가하고 homogenizer (PolyTron PT-2500 E, Kinematica, Lucerne, Switzerland)을 이용하여 균질화한 후, pH meter (Orion 230A, Thermo Fisher Scientific, Inc., MA, USA)로 측정하였다.

등심의 thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)는 Witte et al. (1970)의 방법을 이용하여 측정하였다. 시료 10 g에 20%의 trichloro-acetic acid (in 2 M phosphoric acid) 25 mL을 첨가하고, 30초 동안 homogenizer (PolyTron PT-2500E, Kinematica, Lucerne, Switzerland)를 이용하여 균질화 시켰다. 균질액의 총 양이 50 mL이 되도록 증류수로 희석한 뒤, 원심분리(1,250 × g, 4°C, 10분)하였다. 원심 분리 후 상등액을 여과지(Whatman No.1)를 이용하여 여과하였다. 여과액 5 mL와 0.005 mM 2-thiobarbituric acid 5 mL을 넣어 실온에서 15 시간 방치한 후, UV/VIS spectrophotometer (Molecular Device, M2e, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 530 nm에서 측정하고, 다음의 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{TBARS (mg of malondialdehyde (MDA)/kg sample)} = (\text{시료 흡광도} - \text{공시료 흡광도}) \times 5.2$$

통계분석

본 실험의 모든 결과는 SAS 9.3 program (SAS Institute, Cary, USA)을 이용한 T-test 검정으로 두 집단 간의 평균을 비교하여 5% 수준에서 유의성 검정을 실시하였다.

Results and Discussion

사양성적 및 도체특성

반추위 보호 methionine 및 lysine의 첨가급여가 비육후기 거세한우의 사양성적에 미치는 영향은 Table 2와 같다. 개시 체중 및 종료체중은 처리간 비슷한 수준이었으며, 일당증체량은 대조구에 비해 처리구에서 높은 경향을 보였지만, 통계적인 유의차이는 없었다. 건물섭취량은 처리간 유사한 수준이었으며, 사료요구율은 대조구에 비해 처리구에서 10% 정도 개선되는 경향을 보였지만, 통계적인 유의차이는 인정되지 않았다. 비육우에서 증체량과 에너지의 이용효율은

소장에서 소화 및 흡수되는 아미노산 함량과 비율에 따라 달라질 수 있는 것으로 보고되고 있다(NRC, 2000). 품종은 다르지만, 이전의 연구(Titgemeyer et al., 1988; Wright and Loerch, 1988)에서도 반추위 보호 methionine 및 lysine의 첨가급여로 비육우의 증체량과 사료효율을 개선되었다고 보고된 바 있다. 그러나 본 연구에서 일일 20 g의 반추위 보호 methionine 및 lysine의 급여가 비육후기 거세 한우의 일당증체량과 사료요구율에 미치는 영향은 적은 것으로 판단되며, 향후 첨가 수준과 급여기간을 다르게 적용한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

반추위 보호 methionine 및 lysine의 첨가급여가 거세한우의 도체등급에 미치는 영향은 Table 3과 같다. 배최장근단면적

Table 2. Effect of rumen protected methionine and lysine on growth performance of late fattening Hanwoo steers.

Items	Control	Treatment	Pr > t
Body weight (kg)			
Initial BW	710.71 ± 87.89	712.57 ± 70.92	0.97
Final BW	777.29 ± 89.20	784.86 ± 72.98	0.87
Total gain (kg)	66.57 ± 32.33	72.29 ± 22.34	0.71
Average daily gain	0.55 ± 0.27	0.60 ± 0.19	0.71
Feed intake (DM kg/day/steer)	10.10 ± 0.05	9.92 ± 0.08	-
Concentrate	8.62 ± 0.11	8.42 ± 0.09	-
Rice straw	1.38 ± 0.03	1.36 ± 0.05	-
Feed conversion ratio ^z	18.18 ± 4.23	16.30 ± 5.11	0.08

BW, body weight; DM, dry matter.
^z Average feed intake/average daily gain.

