

# 옥수수 사일리지가 거세한우의 성장, 도체특성 및 등심 유전자 발현에 미치는 영향

## Effects of Corn Silage on Growth Performance, Carcass Characteristics, and Gene Expression of *Longissimus dorsi* Muscle Biopsy of Hanwoo Steers

김의형<sup>1</sup>

U. H. Kim  
국립축산과학원  
한우연구소<sup>1</sup>

강동훈<sup>2</sup>

D. H. Kang  
한국농수산대학  
한우학과<sup>2</sup>

박보혜<sup>2</sup>

B. H. Park  
한국농수산대학  
한우학과<sup>2</sup>

장선식<sup>1</sup>

S. S. Jang  
국립축산과학원  
한우연구소<sup>1</sup>

정기용<sup>2\*</sup>

K. Y. Chung<sup>\*</sup>  
한국농수산대학  
한우학과<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hanwoo Research Institute, National Institute of Animal Science, RDA, Wanju, 55365, Korea

<sup>2</sup> Department of Beef Science, Korea National College of Agriculture & Fisheries, Jeonju 54874, Korea

### ABSTRACT

This study was conducted to investigate effects of corn silage on final fattening performance, carcass characteristics, and gene expression of Hanwoo *Longissimus dorsi* muscle biopsy. Twenty one steers with initial body weight of control 291.5±6.5kg, corn silage 291.7.0±17.3kg were used for 18 months of fattening period. Average daily gain of corn silage tended to increase compared to control in early fattening period(p=0.092). Feed conversion ratio of corn silage was higher than control in early fattening(p=0.005). The animals in corn silage increased A grade 23% in meat quantity than the control. Myogenic gene expression on the *Longissimus dorsi* biopsy were compared between corn silage and control. The level of myosin heavy chain(MHC) I, IIX mRNA were greater than the control in the whole period(p<0.05). The level of Peroxisome proliferator-activated receptor  $\gamma$  (PPAR  $\gamma$ ) mRNA was greater than the corn silage(p<0.05). In conclusion, corn silage will be possible to use as an alternative concentrate feeding system.

**Key words :** Adipogenesis, Carcass characteristics, Myogenesis, Hanwoo

Received March 28, 2022  
Revised April 06, 2022  
Accept April 06, 2022

\*Correspondence  
Ki Yong Chung  
cky95@korea.kr

### 서론

우리나라에서 농림업 생산액은 2020년 기준으로 52조 1,537억원 인데, 이중 축산이 차지하는 비중은 20조 3,472억원으로 약 39%를 차지하고 있다(농림축산식품부, 2021). 축산수익 중 한우는 생산액 5조 7,246억원으로 축산 중 3위를 차지하고 있으므로 축산에서도 한우의 중요성

은 높다고 할 수 있다. 이러한 한우산업을 유지하는데 중요한 부분이 사료공급이라고 할 수 있는데 일반적으로 한우의 사료급여 체계는 배합사료, 조사료, 그리고 혼합 형태로 구분할 수 있다. 양질의 조사료가 생산되는 대규모 목초지에서 방목 사육하는 축산 선진국에 비해 우리나라는 국토면적이 협소하고, 단위면적당 인구밀도가 높아 방목사육에 한계가 있으며 그로 인해 수입 또는 국내산 조사료를 많이 활용



용하는데 이는 생산비의 큰 비중을 차지하게 된다. 최근 소비자들의 건강에 대한 관심과 수요가 늘어나면서 지방이 적고, 풀을 먹고 건강하게 자란 소고기에 대한 관심이 늘어나고 있다. 이러한 상황에서 소고기 생산의 다양성과 생산비의 감소를 유지하기 위해서는 새로운 방식의 사양시스템이 필요하다. 또한 최근 기후변화로 인한 사료의 생산성 저하와 곡물 수요의 증가(바이오 에탄올, 중국과 같은 축산 신흥국의 축산기반 확대)로 곡물가격이 상승하고 있고, 국제 곡물가격 상승에 따른 사료비 상승으로 생산비 중 사료비가 2020년에 전년 대비 5.5% 증가하였다(통계청, 2021). 비육우 생산비중 40~50%를 차지하는 사료비의 절감을 위해서는 현재 배합사료 위주의 사육체계를 개선할 필요가 있다. 하지만 배합사료 급여를 전혀 하지 않는다면 고급육 생산이 어려우므로 배합사료 비율을 줄이고 조사료 비율을 높이면서 한우 고급육으로 생산할 수 있는 방법이 필요하다. 본 연구에서는 옥수수 사일리지 급여가 거세한우의 성장, 도체특성 및 등심 근육내 유전자 발현에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 공시동물

