

ANIMAL

Effects of Italian ryegrass diet on the performance, carcass characteristics, and blood metabolites of Hanwoo steers

Hwi Jae Kim, Kwang Seok Ki, Sun Sik Jang, Seung Hak Yang, Eun Mi Lee, Dong Hun Kang, Bo Hye Park, Eung Gi Kwon, Ki Yong Chung*

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

*Corresponding author: cky95@korea.kr

Abstract

This study was conducted to develop a pasture feeding program for reducing the Hanwoo feeding cost. Italian ryegrass (IRG) is a major plant which is abundantly produced in the southern area of South Korea. Locally produced Italian ryegrass has a 30 - 50% reduced pasture cost compared to imported pasture grasses. We hypothesized that Italian ryegrass feed could reduce the feeding cost but not change the physiological characteristics of the Hanwoo steers in the feedlot. Four treatments (Control, short fed IRG silage, long fed IRG silage, and IRG hay) in a completely random design were used to feed 27 Hanwoo steers. Three or four steers were fed in the same pen, and 8 pens were used for the treatments. Blood was drawn from each steer on the first week of every month from 11 to 30 months. Overall, the average daily gain and feed efficiency were not different among the treatments ($p < 0.05$) except for the final fattening diets ($p < 0.05$). The long fed IRG silage group had a low ADG compared to the other groups ($p < 0.05$). The serum non-esterified fatty acid and glucose concentrations were reduced during the fattening periods ($p < 0.05$); however, the serum albumin, total proteins, triglycerides, and phosphorus were increased during the fattening periods ($p < 0.05$). The carcass weight, longissimus muscle area and back-fat thickness were low in the long fed IRG silage group ($p < 0.05$). The IRG diet induced saturated fatty acids in the longissimus dorsi ($p < 0.05$). These results show that the IRG diet increased the serum triglycerides but reduced the glucose level at the final fattening diet and decreased the meat yield score in Hanwoo steers.

Keywords: Hanwoo steers, Italian ryegrass, blood metabolites

Introduction

우리나라는 90년대부터 수입육과 경쟁하기 위해 한우의 고급육 생산에 대한 연구와 노력을 해왔다. 고급육 생산을 위한 사양은 고에너지 사료를 장기간 급여하는 방식으로 유지해 왔다. 그러나 최근 소비자들은 건강에 대한 관심과 수요가 늘어나면서 지방이 적고, 풀을 먹고 건강하게 자란 소고기에 대한 관심이 늘어나고 있다. 이러한 상황에서 소고기 생산의 다양성과 생산비 절감을 위해서는 새로운 방식의 사양시스템이 필요하다. 최근 기후변화로 인한 사료의 생



CrossMark
click for updates

OPEN ACCESS

Citation: Kim HJ, Ki KS, Jang SS, Yang SH, Lee EM, Kang DH, Park BH, Kwon EG, Chung KY. 2018. Effects of Italian ryegrass diet on the performance, carcass characteristics, and blood metabolites of Hanwoo steers. Korean Journal of Agricultural Science 45:84-93.

DOI: <https://doi.org/10.7744/kjoas.20170068>

Editor: Jung Min Heo, Chungnam National University, Korea

Received: October 12, 2017

Revised: November 27, 2017

Accepted: November 29, 2017

Copyright: © 2018 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.

산성 저하와 곡물 수요의 증가(바이오 에탄올, 중국과 같은 축산 신흥국의 축산기반 확대)로 곡물가격이 상승하고 있으며, 국제 곡물가격 상승에 따라 사료비 증가로 인해 경영비중이 2011년에 75.1%까지 크게 높아졌다고 보고된다(KREI, 2013). 비육우 생산비 중에 40 - 50%를 차지하는 사료비 절감을 위해서는 현재 농후사료 위주의 사양체계를 개선할 필요가 있다. 하지만 농후사료 급여를 전혀 하지 않는다면 고급육 생산이 어려우므로 조사료를 다급 하면서 고급육을 생산할 수 있는 방법이 필요하다. Kim et al. (2009)에 의하면 국내산 양질의 조사료 중 청보리와 라이그라스의 경우 TDN (청보리 63.6; 라이그라스 63.4; 호밀 55.5)이 높아 사료가치가 우수하다고 알려져 있다. 또한 국내산 양질의 조사료의 경우 수입조사료에 비해 30 - 50%이상 저렴하므로 경제적 경쟁력도 기대할 수 있다. 2011년 양질조사료(목초 및 사료작물)의 국내생산량은 2,454천 톤, 볏짚 등은 2,152천 톤, 수입조사료 917천 톤, 조사료 자급률이 82.6% 정도로 나타났으며, 전체 중 양질의 조사료는 35 - 38%, 볏짚은 45%, 수입조사료는 16 - 18%를 차지한다고 알려져 있다(KREI, 2013). Ahn et al. (2000)에 의하면 조사료의 급여수준이 거세한우의 성장과 육질에 영향을 미친다고 발표하였는데, 이 논문에서 거세한우의 등심단면적, 근내지방도, 등지방두께, 육색, 지방색 및 혈액 성분은 조사료의 급여수준에 영향을 받지 않는다고 보고하였다. Sithyphone et al. (2011)에 의하면 조기 이유 후 방목한 화우의 육질이 일반 방목화우 보다 높게 나타났다고 보고하였고, 관능검사에서도 조기이유 방목 화우의 소고기 선호도가 높게 나타났다. 선행연구의 결과를 보면 비육 전 방목한 거세한우와 우사 내 사육한 거세한우의 품질을 비교하였는데(Kang et al., 1997), 방목우에서 도체중, 지육율, 배최장근단면적, 육질등급, 조지방, n-6지방산, n-6/n-3, PH, 보수력이 낮게 나타난 반면, 조지방, 성숙도, n-3지방산, 포화지방산은 높게 나타났다. 방목에 관한 연구는 운동성이 가축에 미치는 영향이 크게 나타나므로 본 연구 결과에 영향을 미치는 이유로 고려해야 할 요인임에 틀림이 없다. Kang et al. (1997)에 의하면 거세한우의 방목 육성이 사료효율, 산육능력 및 육질에 영향을 주고, 결론적으로 방목은 거래정육, 뼈의 비율, 육량등급, 혈청 내 수분, 조단백질 함량은 증가하였으나, 지방비율, 육질등급, 혈청 내 지방 함량은 감소하였다. 본 연구에서는 고급육 사양 프로그램과 이탈리아 라이그라스(IRG)를 이용한 다급 프로그램을 사양성적과 도체성적으로 비교하였으며, 도출된 자료를 이용하여 육량과 육질등급의 감소를 최소화 하는 최다급여 가능한 조사료 급여기간을 설정하였다. 또한 등심 내 지방산을 분석하여 기능성 지방산을 최대화 하는 조사료 급여기간을 설정하였다.