Table 3. Effect of rumen protected methionine and lysine on carcass characteristics of Hanwoo steers.

Items	Control	Treatment	Pr > t
Yield traits ^w			
Carcass weight (kg)	449.57 ± 46.45	452.86 ± 61.09	0.91
Rib eye area (cm ²)	74.71 ± 7.63	77.71 ± 12.74	0.60
Back fat thickness (mm)	15.14 ± 7.65	12.14 ± 4.71	0.40
Yield index	61.00 ± 3.43	61.21 ± 4.80	0.51
Yield grade score ^x	1.57 ± 0.79	1.71 ± 0.49	0.69
Yield grade (A : B : C)	1 : 2 : 4	0 : 5 : 2	-
Quality traits ^y			
Marbling score	3.43 ± 0.79	3.71 ± 1.25	0.62
Meat color	3.00 ± 0.00	3.00 ± 0.00	-
Fat color	4.14 ± 0.38	4.00 ± 0.00	0.36
Texture	1.43 ± 0.53	1.43 ± 0.53	-
Maturity	2.71 ± 0.49	3.00 ± 0.00	0.17
Quality grade score ^z	2.57 ± 0.53	2.71 ± 0.76	0.69
Quality grade (1 ⁺ : 1 : 2)	0 : 4 : 3	1 : 3 : 3	-
Carcass traits (won/kg)	16,231.0 ± 2,028.1	16,760.6 ± 1,916.9	0.62

^w Area was measured from *longissimus* muscle taken at 13th rib and back fat thickness was also measured at 13th rib; Yield index was calculated using the following equation: 68.184 - [(0.625 × back fat thickness (mm)) + (0.130 × rib eye area (cm²)) - (0.024 × dressed weight amount (kg))] + 3.23; Carcass yield grades from C (low yield) to A (high yield).

^x A grade = 3, B grade = 2, C grade = 1.

^y Grading ranges are 1 to 9 for marbling score with higher numbers for better quality (1 = devoid, 9 = abundant); meat color (1 = bright red, 7 = dark red); fat color (1 = creamy white, 7 = yellowish); texture (1 = soft, 3 = firm); quality grades from 3 (low quality) to 1⁺ (very high quality).

^z 1⁺ grade = 4, 1 grade = 3, 2 grade = 2.

은 대조구에 비해 처리구에서 넓은 경향을 보인 반면에 등지방두께는 대조구에 비해 처리구에서 얇은 경향을 보였지만, 통계적인 유의차이는 없었다. 육량 B 등급 이상 출현율은 대조구에 비해 처리구에서 높은 경향을 보였지만, 육질등급 판정의 주요 요인인 근내지방도는 처리간 비슷한 수준이었다. 반추위 보호 methionine 및 lysine의 급여가 거세한우의 육색, 지방색, 조직감 및 성숙도에 미치는 영향은 적었다. 육량등급 평가에 있어서 등심단면적은 육량지수와 정의 상관관계, 등지방두께는 부의 상관관계를 가지는 요인이며, 특히 등지방두께는 육량지수(육량등급) 저하에 크게 작용한다 (KIAPQE, 2018). 본 연구에서도 대조구에 비해 등지방두께가 얇았던 처리구에서 C 등급 출현율이 낮게 나타나 등지방두께가 육량등급 판정에 주요한 요인임을 확인할 수 있었다. 일반적으로 단백질 합성과 지방 합성에 대한 경로는 대립적인 관계로 알려져 있으며, 실제로 사료의 조단백질 함량이 높아지면 증체량이 개선되지만 반대로 등지방두께(Rossi et al., 2000)와 도체의 지방량을 감소시키는 것으로 보고되고 있다(Ponnampalam et al., 2003). 본 연구에서도 단백질 대사에 중추적인 역할을 하는 methionine과 lysine (Rogers et al., 1987; Ko, 2012)의 급여로 인해 등지방두께가 감소되는 경향을 보였지만, 처리별 표준편차가 높게 나타나 통계적인 결과를 기대할 수 없었기 때문에 향후 공시두수 증가 및 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 한편, Park et al. (2010a)는 아미노산 강화 반추위 보호지방산 급여로 인해 근내지방도가 개선되었으며, 이러한 영향은 methionine이 지질 수송과 지질의 생합성 과정에서 transmethylation 반응을 위한 methyl 공여체의 역할(Mayes, 1981)로 추측하였다. 그러나 본 연구에서 대조구 및 처리구의 근내지방도 차이는 적었기 때문에 일일 20 g 수준의 반추위 보호 methionine 및 lysine의 급여가 근내지방도에 미치는 영향은 적은 것으로 판단된다. Park et al. (2010b)은 비육 암소에 반추위 보호 아미노산의 급여시 등지방두께는 얇아지고, 등심단면적과 근내지방도는 증가되는 경향을 보였다고 하여 본 연구와 유사한 결과를 보고한 바 있다.