본 연구는 농촌진흥청 국립축산과학원 한우연구소에서 출하하기 전 18개월 동안 진행하였다. 시험축은 한우연구소의 거세한우(12개월령 개시체중 291.7 ± 13.3 kg) 21두를 공시하였고, 대조구는 6두, 처리구는 15두를 처리하였다.

### 사양관리

사양관리는 대조구는 비육 전기, 비육 후기의 단계에 맞춰 배합사료와 볏짚으로 비육하였으며, 처리구는 배합사료를 대조구의 66% 정도로 급여하였고, 옥수수 사일리지는 무제한으로 급여하였다(Table. 1). 사료급여는 1일 2회(08:00, 16:00) 배분하여 부족하지 않도록 제공하였다. 물과 무기물은 항상 섭취할 수 있도록 하였으며, 시험사료의 일반성분 함량은 각각의 시료(2.0 kg)를 수집하여 AOAC 방법에 준하여 분석하여 Table. 2에 나타내었다.

**Table 1.** Feeding amount of concentrate and pasture during fattening period on upland field group

	Early fattening		Late fattening	
	Control	corn silage	Control	corn silage
Concentrate, kg	6.0 ~ 8.5	4.0 ~ 5.6	8.5 ~ 9.7	5.6 ~ 7.0
Rice straw, kg	2.2 ~ 2.0	.	2.0 ~ 1.5	.
Corn silage, kg	.	8.4 ~ 9.8	.	9.8 ~ 8.4

**Table 2.** Chemical compositions of concentrate, rice straw and corn silage (% DM)

Chemical composition	Concentrate		Rice straw	Corn silage
	Early fattening	Late fattening		
Dry matter	89.27	88.24	90.68	23.98
Crude protein	13.35	12.83	2.70	2.04
Ether extract	5.20	5.92	1.98	1.13
Crude ash	6.15	5.44	11.46	1.58
Crude fiber	7.02	8.41	34.57	7.48
TDN, %	72.00	73.50	.	.

## 체중 측정 및 일당 증체량

체중 측정은 시험 개시일 두 달에 한 번씩 총 9번에 걸쳐 측사 내에 설치된 우형기(Newton HT-501A, CAS Korea, Korea)를 이용하여 측정하였다. 또한 체중 측정은 오전 사료급여 전에 시행하였다. 일당 증체량은 두 달 간격으로 측정된 값의 차로 구하였고, 대조구 및 처리구의 개체별 증체량을 시험일 수로 나누어 일당 증체량을 구하였다.

## 사료 섭취량

시험이 진행되는 18개월간 1일 2회 사료를 급여한 후 익일 오전 사료급여 전에 배합 사료와 조사료의 잔량을 측정하여 사료 섭취량을 측정하였다. 또한 두 달간 체중을 측정하여 증체량을 구하였다. 사료요구율은“(사료섭취량 × 건물량) / 증체량”으로 구하였다.

## 도체성적

도체조사는 사양시험이 종료된 공시축을 평창소재 도축장에서 도축한 후, 4℃에서 18~24시간 동안 도체를 현수시킨 후 육량판정요인(도체중, 등지방두께, 배최장근단면적)과 육질판정요인(근내지방도, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도)을 소 도체등급판정기준(KAPE)에 의거하여 축산물등급판정사가 평가하였다.