Materials and Methods

공시동물

본 연구에서 사용된 시험축은 대관령 소재 한우연구소에서 사육되는 거세한우 27두를 공시하였으며, 대조구 6두와 처리1구 6두, 처리2구 7두, 그리고 처리3구 8두를 이용하였다. 동일 공시축 두수확보가 어려워 전체 시험축을 그룹 1, 2로 나누어 4처리구에 대해서 육성기가 시작하는 6개월령부터 동일 사육프로그램을 적용하였다. 우방에는 3 - 4두씩 8우방을 사용하였다.

시험사료

시험축은 콘크리트 재질 바닥의 톱밥 우사에서 군집 사육하였다. 배합사료는 1일 급여량(Table 1)을 2회(08:00, 16:00) 균등 분배하여 부족하지 않도록 제공하였고, 조사료는 자유채식 하였다. 물과 무기물은 항시 섭취할 수 있도록 하였다. 사양시험에서 대조구는 이유 후 육성기, 비육전기, 비육중기, 비육후기로 이어지는 농후사료와 볏짚을 이용한 일반사양으로 비육을 하였다. 처리1구는 IRG 사일리지를 비육전기까지 무제한 급여 하였으며, 비육후기부터는 볏짚을 이용한 일반사양을 진행하여 대조구와 동일 월령인 30개월령에 도축을 하였다. 처리2구는 IRG 사일리지를 전구간 무제한 급여 후 28개월령에 출하 하였고, 처리3구는 IRG 건초를 전구간 무제한 급여 후 28개월

령에 출하하여 비교를 하였다. 시험사료의 일반성분 함량은 각각의 시료(2.0 kg)를 수집하여 AOAC (1995) 방법에 준하여 분석하여 Table 2에 나타내었다.

Table 1. Feed amount of concentrate and pasture during fattening period on pasture diet group (kg).

Treatments	6 - 11 months		12 - 15 months		16 - 21 months		22 - 30 months	
	Con	Hay	Con	Hay	Con	Hay	Con	Hay
C	4.0	3.5	6.0	2.2	8.5	2.0	9.7	1.5
T1	3.0	11.3	4.0	10.5	5.6	10.9	9.7	1.5
T2	3.0	11.3	4.0	10.5	5.6	10.9	7.0	10.5
T3	3.0	5.0	4.0	4.7	5.6	5.4	7.5	4.1

Con, concentrated feed stuff; C, normal feeding; T1, IRG silage short term feeding; T2, IRG silage unlimited feeding; T3, IRG hay unlimited feeding.

Table 2. Chemical composition of experimental diets (% , cal/g).

Treatments	Analysis results by composition			
	Rice straw	Hay	IRG silage	IRG hay
Moisture	7.89	8.04	51.64	45.87
Crude protein	3.42	7.77	3.97	5.24
Crude fat	1.47	2.88	2.10	2.30
Crude fiber	28.50	34.27	18.81	20.14
Views min	24.02	4.71	3.22	6.99
Ca	0.31	0.50	0.18	0.15
P	0.06	0.29	0.13	0.13
NDF	49.00	54.86	31.69	33.39
ADF	28.64	34.49	19.73	20.25
Calorie	2796	3804	2005	2017

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

사양관리

처리구당 사양단계별 평균 사료섭취량은 Table 1에 나타내었다. 답작지 사료작물을 이용한 거세한우 사양시험에서 대조구는 이유 후 육성기, 비육전기, 비육후기에 농후사료와 볏짚을 이용한 일반사양으로 비육을 하였다. 처리1구는 IRG 사일리지를 육성기, 비육전기까지 무제한 급여 하였으며, 비육후기부터는 볏짚을 이용한 일반사양을 진행하여 대조구와 동일 월령인 30개월령에 도축을 하였다. 처리2구는 IRG 사일리지를 전구간 무제한 급여 후 28개월령에 출하 하였고, 처리3구는 IRG 건초를 전구간 무제한 급여 후 28개월령에 출하하여 비교를 하였다.

조사항목

성장단계별 체중

체중조사는 시험 개시일부터 종료 시까지 대관령 한우연구소 시험축사 내에 설치 된 우형기(CAS Korea, Newton HT-501A)로 1개월 간격으로, 오전 사료급여 전에 측정하였고, 혈액채취는 체중 측정과 동시에 시행하였다. 일당 증체량은 이전 체중에서 금회 측정된 체중의 차를 사육 일수로 나누어 구하였다. 사료섭취량은 오전 사료 급여 전 사료 급이기 내의 잔량을 조사한 후 전날 급여량에서 공제한 값을 섭취량으로 계산하였다.