등심의 이화학적 특성

반추위 보호 methionine 및 lysine의 첨가급여가 등심의 물리화학적 조성에 미치는 영향은 Table 4와 같다. 반추위 보호 methionine 및 lysine 첨가급여가 등심의 수분, 조지방, 조단백질 및 조회분 함량에 대한 미치는 영향은 적었으며, 보수력, 가열감량 및 전단력도 처리간 비슷한 수준이었다. 도체의 물리화학적 특성은 다양한 요인의 영향을 받는데, 특히 육질등급이나 근내지방도와 관계가 깊은 것으로 보고된 바 있다(Kim et al., 2013). 일반적으로 육질등급이 높을수록 지방 함량은 증가되는 반면에 수분 및 단백질 함량은 감소되며(Cameron et al., 1994; Lee et al., 2004), 근내지방도가 높을수록 전단력과 가열감량은 낮아지는 것으로 보고되고 있다(Park et al., 2005; Lee et al., 2010). 본 연구에서도 이전의 연구결과들과 마찬가지로 육질등급과 근내지방도(Table 3)에 따라 일부 물리화학적 특성의 변화는 있었지만, 처리간 차이는 적었기 때문에 반추위 보호 methionine 및 lysine의 첨가급여가 거세한우 등심의 물리화학적 특성에 미치는 영향은 적은 것으로 판단된다.

Table 4. Effects of rumen protected methionine and lysine on meat properties in *longissimus muscle* of Hanwoo steers.

Items	Control	Treatment	Pr > t
Moisture (%)	68.48 ± 2.82	67.66 ± 2.29	0.56
Fat (%)	12.36 ± 2.75	12.73 ± 2.68	0.81
Protein (%)	18.17 ± 2.08	18.62 ± 1.42	0.64
Ash (%)	0.99 ± 0.01	0.97 ± 0.01	0.15
WHC (%)	76.38 ± 4.36	77.51 ± 3.43	0.60
Cooking loss (%)	31.23 ± 2.16	31.29 ± 2.60	0.96
Shear force (kgf)	5.40 ± 1.02	4.92 ± 0.47	0.29

WHC, water holding capacity.

반추위 보호 methionine 및 lysine의 첨가급여가 등심의 지방산 조성에 미치는 영향은 Table 5와 같다. 도체 지방산 중 가장 많은 비율을 차지하는 불포화지방산인 oleic acid 비율은 처리간 비슷한 수준으로 나타났으며, palmitic acid 비율의 처리간 차이도 적었다. 또한, 단일 지방산, 총포화지방산, 단일불포화지방산 및 다중불포화지방산 비율의 처리간 차이도 없었다.