## Biopsy

시료 채취는 체중 측정과 같이 진행하였으며, 시험개시 전(7개월령), 18개월령, 30개월령 총 3번에 걸쳐 시료를 채취하였다. 채취 부위는 제13 흉추와 제1 요추 사이인 배최장근 부위에서 채취하였다. 동물용 이발기(Progress horse clioper, Andis, USA)를 이용하여 털과 이물질을 제거한 후 lidocaine (Lidocaine HCl Hydrate 2%, Daihan, Seoul, Korea)으로 국소 마취하였고, povidone iodine 과 70% ethanol을 이용하여 절개할 부위를 깨끗이 소독을 하였다. Knife handle (018-0104, Solco, Pyeongtaek, Korea)를 이용하여 약 1cm가량 절개를 하였다. 다음으로 biopsy needle (B type, Samyoung, Daejeon, Korea)를 이용하여 근육조직 시료를 약 2g 정도를 채취하여 medical tube (25ml, SPL, Pocheon, Korea)에 옮겨 담은 후 액체 질소 통에 넣어 급속 냉동하였다. 시료는 분석 전까지 -80℃ 초저온 냉동고에 보관했다

## RNA 추출 및 cDNA 합성

-80℃ 초저온 냉동고에 저장되어 있는 근육조직 시료를 꺼내어 2mL의 screw tube에 옮겨 담은 후 TRIzol (200ml, Life technologies, USA) 1mL와 구슬 2개를 넣었다. Homogenizer (Tissuelyser II, Qiagen, Hilden, Germany)를 이용하여 2분간 시료를 분쇄하였다. 새로운 micro tube에 옮겨 담은 후 chloroform 100μL를 첨가한 후 vortex를 이용하여 섞어주었다. 원심분리기를 이용하여 12,000rpm 15분간 원심분리하였다. 상층액을 새로운 micro tube에 옮겨 담은 후 isopropyl alcohol을 동량으로 첨가하였다. 다시 12,000rpm, 10분간 원심분리를 한 후 상층액을 제거하였다. 다음으로 75% ethanol을 넣고 7,500rpm, 5분간 원심분리를 한다. 상층액을 제거한 뒤 건조하였다. DEPC-treated water (Diethyl pyrocarbonate, TNT research, Jeonju, Korea)를 넣어 RNA를 녹였다. 추출된 RNA는 agarose gel electrophoresis를 한 뒤 gel documentation system (170-8170, Bio-Rad, USA)를 통하여 RNA의 유무를 확인하였다. 이후 microplate reader (Epoch, Bio-Tek, USA)를 이용하여 total RNA의 농도를 확인한 후 500ng/μL 농도로 희석하였다. cDNA synthesis kits (FQS-301, Toyobo, Japan)와 PCR (PC-818, Astec, Japan)을 이용하여 cDNA synthesis kits의 protocol과 같이 cDNA를 합성하였다.

## Real-time PCR

본 실험에서 옥수수 사일리지로 66%로 대체 급여한 후 배최장근의 유전적인 발현을 알아보고자 real-time PCR (7500, Applied biosystems, USA)을 실시하였다. 분석항목 유전자는 housekeeping gene으로 ribosomal protein subunits 9 (RPS9)을 이용하였으며, 근육에서 발현하는 유전자는 myogenin, myosin heavy chain type I (MHC I), myosin heavy chain type IIA (MHC II A), myosin heavy chain type IIX (MHC IIX)를 이용하였다. 지방에서 발현되는 CCAAT/enhancer-binding protein β (C/EBPβ), Peroxisome proliferator-activated receptor γ (PPARγ), Stearoyl-CoA desaturase (SCD)를 이용하였다. Real-time PCR에 이용되는 primer의 염기서열과 probe의 염기서열을 Table. 3과 같이 주문 제작하였다. PCR은 증류수 5.5μL과 cDNA 2μL에 각각의 forward 및 reverse primer를 각각1μL와 probe 0.5μL를 넣었다. 마지막으로 master mix (QPK-

101, Toyobo, Japan) 10 $\mu$ L을 넣은 후 최종 20 $\mu$ L의 용량으로 맞추었다. PCR 조건은 holding stage에서 50 $^{\circ}$ C 2분 후 95 $^{\circ}$ C 10분, cycling stage에서 95 $^{\circ}$ C 15초 후 60 $^{\circ}$ C 1분 반응을 40cycle로 진행하였다.

## 통계분석

본 실험의 성장 및 도체성적은 one-way ANOVA를 이용하여 분석하였고, gene expression은 R program (R software version 4.1.2)를 이용하여 완전 임의 배치 mixed model (PROC MIXED) 분석 및 Duncan's post-hoc test를 이용하여 상관관계의 유의성( $p < 0.05$ )을 검증하였다.