혈중 대사성분

시험축의 혈액은 시험 개시일부터 종료일까지 매 격월 첫 주에 경정맥에서 serum vacutainer (BD Vacutainer serum REF 367820, USA)을 이용하여 약 10 mL 혈액을 채취하여 3,000 rpm에서 15분간 원심분리 하였다. 분리된 혈청은 -70°C에서 분석 전 까지 냉동보관 하였다. 혈청 내 albumin (ALB), glucose (GLU), triglyceride (TG), total protein (TP), 및 non-esterified fatty acid (NEFA). 농도는 생화학 자동분석기(Hitachi 7020 automatic analyzer, Japan)를 이용하여 측정하였다. 혈중 ALB의 농도는 Bromocresol green (BCG) 용액작용으로 혈청시료 중 ALB이 BCG와 결합하여 청색을 나타낸다. 이 청색의 흡광도를 측정하여 ALB의 농도를 구하였다. 혈중 GLU의 농도의 측정은 시료에 ATP를 작용시키면 시료 가운데 glucose hexokinase (HK)에 의해 glucose-6-phosphate과 ADP가 된다. Glucose-6-phosphate은 NAD 공존아래 glucose-6-phosphate dehydrogenase에 의해 6-phosphogluconate이 되며, 동시에 NAD와 NADH로 환원된다. 이 NADH의 흡광도를 측정하여 GLU의 농도를 구하였다. 혈중 TG의 농도는 lipoprotein lipase (LPL)의 작용에 의해 glycerol과 지방산으로 가수분해 된다. 생성된 glycerol은 ATP의 존재 하에 glycerol kinase (GK)의 작용에 의해 glycerol-3-phosphate가 된다. 또한 glycerol-3-phosphate oxidase (GPO)에 의해 과산화수소를 발생한다. 과산화수소는 peroxidase 존재 하에 4-amino-antipyrine과 n-sulfobutyl-m-toluidine (ESBmT)을 산화-축합시켜 적자색의 색소를 생성한다. 이 적자색의 흡광도를 측정하여 TG의 농도를 구하였다. 혈중 TP의 농도는 시료에 biuret시약을 작용시키면 시료 중의 단백은 동 이온과 착염을 형성하여 청자색을 나타낸다. 이 청자색의 흡광도를 측정하여 TP의 농도를 구하였다. 혈중 IP는 molybdate과 결합하여 phosphomolybdic acid으로 되고 다시 유산-P-methylaminophenol에 의해 환원되어 molybdenum blue로 된다. 이 청색의 흡광도를 측정하여 IP의 농도를 구하였다. 혈중 NEFA농도는 CoA와 ATP에 의해 acyl-CoA synthetase (ACS)의 작용으로 acyl-CoA가 된다. Acyl-CoA는 acyl-CoA oxidase에 의해 산화되어 과산화수소가 발생한다. 과산화수소는 peroxidase의 존재 하에 4-amino-antipyrine과 DSBmT를 산화-축합시켜 적자색의 색소를 생성한다. 이 적자색의 흡광도를 측정하여 NEFA의 농도를 구하였다.

도체 및 육질 특성

도체조사는 사양시험이 종료 된 공시축을 평창소재 장평도축장에서 도축한 후, 4°C에서 18 - 24시간 동안 도체를 현수 시킨 후 육량판정요인인 도체중(Carcass weight), 등지방두께(Back-fat thickness), 배최장근단면적(Longissimus muscle area)과 육질판정요인인 근내지방도(Mabling score), 육색(Meat color), 지방색(Fat color), 조직감(Texture), 성숙도(Maturity)를 소 도체등급판정기준에 의거하여 축산물등급판정사가 평가하였다. 육질분석을 위한 시료는 도체 등급 판정을 받은 후 제 13번째 늑골의 등심부위와 제 1번 요추의 등심부위 사이에서 일정량을 채취하고 개체 별로 냉장상태(0 - 5°C)를 유지시켜 실험실로 운반한 다음, 등심육의 수분, 조지방과 조단백질을 분석 하였다(AOAC, 1995). 육색(Meat color)은 근육을 절단하여 공기 중에 30분 정도 노출시킨 후 Chromameter (CR301, Minolta Co., Germany)로 명도(CIE L), 적색도(CIE a), 황색도(CIE b)를 CIE (Commision Internationale de Leclairage) 값으로 3 반복 측정하여 평균값으로 계산하였다. Folch et al. (1957)의 방법으로 methanol : chloroform (1 : 2,v/v)으로 지방을 추출하였으며 가수분해는 Morrison and Smith (1964)의 방법으로 분석하였다. 가열감량은 시료를 2 cm 두께로 일정하게 절단하여 무게를 측정하고 80°C 항온수조에서 시료내부 중심온도가 70°C 될 때까지 가열한 다음 꺼내서 냉각시켜 감량된 무게를 백분율(%)로 산출하였다.

지방산조성

지방산 조성은 Gas Chromatography (Varian 3600, Varian, USA)를 사용하여 분석하였으며 Gas Chromatography (GC) 조건은 silica capillary column (Omegawax 205, 30 m × 0.32 mm I.D., 0.25 µm film thickness)을 이용하였고

Injection port 온도는 250°C이었으며 검출기 온도는 260°C로 유지하였다. 분석결과는 전체 피크면적에 대한 비율(%)로 계산하였다.

통계처리

본 시험에서 얻어진 모든 성적들은 SAS (Statistical Analysis System software version 9.2)를 이용하여 비육 시기와 사양관리, 혈액 성분을 요인으로 분산분석 및 처리구간 유의성($p < 0.05$)을 Mixed model로 검증하였다.