도체의 지방산 조성은 품종, 사양관리 및 도체 등급 등의 다양한 요인에 따라 달라질 수 있으며(Smith et al., 2009; Cho et al., 2005), 특히 급여하는 사료의 지방산 특성이 도체의 지방산 조성을 변화시킬 수 있는 것으로 보고되고 있다(Rule et al., 1994; Wistuba et al., 2006). 본 연구에서는 반추위 보호 methionine 및 lysine 첨가급여가 거세한우 등심의 지방산 조성에 미치는 영향은 적었는데, Kim et al. (2010)은 아미노산 강화 반추위 보호지방산 급여에 따른 처리간 도체의 지방산 조성의 차이가 적었다고 하여 본 연구의 결과를 뒷받침하고 있는 것으로 판단된다.

반추위 보호 methionine 및 lysine의 급여가 저장기간 동안 등심의 육색도 및 색소 단백질 변화에 미치는 영향은 Table 6과 같다. 처리에 관계없이 등심의 저장기간 동안 DeoxyMb 및 MetMb 비율은 지속적으로 증가된 반면에 OxyMb 비율은 현저히 감소된 결과를 보였지만, 반추위 보호 methionine 및 lysine 첨가급여가 이들 비율에 미치는 영향은 없었다. 등심의 명도, 적색도 및 황색도의 경우에도 처리에 관계없이 저장기간이 경과될수록 감소되는 경향을 보였으며, 반추위 보호 methionine 및 lysine 첨가급여가 이들 비율에 미치는 영향은 없었다.

일반적으로 육색은 색소 단백질의 산화 반응의 결과이며(Kook and Kim, 2005), 육색도 및 색소 단백질의 주요 변화 요인은 산화 정도 및 효소 활성으로 알려져 있다(Lawrie, 1985). 또한, Faustman et al. (2010)는 myoglobin은 DeoxyMb, OxyMb 및 MetMb 단계를 거쳐 산화되기 때문에 식육의 저장기간이 경과될수록 MetMb 비율이 증가되며, Ledward and Macfarlane (1971)는 MetMb 비율이 많아질수록 명도와 적색도가 감소되어 육색이 퇴색될 수 있다고 보고한 바 있다. 본 연구에서도 저장기간이 경과될수록 MetMb 비율은 높아지는 반면에 육색소는 감소되는 경향을 보여 색소 단백질 산화가 지속적으로 일어난 것으로 생각되며, 반추위 보호 methionine 및 lysine 첨가급여가 등심의 저장기간 동안 육색도 및 색소 단백질 변화에 미치는 영향은 적은 것으로 판단된다.

반추위 보호 methionine 및 lysine의 첨가급여가 저장기간 동안 등심의 pH 및 지방산패도 변화에 미치는 영향은 Table

Table 5. Effects of rumen protected methionine and lysine on fatty acid composition in *longissimus muscle* of Hanwoo steers.

Items	Control	Treatment	Pr > t
C14 : 0 (myristic, %)	3.27 ± 0.39	3.62 ± 0.44	0.14
C16 : 0 (palmitic, %)	28.35 ± 0.77	28.76 ± 1.63	0.57
C16 : 1n7 (palmitoleic, %)	5.02 ± 0.61	5.52 ± 0.67	0.18
C18 : 0 (stearic, %)	10.18 ± 0.96	9.74 ± 0.63	0.33
C18 : 1n9 (oleic, %)	50.37 ± 1.55	49.70 ± 2.09	0.51
C18 : 2n6 (linoleic, %)	2.52 ± 0.44	2.38 ± 0.28	0.49
C18 : 3n3 (α-linolenic, %)	0.22 ± 0.05	0.21 ± 0.06	0.70
C20 : 4n6 (arachidonic, %)	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.50
C20 : 5n3 (eicosapentaenoic, %)	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.01	0.26
SFA	41.81 ± 1.36	42.11 ± 1.77	0.72
MUFA	55.39 ± 1.53	55.22 ± 1.61	0.84
PUFA	2.80 ± 0.48	2.67 ± 0.33	0.54
n-3	0.25 ± 0.04	0.24 ± 0.06	0.92
n-6	2.56 ± 0.45	2.42 ± 0.29	0.51
n-6/n-3	10.42 ± 0.85	10.34 ± 1.94	0.92

SFA, saturated fatty acid; MUFA, mono-unsaturated fatty acid; PUFA, poly-unsaturated fatty acid.