**Table 3.** Chemical compositions of concentrate, rice straw and corn silage (% DM)

Item	Accession No.	Sequence (5' to 3')
RPS9		
Forward		GAGCTGGGTTTGTGCGCAAAA
Reverse		GGTCGAGGCGGGACTTCT
Probe	DT860044	6FAM-ATGTGACCCCGGGAGACCCTTC-TAMRA
Myogenin		
Forward		AGAAGGTGAATGAAGCCTTCGA
Reverse		GCAGGCGCTCTATGTAAGTGGAT
Probe	AF091714	6FAM-CCCAACCAGAGGCTGCCCAAAGT-TAMRA
MHC I		
Forward		CAGCTCCAGAAGATCGACAAATC
Reverse		CTGCTCCACTTGACTGACGTTT
Probe	AB059400	6FAM-AGGGCCGCTTCCATGCCC-TAMRA
MHC IIA		
Forward		CCCCGCCCCACATCTT
Reverse		TCTCCGGTGATCAGGATTGAC
Probe	AF091714	6FAM-TCTCTGACAACGCCTATCAGTTCAT-TAMRA
MHC IIX		
Forward		GGCCCACTTCTCCCTCATT
Reverse		CCGACCACCGTCTCATTCA
Probe	AB059399	6FAM-CGGGCACTGTGGACTACAACATTACT-TAMRA
C/EBP $\beta$		
Forward		CCAGAAGAAGGTGGAGCAACTG
Reverse		TCGGGCAGCGTCTTGAAC
Probe	NM176788	6FAM-CGCGAGGTCAGCACCTGC-TAMRA
PPAR $\gamma$		
Forward		ATCTGCTGCAAGCCTTGGA
Reverse		TGGAGCAGCTTGGCAAAGA
Probe	NM181024	6FAM-CTGAACCACCCGAGTCCTCCAG-TAMRA
SCD		
Forward		TGCCACCACAAGTTTTTCAG
Reverse		GCCAACCCACGTGAGAGAAG
Probe	AB075020	6FAM-CCGACCCCAATTCCCG-TAMRA

## 결과 및 고찰

### 성장

대조구와 옥수수 사일리지 급여구의 성장에 관련된 결과를 Table. 4에 나타내었다. 출하체중에서 대조구가 옥수수 사일리지 급여구에 비해 수치적으로 높게 나타났으나, 유의적인 차이가 없었다( $P>0.05$ ). 일당 증체량에서는 비육 전기에 옥수수 사일리지 급여구가 대조구 대비 높은 경

향이 나타났으며( $P=0.092$ ), 사료요구율에서도 옥수수 사일리지 급여구가 높은 요구량을 보였다( $P=0.005$ ). 선행연구에 의하면 한우는 배합사료의 수준이 낮아질수록 일당 증체량은 감소하였는데(Kang et al., 1995; Paek et al., 2005), 본 연구에서 옥수수 사일리지 급여구는 배합사료의 66% 수준으로 급여하여도 성장기간 중 체중에서 차이가 나타나지 않았다. 이는 성장률에는 큰 차이가 나타나지 않는 것으로 보여진다.

**Table 4.** Effect of corn silage diet on growth performance of Hanwoo steers

	Control	Corn silage	SEM	p-value
Initial body weight, kg	291.50	291.71	0.11	0.995
Final body weight, kg	753.83	722.33	15.75	0.498
-----				
Average daily gain, kg				
Early fattening	0.82	0.93	0.05	0.092
Late fattening	0.83	0.67	0.08	0.117
-----				
Feed conversion rate, kg				
Early fattening	11.76	18.57	3.40	0.005
Late fattening	13.87	26.10	6.12	0.264

### 도체특성

Table. 5는 도체특성 및 등급판정 결과를 나타내었다. 육량등급에 판정 기준 항목에서 큰 비중을 차지하는 도체중에서 대조구와 옥수수 사일리지 급여구 모두 유의적 차이가 없었으며( $P>0.05$ ), 등심단면적 및 등지방두께에서도 모두 차이가 나타나지 않았다( $P>0.05$ ). 육질등급의 판정 기준인 근내지방도에서도 대조구가 수치적으로 높게 나타났지만, 옥수수 사일리지 급여구와 차이가 나타나지 않았다( $P>0.05$ ). 도체등급판정 중 육질등급 결과에서는 대조구가 1\*\*등급 출현율이 17%로 나타났다. 선행연구 중 화우 사양시험에