Results and Discussion

거세한우 처리구별 일당증체량의 변화는 Table 3에 나타내었다. 거세한우의 육성기, 비육전기, 그리고 비육후기의 일당증체량을 비교해 본 결과 비육후기에서 유의적인 차이가 나타났다($p < 0.05$). 비육후기에서는 IRG 사일

Table 3. Average daily gain of Hanwoo steer raised with IRG silage and hay.

Treatments	Daily gain (kg)				p-value
	C	T1	T2	T3	
Growth (6 - 11 months)	0.64 ± 0.02	0.73 ± 0.09	0.62 ± 0.09	0.65 ± 0.04	0.7250
Early fattening (12 - 20 months)	0.83 ± 0.06	0.98 ± 0.03	0.93 ± 0.08	0.87 ± 0.06	0.8810
Final fattening (21 - 30 months)	0.83 ± 0.05a	0.86 ± 0.05a	0.64 ± 0.05b	0.81 ± 0.04a	0.0119

a, b: Means with different superscripts in the same row differ significantly ($p < 0.05$).

C, normal feeding; T1, IRG silage unlimited feeding before final fattening; T2, IRG silage unlimited feeding; T3, IRG hay unlimited feeding.

Table 4. Feed efficiency of Hanwoo steer using IRG silage and hay.

Treatments	Feed conversion rate			
	C	T1	T2	T3
Growth (6 - 11 months)	9.17	9.78	10.06	10.13
Early fattening (12 - 20 months)	11.22	14.99	15.03	15.93
Final fattening (21 - 30 months)	14.10	13.77	24.04	18.40

C, normal feeding; T1, IRG silage unlimited feeding before final fattening; T2, IRG silage unlimited feeding; T3, IRG hay unlimited feeding.

Table 5. Blood metabolite of fattening periods on Hanwoo steers raised with IRG silage and hay.

Treatments	Growth (6 - 11 months)				Early fattening (12 - 20 months)				Final fattening (21 - 30 months)				SEM	Time	Trt	T × T
	C	T1	T2	T3	C	T1	T2	T3	C	T1	T2	T3				
ALB (g/dL)	3.16	3.36	3.31	3.38	3.34	3.49	3.42	3.47	3.55	3.59	3.44	3.55	0.1	0.0001	0.0362	0.5160
GLU (mg/dL)	73.8	79.0	68.1	74.9	66.5	70.6	59.0	52.6	77.8	65.4	59.1	65.1	2.8	0.0011	0.0003	0.0926
TG (mg/dL)	10.9	8.56	11.2	8.06	12.8	13.1	13.3	13.5	15.0	16.4	17.2	17.1	0.9	0.0001	0.4915	0.4531
TP (g/dL)	6.44	6.38	6.88	6.31	6.75	6.63	6.96	6.59	6.88	6.72	6.91	6.79	0.1	0.0034	0.0011	0.7066
IP (mg/dL)	8.01	8.39	8.36	8.38	7.93	7.75	7.51	7.91	7.46	7.20	7.08	7.40	0.1	0.0001	0.2131	0.3258
NEFA (μEq/L)	336.2	497	438.8	467.8	251.3	272.0	229.6	282.6	294.0	284.4	208.1	242.1	28.3	0.0001	0.0874	0.1814

C, normal feeding; T1, IRG silage unlimited feeding before final fattening; T2, IRG silage unlimited feeding; T3, IRG hay unlimited feeding; SEM, standard error of mean; Time, time effect; Trt, treatment effect; T × T, interaction between time and treatment; ALB, albumin; GLU, glucose; TG, triglyceride; TP, total protein; IP, inorganic phosphorus; NEFA, non-esterified fatty acid.

리지 전구간 급여한 처리 2구에서만 일당증체량이 감소한 것으로 나타났고($p < 0.05$), IRG 사일리지를 비육전기까지만 급여한 처리 1구와 IRG 건초를 급여한 처리 3구에서는 차이가 없는 것으로 나타났다($p > 0.05$). 농후사료의 수준에 따라서 일당증체량이 영향을 받게 되는데(Kang et al., 1995), 한우의 경우 농후사료의 수준이 낮아질수록 일당증체량은 감소하는 것으로 나타났다. 또한 조사료의 수준이 높아질수록 일당증체량은 감소하는 경향이 있는데(Kang et al., 1997), 이는 상대적으로 농후사료의 제한급여에 의한 간접적인 효과로 사료된다. 특히 방목의 경우 일당증체량의 차이는 조사료의 차이도 있지만 방목에 의한 운동에 의해서 에너지 소모가 많아지는 영향일 수도 있다. Table 4에서는 사료요구율의 경우 비육전기에 수치적으로 높게 상승하는 것을 확인할 수 있고 비육후기 전구간 IRG 사일리지 급여구에서 높게 나타났다. 사료요구율의 경우 우방을 기준으로 평가를 해서 개체별 섭취율 평가는 이루어지지 않았다. Table 5에서 혈중 대사성분은 시험 개시 후 매 격월로 측정하여 분석하였다. 대사성분의 경우 환경과 사양방법에 따라서 변이가 많이 나타나므로, 비육기간 중 유의적인 변화를 분석하기 위해서 사료의 급여단계인 육성기(7 - 11개월), 비육전기(12 - 20개월), 그리고 비육후기(21 - 30개월)로 나누어서 분석을 하였다. 분석결과 혈중 대사성분 중 ALB, GLU, TP, NEFA의 함량이 성장 단계별 또는 처리구에 따라 유의적인 차이가 나타났다($p < 0.05$). 또한 TG와 IP의 경우 처리구별 차이는 없었으나, 성장 단계별로 차이가 나타났다($p < 0.05$). 혈중 ALB는 성장 단계별로 증가하였고, 대조구와 비교하여 처리구에서 모두 증가하는 결과가 나타났다($p < 0.05$). TP 함량 또한 성장 단계별로 증가하였고, 대조구 대비 처리 2구는 높게 나타났지만 다른 조사료 처리구에서는 대조구보다 낮게 나타났다($p < 0.05$). 혈중 ALB와 TP는 체내 단백질 생성 대사에 관여하는 대사산물로, 한우의 경우 성장 단계에 따라 단백질 생성이 높아지는 것을 확인하였다(Jang et al., 2016). 본 연구에서는 IRG조사료를 급여량을 높이면 혈중 단백질과 단백질 관련 대사산물 생성이 높아진다는 것을 확인하였다. 혈중 GLU 농도는 성장단계별로 감소하는 경향이 나타났고, IRG를 급여한 처리구의 혈중 GLU 농도가 대조구보다 낮게 나타나는 경향이 있었다($p = 0.092$). 전체 GLU 농도는 비육후기로 갈수록 농도가 떨어지는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 이러한 결과는 한우의 경우 비육기간 동안 혈중 GLU 농도가 감소한다는 선행연구와 일치하며(Jang et al., 2016), 조사료 급여량을 높일 경우 한우의 혈중 GLU 농도가 감소한다는 것은 이번 연구에서 나타난 결과라고 할 수 있다. 혈중 NEFA 농도는 성장단계별로 감소하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 처리구별로 유의적인 차이는 나타나지 않았는데, 비육후기에는 IRG를 급여한 처리구에서 대조구보다 낮은 경향을 나타내었다($p = 0.087$).