7과 같다. 등심의 pH는 전체 저장기간 동안 처리간 유사한 수준으로 나타났으며, 처리에 관계없이 저장기간이 경과될수록 pH가 높아지는 경향을 보였다. TBARS 함량의 경우에도 처리에 관계없이 저장기간이 증가될수록 높아지는 경향을 보였지만, 처리간 통계적인 유의차이는 없었다. 도축 후 식육의 pH는 글리코젠 및 에너지원의 해당작용으로 생성되는 젖산에 의해 저하되지만, 점차적으로 단백질 분해로 인한 염기성 물질의 생성으로 인해 pH가 다시 상승되는 것으로 보고되고 있다(Seol et al., 2014). 그러나 본 연구에서는 pH의 감소 없이 지속적으로 증가되어 이미 단백질 분해가 시작된

Table 6. Effects of rumen protected methionine and lysine on myoglobin forms (%) and CIE color values in *longissimus muscle* of Hanwoo steers during refrigerated storage.

Items	Storage days	Control	Treatment	Pr > t
Deoxymyoglobin (%)	0	19.77 ± 3.95	18.24 ± 4.51	0.51
	3	17.29 ± 3.38	17.85 ± 3.39	0.76
	6	27.69 ± 1.60	26.19 ± 1.51	0.10
	9	28.08 ± 4.86	29.59 ± 5.07	0.58
Oxymyoglobin (%)	0	57.46 ± 7.13	59.12 ± 7.11	0.67
	3	50.15 ± 5.93	48.15 ± 7.10	0.58
	6	35.49 ± 3.44	39.33 ± 4.34	0.09
	9	19.13 ± 7.51	20.54 ± 5.15	0.69
Metmyoglobin (%)	0	22.77 ± 3.63	22.64 ± 2.91	0.94
	3	32.56 ± 3.46	34.01 ± 4.14	0.49
	6	36.82 ± 1.94	34.48 ± 3.05	0.12
	9	52.78 ± 3.76	49.87 ± 3.31	0.15
Lightness (L*)	0	38.96 ± 2.89	37.22 ± 2.70	0.27
	3	38.59 ± 3.78	37.10 ± 2.20	0.39
	6	36.35 ± 1.57	35.67 ± 2.60	0.57
	9	37.32 ± 1.57	36.80 ± 2.16	0.62
Redness (a*)	0	24.12 ± 1.73	24.48 ± 1.05	0.65
	3	23.26 ± 0.56	23.10 ± 1.34	0.77
	6	24.94 ± 2.47	22.76 ± 2.19	0.11
	9	15.48 ± 2.37	17.10 ± 4.01	0.38
Yellowness (b*)	0	13.51 ± 0.96	13.67 ± 0.87	0.74
	3	12.56 ± 0.50	12.47 ± 0.87	0.81
	6	13.46 ± 1.42	12.23 ± 1.50	0.14
	9	9.92 ± 1.25	10.10 ± 2.22	0.85

CIE, Commission Internationale de l'Eclairage.

Table 7. Effects of rumen protected methionine and lysine on pH and TBARS values in *longissimus muscle* of Hanwoo steers during refrigerated storage.

Items	Storage days	Control	Treatment	Pr > t
pH	0	5.40 ± 0.03	5.39 ± 0.03	0.62
	3	5.41 ± 0.04	5.44 ± 0.05	0.30
	6	5.44 ± 0.03	5.46 ± 0.02	0.40
	9	5.69 ± 0.13	5.64 ± 0.18	0.56
TBARS (mg MDA/kg)	0	0.33 ± 0.06	0.37 ± 0.09	0.13
	3	0.38 ± 0.05	0.45 ± 0.12	0.18
	6	0.43 ± 0.04	0.47 ± 0.10	0.43
	9	0.45 ± 0.09	0.48 ± 0.27	0.26

TBARS, 2-thiobarbituric acid reactive substances; MDA, malondialdehyde.