서 비육기간 중 사료의 에너지가가 증가할수록 근내지방도가 높아졌으며(Owens et al., 1993; Chung et al., 2006; Kim et al., 2007), 비육우의 축적 지방량은 비육기간 중 총 에너지 섭취량이 높을수록 많아지는 것으로 알려져 있다(Berg et al., 1978; Fortin et al., 1980a). 본 연구에서도 대조구의 1\*\*등급 출현율이 높게 나타난 것은 비육 전기부터 후기까지 옥수수 사일리지 급여구 보다 배합사료 급여량이 많았기 때문으로 이와 같은 결과가 나타난 것으로 보여진다. 육량등급에서는 옥수수 사일리지 급여구가 육량 A등급 출현율이 23% 높게 나타났다.

**Table 5.** Effect of corn silage diet on carcass characteristics and meat grade of Hanwoo steers

	Control	Corn silage	SEM	p-value
Carcass weight, kg	416.17	404.07	6.05	0.653
Back-fat thickness, mm	15.17	13.00	1.08	0.494
Rib-eye area, cm <sup>2</sup>	91.33	85.60	2.87	0.230
Dressing, %	63.82	64.72	0.45	0.660
Marbling score	5.67	5.00	0.33	0.372
Quality grade				
(1 <sup>++</sup> : 1 <sup>+</sup> : 1 : 2, %)	17 : 50 : 33 : 0	0 : 47 : 33 : 20		
Yield grade				
(A : B : C, %)	17 : 50 : 33	40 : 33 : 27		

## 등심근육 내 유전자 발현

거세한우 성장단계별 등심근육 내 유전자 발현 변화를 확인하기 위해 근육 biopsy를 이용하여 변화를 측정하여 나타냈다(Fig. 1, 2). 근육 발달에 관여하는 myogenin (P=0.054), MHC I (P=0.019), MHC IIA (P=0.094) 및 MHC IIX (P=0.044) 유전자의 변화는 옥수수 사일리지 급여구가 대조구 보다 많이 발현하는 결과가 나타났으며, myogenin (P=0.067) 및 MHC IIX (P=0.004)는 성장단계별에 따른 유의적인 차이도 나타냈다(Fig. 1). 근육 발달 관련 전사 제어요인인 myogenin은 대조구 및 옥수수 사일리지 급여구 모두 성장단계별로 감소하였나, 근육의 타입을 결정하는 MHC의 발현은 옥수수 사일리지 급여구가 일반사양인 대조구 보다 30개월령까지 발현량이 높게 나타났다. 선행연구에서 비육 후기 조사료 급여구가 배합사료 급여구 보다 근육발달 유전자 발현이 높게 나타났으며(Vestergaard et al., 2000; Shibata et al., 2011), MHC 축적이 골격근 비대에 많은 영향을 미치는 결과를 나타냈다(Vandenburgh and Kaufman, 1979). 본 연구에서도 선행연구와 같이 옥수수 사일리지를 다급할 경우 근육의 발달에 영향을 많이 미치게 되는 것으로 보여진다.