도체성적을 분석한 결과 일반사양인 대조구와 비교하여 처리 2, 3구의 등지방두께, 등심단면적, 도체중량이 낮

Table 6. Carcass characteristics of Hanwoo steer raised with IRG silage and hay.

Treatments	C	T1	T2	T3	p-value
BFT (mm)	15.17 ± 1.74a	13.00 ± 1.75a	8.14 ± 1.06b	8.88 ± 0.88b	0.0030
LMA (cm ²)	91.33 ± 3.66a	90.50 ± 4.61a	77.14 ± 3.86b	81.25 ± 2.86ab	0.0328
CW (kg)	416.17 ± 16.78a	408.17 ± 19.25a	340.14 ± 13.74b	363.75 ± 7.35b	0.0024
Dressing (%)	63.82 ± 0.94c	65.25 ± 1.08bc	68.19 ± 0.79a	67.41 ± 0.55ab	0.0044
Marbling score	5.67 ± 0.61	4.17 ± 0.65	4.14 ± 0.99	5.75 ± 0.90	0.3537
Meat color	5.17 ± 0.17	5.17 ± 0.17	5.00 ± 0.22	4.75 ± 0.16	0.3192
Fat color	3.00 ± 0.00	3.00 ± 0.00	3.00 ± 0.00	3.00 ± 0.00	.
Texture	1.17 ± 0.17	1.67 ± 0.21	1.57 ± 0.20	1.38 ± 0.18	0.3274
Maturity	2.00 ± 0.00	2.17 ± 0.17	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	0.3346
Quality grade (1++ : 1+ : 1 : 2, %)	17 : 50 : 33 : 0	0 : 17 : 33 : 33	14 : 14 : 14 : 57	25 : 38 : 0 : 38	
Yield grade (A : B : C, %)	17 : 50 : 33	33 : 33 : 33	57 : 43 : 00	63 : 38 : 00	

a - c: Means with different superscripts in the same row differ significantly ($p < 0.05$).

Abbreviations: C, normal feeding; T1, IRG silage unlimited feeding before final fattening; T2, IRG silage unlimited feeding; T3, IRG hay unlimited feeding; BFT, back-fat thickness; LMA, longissimus muscle area; CW, carcass weight.

게 나타났으며($p < 0.05$) 육량지수(Yield index)는 높게 나타났다(Table 3). 이는 사료에 의한 영향보다는 도축시기가 28개월령으로 대조구와 2개월 빨라서 나타나는 현상이라고 사료된다. 한우의 경락가격을 결정하는 등급성적 중 육량지수의 결정요인은 등지방두께, 도체중, 그리고 등심면적의 성적이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 대조구 대비 처리2, 3구의 등지방두께, 등심면적, 그리고 도체중 모두가 작게 나타났으나($p < 0.05$), 육량지수 측정 시 등지방두께에 관한 비중이 크게 차지하는 이유로 28개월령 도축한 처리2, 3구의 육량지수가 높게 나타난 것으로 사료된다. 특히 육량등급 출현율을 비교해본 결과 대조구의 경우 C등급 출현율이 33%인데 비교하여 처리2, 3구는 0%로 약 30% 이상 차이가 나는 것으로 나타났다. 이러한 결과로 한우의 육량등급을 높이기 위해서는 출하시기를 단축하는 것이 유리한 결과를 가져온다고 할 수 있다. 근내지방도의 경우 처리구별로 유의적인 차이는 나타내지 않았다($P = 0.354$). 하지만 육질등급 출현율의 분포를 비교해본 결과에서는 대조구에서 1등급 이상 출현율이 100%인데 비해, 처리1구는 50%, 처리2구는 42%, 그리고 처리3구는 63%를 나타내었다. 즉 평균적으로는 차이가 없으나 등급별 분포에서는 대조구 대비 약 50% 감소하는 결과를 나타냈다(Table 6).