것으로 생각되며, 등심 시료의 운반, 저장 조건 및 전처리 과정의 영향 때문인 것으로 추측된다. 실제로 Bendall (1978)은 등심의 pH 저하 혹은 상승 속도는 저장 조건에 따라 달라질 수 있다고 하였다. TBARS는 지질산화로 발생하는 산화물을 정량화한 값이며(Sinnhuber and Yu, 1977), 불포화도가 높거나 다가불포화지방산에서 더욱 빠르게 지질산화가 촉진되는 것으로 보고된 바 있다(Igene et al., 1980). 본 연구에서는 처리간 지방산 조성에 차이가 적었기 때문에 저장기간 동안의 TBARS 함량이 처리간 유사했던 것으로 판단된다. 결과적으로 반추위 보호 methionine 및 lysine 급여가 거세한우 등심의 pH 및 지방산패도에 미치는 영향은 적은 것으로 판단된다.

Conclusion

본 연구의 결과에서 비육후기 거세한우에 대한 반추위 보호 methionine 및 lysine의 급여가 사양성적, 도체 특성 및 육질의 성분 변화에 미치는 영향은 적은 것으로 판단되며, 향후 반추위 보호 methionine 및 lysine의 첨가 수준, 급여기간 등을 달리한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

Acknowledgements

본 논문은 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업(PJ014229012019)에 의해 수행되었습니다.

Authors Information

Jun-Sang Ahn, <https://orcid.org/0000-0001-7362-9270>
Eung-Gi Kwon, <https://orcid.org/0000-0002-5585-5909>
Jong-Suh Shin, <https://orcid.org/0000-0003-1148-2562>
Min-Ji Kim, <https://orcid.org/0000-0001-6485-1718>
Gi-Hwal Son, <https://orcid.org/0000-0001-6406-0262>
Chang-Six Choi, <https://orcid.org/0000-0002-7496-3390>
Chang-Woo Lee, <https://orcid.org/0000-0001-7067-6282>
Joong-Kook Park, <https://orcid.org/0000-0002-9959-0578>
Byung-Ki Park, <https://orcid.org/0000-0001-5469-2012>

References

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2005. Official methods of analysis, 18th ed. AOAC, Arlington, USA.
- Bendall JR. 1978. Variability in rates of pH fall and of lactate production in the muscles on cooling beef carcasses. *Meat Science* 2:91-104.
- Cameron PJ, Zembayashi DK, Lunt T, Mitsuhashi M, Mitsumoto S, Smith SB. 1994. Relationship between Japanese beef marbling standard and intramuscular lipid in the *M. longissimus thoracis* of Japanese black and American Wagyu cattle. *Meat Science* 38:361-364.
- Cho SH, Park BY, Kim JH, Hwang IH, Kim JH, Lee JM. 2005. Fatty acid profiles and sensory properties