처리2, 3구의 육색이 진하게 나온 것으로 보아 조사료를 오랫동안 먹인 소고기가 일반사양한 소고기에 비교하여 육색이 진하게 나타냈다(Table 7). 전단력은 유의적인 차이가 나타나지 않은 것으로 보아 IRG 사일리지 및 건초를 다급한 거세한우의 연도가 나빠지지 않는 것으로 나타났다(Table 7). Table 8에서는 조사료를 다급한 소고기의 지방산에는 포화지방산의 분포가 높아지는 것으로 나타났고 불포화 지방산인 oleic acid 농도는 감소하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 이 결과는 선행연구에 보고된 조사료 다급 비육우는 근내지방도가 감소하고, 지방산 조성 중 oleic acid 과 같은 단가불포화지방산의 비율을 감소시킨다는 보고와 유사한 결과이다(Chung et al., 2006). 또한 조사료를 다급한 경우 linolenic acid의 비율을 높인다는 선행연구가 있었으나, 본 연구에서 linolenic acid의 비율에는 영향을 미치지 않았다. 이는 농후사료의 비율을 대조구 대비 66%로 급여한 것이 n3지방산의 변화에는 영향을 나타내지 않은 것으로 보인다. 선행연구에 의하면 지방산의 변화는 지방의 용점을 변화시켜 소고기의 연도에도 영향을 미친다고 보고되었다(Chung et al., 2006; Smith et al., 2009). 특히 stearic acid이 높으면 용점이 높아지고, oleic acid이 높으면 용점은 낮아진다고 알려져 있는데, 본 연구에서는 처리구에서 stearic acid의 비율이 높음에도 불구하고, 연도는 영향이 없는 것으로 나타났다. 이는 농후사료 66%의 처리는 생화학적인 영향을 주어 지방산의 변화는 유도하였지만, 전단력까지 영향을 주는 것은 아니라는 결론을 도출하였다. 체중과 근내지방도의 상관관계 그래프(Fig. 1A)에서 일반사양은 높은 도체중과 근내지방도에 분포하고 있으며, 28개월 출하를 한 처리2구와 3구의 도체중이 낮게 분포되어있는 것으로 나타났다. 이는 28개월령 이후에 근내지방도는 차이가 나지 않지만 도체중의 경우 28개월령과 30개월령의 차이가 나타난다는 것을 보여준다. 단일불포화지방산인 palmitoleic acid는 일반사양과 처리1구에서 높게 분포하고 있으며(Fig. 1B), 처리2구와 3구에서는 높은 포화지방산과 낮은 palmitoleic acid의 분포가 나타났다. 이 그래프는 포화지방산에서 단일 불포화지방산을 합성하는 stearoyl CoA desaturase (SCD) 효소의 활성도를 보여주는 index 그래프로써 SCD 활성화를 비교해 본 결과 일반사양과 처리1구의 소들이 높은 활성화를 나타내는 것으로 나타났다. 육량지수는 일반사양과 비교하여 처리2, 3구에서 높게 분포되어 있다(Fig. 1C). 육량지수와 근내지방도는 전체적으로 음의 상관관계를 가지고 있으며, 출하월령이 낮을수록 높은 육량지수를 나타내고 있었다. Oleic acid와 근내지방도는 양의 상관관계를 나타내고 있었다(Fig. 1D). 특히 28개월령에 출하한 처리2구와 3구의 경우 oleic acid의 농도가 낮게 나타났고, 일반사양 군에서 가장 높은 oleic acid 분포가 나타났다. 28개월령 IRG 전구간 급여 군에서는 가장 낮은 등심단면적과 oleic acid 비율이 나타났는데 변이가 다양해서 개체별 차이가 많이 나는 것을 알 수 있었다. 하지만 일반 고급육 사양시스템을 수행한 대조구의 경우 전체가 높은 근내지방도와 높은 oleic acid에 분포하고 있었다(Fig. 1D). 선행연구에 의하면 등심 내 oleic acid의 분포를 좌우하는 것은 SCD효소의 발현과 활성에 영향을 많이 받게 된다(Chung et al., 2006; Smith et al., 2009). SCD의 활성은 개체의 유전적 차이에 의해서 좌우가 되는데, 동일 환경조건에서도 SCD의 활성은 개체별로 다양하게 발현된다. 하지만 최

근 보고에 의하면 한우의 고급육 사양프로그램과 같은 특정 환경하에서는 SCD활성 또는 oleic acid분포가 안정되게 나타나는 현상이 보고되었다(Chung, 2016). 본 연구에서도 선행연구와 유사하게 일반 고급육 사양시스템에서의 거세한우 근내지방도와 oleic acid의 비율이 안정되게 나타났고, 조사료를 다급하는 경우에 개체별로 다양한 oleic acid 비율이 나타나는 것을 확인하였다.

Table 7. Physico-chemical analysis of LD muscle in Hanwoo steer raised with IRG silage and hay.

Treatments	C	T1	T2	T3	p-value
Meat color					
CIE L*	35.16 ± 0.90b	36.07 ± 0.91b	38.57 ± 0.48a	38.81 ± 0.82a	0.0079
a*	20.88 ± 1.39	22.28 ± 0.40	20.80 ± 0.58	20.78 ± 0.70	0.4815
b*	9.45 ± 0.87	10.09 ± 0.19	8.86 ± 0.37	9.09 ± 0.44	0.3227
Hunter L*	29.31 ± 0.78b	30.09 ± 0.79b	32.27 ± 0.43a	32.50 ± 0.73a	0.0082
a*	16.04 ± 1.24	17.29 ± 0.36	16.36 ± 0.50	16.39 ± 0.66	0.6673
b*	5.91 ± 0.54	6.33 ± 0.12	5.80 ± 0.22	5.96 ± 0.30	0.6510
Shear force (kg/0.5in ²)	3.57 ± 0.24	3.42 ± 0.31	3.72 ± 0.35	3.29 ± 0.29	0.7378
Moisture (%)	63.61 ± 1.68	64.95 ± 1.65	66.79 ± 2.30	63.62 ± 2.36	0.6741
Crude fat (%)	14.60 ± 2.35	12.44 ± 2.13	10.89 ± 3.03	14.60 ± 2.97	0.7246
Crude protein (%)	20.07 ± 0.65	20.51 ± 0.58	21.21 ± 0.80	20.61 ± 0.69	0.7320

a, b: Means with different superscripts in the same row differ significantly ($p < 0.05$).

C, normal feeding; T1, IRG silage unlimited feeding before final fattening; T2, IRG silage unlimited feeding; T3, IRG hay unlimited feeding.

Table 8. Fatty acid composition of LD muscle in Hanwoo steer raised with IRG silage and hay (%).

Treatments	C	T1	T2	T3	p-value
Myristic acid (C14:0)	3.22 ± 0.27	3.42 ± 0.24	3.33 ± 0.17	3.56 ± 0.17	0.7014
Palmitic acid (C16:0)	27.17 ± 1.00b	28.61 ± 0.82ab	29.71 ± 0.62a	29.53 ± 0.49a	0.0842
Palmitoleic acid (C16:1 n7)	4.64 ± 0.13	4.87 ± 0.25	4.04 ± 0.28	4.34 ± 0.30	0.1718
Stearic acid (C18:0)	11.00 ± 0.17b	11.83 ± 0.26ab	12.60 ± 0.32a	12.36 ± 0.58a	0.0563
Oleic acid (C18:1 n9)	51.18 ± 1.44a	48.46 ± 1.07ab	47.76 ± 1.03b	47.64 ± 0.51b	0.0782
Vaccenic acid (C18:1 n7)	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	.
Linoleic acid (C18:2 n6)	1.93 ± 0.19	1.93 ± 0.16	1.74 ± 0.14	1.77 ± 0.11	0.7078
γ -Linoleic acid (C18:3 n6)	0.05 ± 0.00	0.05 ± 0.00	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.00	0.7168
Linolenic acid (C18:3 n3)	0.08 ± 0.01	0.11 ± 0.01	0.11 ± 0.01	0.12 ± 0.01	0.1292
Eicosenoic acid (C20:1 n9)	0.51 ± 0.04	0.44 ± 0.04	0.44 ± 0.04	0.45 ± 0.03	0.5296
Arachidonic acid (C20:4 n6)	0.21 ± 0.04	0.28 ± 0.04	0.21 ± 0.05	0.18 ± 0.02	0.3129
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	.
Saturated fatty acid	41.38 ± 1.38b	43.86 ± 1.01ab	45.64 ± 0.78a	45.45 ± 0.44a	0.0111
Unsaturated fatty acid	58.62 ± 1.38a	56.14 ± 1.01ab	54.36 ± 0.78b	54.55 ± 0.44b	0.0111
Mono-unsaturated fatty acid	56.34 ± 1.39a	53.78 ± 0.96ab	52.24 ± 0.89b	52.43 ± 0.42b	0.0178
Poly-unsaturated fatty acid	2.28 ± 0.24	2.37 ± 0.18	2.12 ± 0.17	2.11 ± 0.12	0.6883

a, b: Means with different superscripts in the same row differ significantly ($p < 0.05$).

C, normal feeding; T1, IRG silage unlimited feeding before final fattening; T2, IRG silage unlimited feeding; T3, IRG hay unlimited feeding.