- of *longissimus dorsi*, *triceps brachii*, and *semimembranosus* muscles from Korean Hanwoo and Australian Angus beef. *Asian-Australian Journal of Animal Science* 18:1786-1793.
- Cho WG, Lee SJ, Ko YH, Chang IS, Lee SS, Moon YH. 2013. Effects of dietary type during late fattening phase on the growth performance, blood characteristics and carcass traits in Hanwoo steers. *Journal of Animal Science and Technology* 55:443-449. [in Korean]
- Chung KY, Chang SS, Lee EM, Kim HJ, Park BH, Kwon EG. 2015. Effects of high energy diet on growth performance, carcass characteristics, and blood constituents of final fattening Hanwoo steers. *Korean Journal of Agricultural Science* 42:261-268. [in Korean]
- Demos BP, Gerrard DE, Mandigo RW, Gao X, Tan J. 1996. Mechanically recovered neck bone lean and ascorbic acid improve color stability of ground beef patties. *Journal of Food Science* 61:656-659.
- Faustman C, Sun Q, Mancini R, Suman SP. 2010. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science* 86:86-94.
- Folch J, Lees M, Stanley GHS. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 226:497-509.
- Hofmann K. 1982. Neues über die bestimmung der wasserbindung des fleisches mit hilfe der filterpapier prebmethode. *Fleischwirtsch* 62:87-94.
- Hussein HS, Berger LL. 1995. Feedlot performance and carcass characteristics of Holstein steers as affected by source of dietary protein and level of ruminally protected lysine and methionine. *Journal of Animal Science* 73:3503-3509.
- Igene JO, Pearson AM, Dugan AM, Price JF. 1980. Role of triglycerides and phospholipids on development of rancidity in model meat systems during frozen storage. *Food Chemistry* 5:263-276.
- KIAPQE (Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation). 2018. Animal products grading statistical yearbook. Report No.: 11-B552679-000006-10. KIAPQE, Sejong, Korea. [in Korean]
- Kim BK, Oh DY, Hwang EG, Song YH, Lee SO, Jung KK, Ha JJ. 2013. The effects of different crude protein levels in the concentrates on carcass and meat quality characteristics of Hanwoo steers. *Journal of Animal Science and Technology* 55:61-66. [in Korean]
- Kim DH. 2009. Effects of high-concentrate diets on ruminal fermentation and liver function in Hanwoo steers. Ph.D. dissertation, Gyeongsang National Univ., Jinju, Korea. [in Korean]
- Kim HC, Lee CW, Park BK, Lee SM, Kwon EG, Im SK, Jeon GJ, Park YS, Hong SK. 2010. Studies on growth performance and meat quality improvement of the unselected Hanwoo bulls in the performance test. *Journal of Animal Science and Technology* 52:427-434. [in Korean]
- Kim JH. 2015. Studies on the effect of finishing feeding regimen on the performance, carcass grade and economic analysis in Hanwoo steers. M.S. dissertation, Gyeongnam National Univ., Jinju, Korea. [in Korean]
- Ko KS. 2012. Hepatoprotective functions of sulfur containing amino acids: Possibilities of hepatocellular carcinoma prevention. *Korean Journal of Food Science and Technology* 44:654-657. [in Korean]
- Kook K, Kim KH. 2005. Changes of physico-chemical, microbiological and sensory properties on Hanwoo beef fed with supplemental Bamboo Vinegar during refrigerated storage. *Korean Journal of Food Science Animal Resource* 25:403-408. [in Korean]
- Krzywicki K. 1979. Assessment of relative content of myoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin at the surface of beef. *Meat Science* 3:1-10.
- Kung LJ, Rode LM. 1996. Amino acid metabolism in ruminants. *Journal of Animal Science and Technology* 59:167-172. [in Korean]
- Lawrie RA. 1985. Meat science. pp. 169-207. Pergamon Press, Oxford, UK.
- Ledward DA, Macfarlane JJ. 1971. Some observations on myoglobin and lipid oxidation in frozen beef. *Journal of Food Science* 36:987-990.