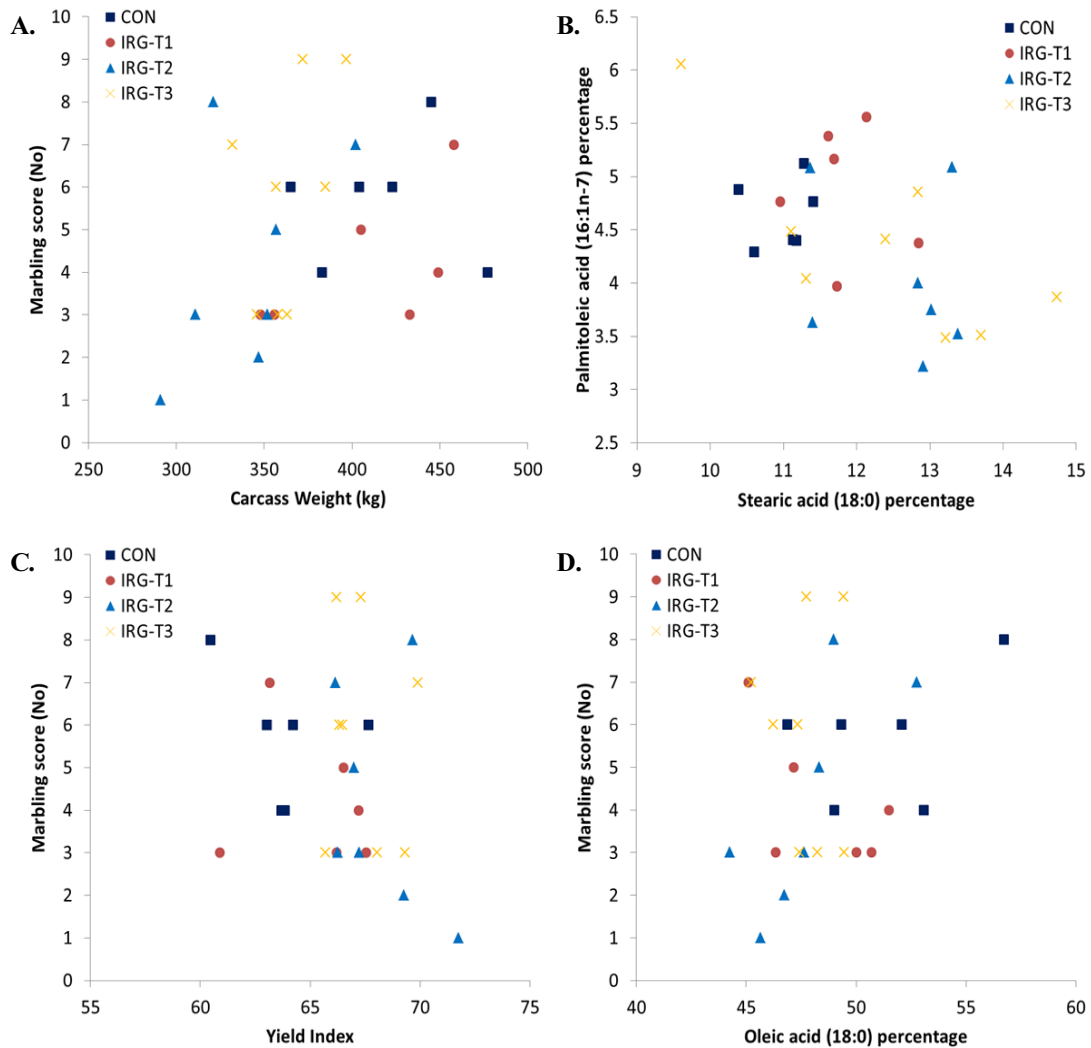


Fig. 1. Biological analysis of LD muscle in Hanwoo steer raised with IRG silage and hay. (A) Marbling score and carcass weight differences in IRG feeding, (B) Palmitoleic acid and stearic acid differences in IRG feeding, (C) Marbling score and yield index differences in IRG feeding, (D) Marbling score and oleic acid differences in IRG feeding.

Conclusion

본 시험은 거세한우 27두를 완전임의 배치하여 일반사양대비 배합사료 66%정도와 담작지 사료작물인 IRG 사 일리지와 건초를 급여하여 성장, 혈액성상 및 도체중의 변화를 비교하였다. 처리기간에 따라 혈중 GLU와 NEFA 가 감소하는 것으로 나타났으며, TP과 TG는 감소하였다. 비육전기까지 급여한 처리1구에서 육질에는 크게 차이가 없는 것으로 나타났다. 처리2, 3구의 경우 육질에는 차이가 없었으나 도체중의 차이로 도체성적이 하락한 것으로 나타나 조사료 다급시 비육기간을 늘려 도체중을 높이는 것이 필요하다.

Acknowledgements

본 연구는 2016년도 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ01091002)의 지원에 의하여 수행하였습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

References

- Ahn BH, Lyu JS, Kang HB, Ahn DW, Chung JS. 2000. Effects of levels of roughage on performance and beef quality of Hanwoo steers. *Korean Journal of Animal Science* 42:619-628. [in Korean]
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. *Official methods of analysis*. 16th ed, Arlington, VA, USA.
- Chung KY, Lunt DK, Choi CB, Chae SH, Rhoades RD, Adams TH, Smith SB. 2006. Lipid characteristics of subcutaneous adipose tissue and *M. longissimus thoracis* of Angus and Wagyu steers fed to US and Japanese endpoints. *Meat Science* 73:432-441.
- Chung H. 2016. Expression levels of the bovine SCD gene are significantly associated with fatty acid composition of cattle. *Journal of Animal Science* 94(Suppl 5):164.
- Folch J, Lees M, Sloane-Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 226:497-509.
- Jang SC, Yang SH, Lee EM, Kang DH, Park BH, Kim HJ, Kwon EG, Chung KY. 2016. Change of performance, serum metabolite, and carcass characteristics on high energy diet for days of feeding of Hanwoo steers. *Korean Journal of Agricultural Science* 43:810-817. [in Korean]
- Kang SW, Jang SS, Chung YH, Shin KJ, Son YS. 1995. Effect of concentrate feeding levels by growth-stage on feed efficiency, meat quantity and quality in growing-fattening Korean native bulls. *Korea Journal of Animal Nutrition & Feedstuffs* 19:495-506. [in Korean]
- Kang SW, Park NG, Jin SH, Im SK, Kim YK. 1997. Effect of grazing period during the growing step on feed efficiency, meat quantity and quality in Hanwoo steers. *Korea Journal of Animal Nutrition & Feedstuffs* 21:141-156. [in Korean]
- Kim DH, Kang DS, Moon JY, Shin HY, Shon GM, Rho C W, Kim JG. 2009. Study on cropping system and nitrogen fertilizers of whole crop barley and leguminous crop for production of good quality forage. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science* 29:197-210. [in Korean]
- KREI (Korea Rural Economic Institute). 2013. *Trend of agricultural import from FTA partners*. Naju, Korea. [in Korean]
- Morrison WR, Smith LM. 1964. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol. *Journal of Lipid Research* 5:600-608.
- Sithyphone K, Yabe M, Horita H, Hayashi K, Fumita T, Shiotsuka Y, Gotoh T. 2011. Comparison of feeding systems: Feed cost, palatability and environmental impact among hay-fattened beef, consistent grass-only-fed beef and conventional marbled beef in Wagyu (Japanese Black cattle). *Animal Science Journal* 82:352-359.
- Smith SB, Kawachi H, Choi CB, Choi CW, Wu G, Sawyer JE. 2009. Cellular regulation of bovine intramuscular adipose tissue development and composition. *Journal of Animal Science* 87:E72-E82.