- Lee JM, Park BY, Cho SH, Kim JH, Yoo YM, Chae HS, Choi YI. 2004. Analysis of carcass quality grade components and chemico-physical and sensory traits of *M. longissimus dorsi* in Hanwoo. *Journal of Animal Science and Technology* 46:833-840. [in Korean]
- Lee YJ, Kim CK, Park BY, Seong PN, Kim JH, Kang GH, Kim DH, Cho SH. 2010. Chemical composition, cholesterol, trans-fatty acids contents, pH, meat color, water holding capacity and cooking loss of Hanwoo beef (Korean native cattle) quality grade. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* 30:997-1006. [in Korean]
- MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs). 2018. Grade rule for cattle carcass in Korea. MAFRA, Sejong, Korea.
- Mayes PA. 1981. Metabolism of lipids: II. Role of the tissue. In Harper's Review of Biochemistry Martin DW, Mayes PA, Rodwell VW (18th Ed.). pp. 222-244. Lange Med. Publ., Los Altos, USA.
- Mayes PA. 1996. Oxidation of fatty acids: Ketogenesis. In Harper's biochemistry Murray RK, Granner DK, Mayes PA, Rodwell VW (Eds). pp. 224-235. Appleton and Lange, Stamford, USA.
- NRC (National Research Council). 2000. Nutrient requirements of beef cattle, 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, D.C., USA.
- Park BK, Choi NJ, Kim HC, Kim TI, Cho YM, Oh YK, Jang HY. 2010a. Effects of amino acid-enriched ruminally protected fatty acids on plasma metabolites, growth performance and carcass characteristics of Hanwoo steers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 23:1013-1021.
- Park BK, Lee SM, Kim HC, Chang SS, Kim TI, Cho YM, Choi CW, Hong SK, Kwon EG. 2010b. Effects of ruminally protected amino acid-enriched fatty acids on growth performance and carcass characteristics of fattening Hanwoo cows. *Journal of Animal Science and Technology* 52:499-504. [in Korean]
- Park BY, Cho SH, Kim JH, Lee SH, Hwang IH, Kim DH, Kim WY, Lee JM. 2005. Effects of organic selenium supplementation on meat quality of Hanwoo steers. *Journal of Animal Science and Technology* 47:277-282. [in Korean]
- Ponnampalam EN, Hosking BJ, Egan AR. 2003. Rate of carcass components gain, carcass characteristics, and muscle longissimus tenderness in lambs fed dietary protein sources with a low quality roughage diet. *Meat Science* 63:143-149.
- Rogers JA, Krishnamoorthy U, Sniffen CJ. 1987. Plasma amino acids and milk protein production by cows fed rumen-protected methionine and lysine. *Journal of Dairy Science* 70:789-798.
- Rossi JE, Loerch SC, Fluharty FL. 2000. Effects of crude protein concentration on diets feedlot steers fed to achieve stepwise increases in rate of gain. *Journal of Animal Science* 78:3036-3044.
- Rule DC, Busboom JR, Kercher CJ. 1994. Effect of dietary canola on fatty acid composition of bovine adipose tissue, muscle, kidney, and liver. *Journal of Animal Science* 72:2735-2744.
- Seol KH, Kim KH, Kim YH, Youm KE, Lee MH. 2014. Effect of temperature and relative humidity in refrigerator on quality traits and storage characteristics of Pre-packed Hanwoo loin. *Journal of Agricultural Science* 41:415-424.
- Sinnhuber RO, Yu TC. 1977. The 2-thiobarbituric acid reactive substances, an objective measure of the oxidative deterioration occurring in fats and oils. *Journal of Japan Oil Chemists' Society* 26:259-267.
- Smith SB, Gill CA, Lunt DK, Brooks MA. 2009. Regulation of fat and fatty acid composition in beef cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 22:1225-1233.
- Strange EE, Benedicts RC, Gugger RE, Metzger VG, Swift CE. 1974. Simplified methodology for measuring meat color. *Journal of Food Science* 39:988-992.
- Titgemeyer EC, Merchen NR, Berger LL, Deetz LE. 1988. Estimation of lysine and methionine requirements of growing steers fed corn silage-based or corn-based diets. *Journal of Dairy Science* 71:421-434.
- Van Soest PV, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and

-
- nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3597.
- Veira DM, Seone JR, Prolux JG. 1991. Utilization of grass silage by growing cattle: Effect of a supplement containing ruminally protected amino acids. *Journal of Animal Science* 69:4703-4709.
- Wistuba TJ, Kegley EB, Apple JK. 2006. Influence of fish oil in finishing diets on growth performance, carcass characteristics, and sensory evaluation of cattle. *Journal of Animal Science* 84:902-909.
- Witte VC, Krause GF, Bailey ME. 1970. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *Journal of Food Science* 35:582-585.
- Wright MD, Loerch SC. 1988. Effects of rumen-protected amino acids on ruminant nitrogen balance, plasma amino acid concentrations and performance. *Journal of Animal Science* 66:2014-2027.