지방전구세포 및 지방발달 초기에 관여하는 C/EBPβ 유전자 변화에서 옥수수 사일리지 급여구에서 많이 발현하

는 경향이 나타났으나(P=0.085), 성장단계별에 따른 유의적인 변화는 없었다(P>0.05). 지방발달 중기 또는 후기에 발현되는 전사제어 요소인 PPARγ에서는 대조구가 옥수수 사일리지 급여구 보다 많이 발현하는 결과를 나타냈으며(P=0.007), 성장단계별에 따른 유의적인 변화도 대조구 및 옥수수 사일리지 급여구 모두 증가하는 결과를 나타냈다(P=0.018). 지방의 생합성에 관련된 SCD는 대조구가 옥수수 사일리지 급여구 보다 수치적으로 많이 발현하였으나 유의적인 차이는 없었다(P>0.05). 다만 대조구 및 옥수수 사일리지 급여구 모두 비육 전기에 많이 발현하다가 비육 후기에 감소하는 결과를 나타냈다(P=0.006). 이러한 변화는 선행연구에서도 나타났는데 근육내 지방관련 유전자는 발달단계에 따라서 단계적으로 발현이 되는데 발달 초기에는 C/EBPβ가 발현하고 시간이 지나며 중·후반에 발현되는 PPARγ와 최종적으로 SCD가 발현하면서 지방의 생합성에 관련된 생리화학적 과정을 나타내었다(Du et al., 2009). 초기지방발달에 관여하는 유전자인 C/EBPβ에서는 옥수수 사일리지 급여구가 대조구 보다 발현하는 영향이 큰 것으로 보여졌으며, 지방발달 중기 이후에 관여하는 PPARγ 및 SCD에서는 대조구가 옥수수 사일리지 급여구 보다 많이 발현하는 것으로 보아 비육구간에서 배합사료의 급여가 근내지방 발달에 많은 영향을 미치는 것으로 보여졌다.

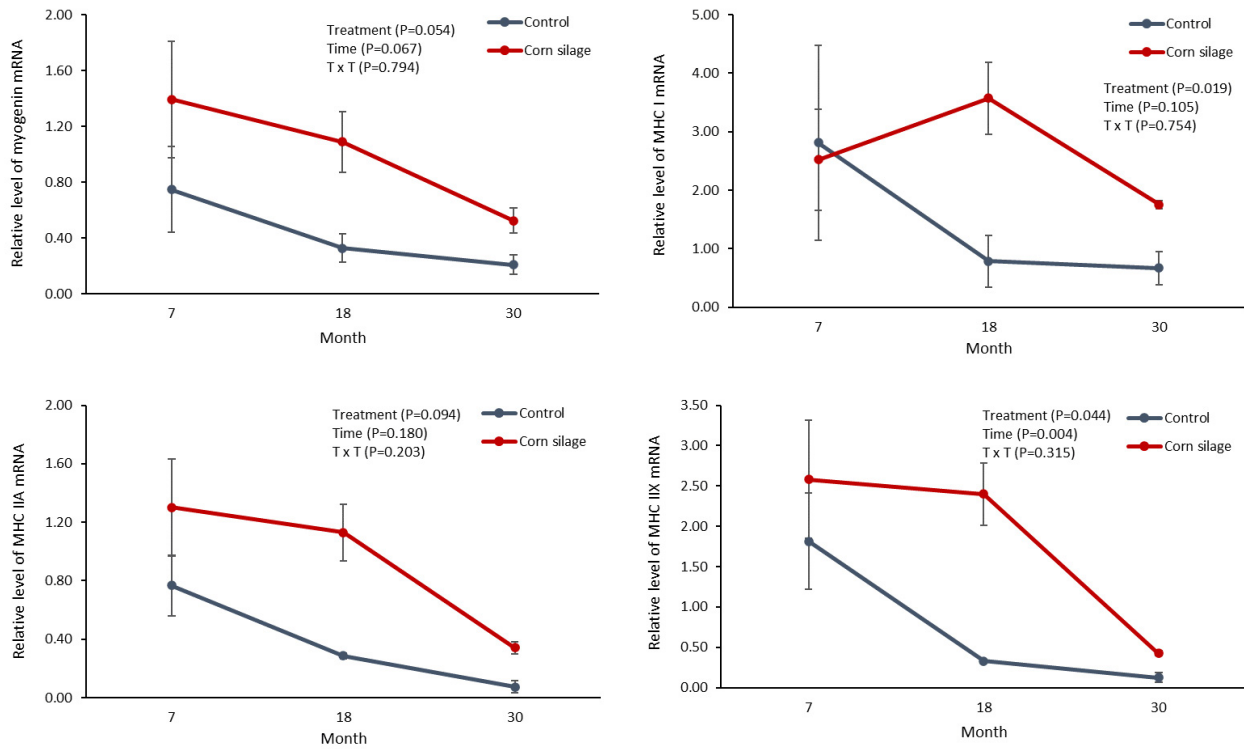


Fig. 1. Myogenic gene expression of LD muscle biopsy in Hanwoo steer raised with corn silage

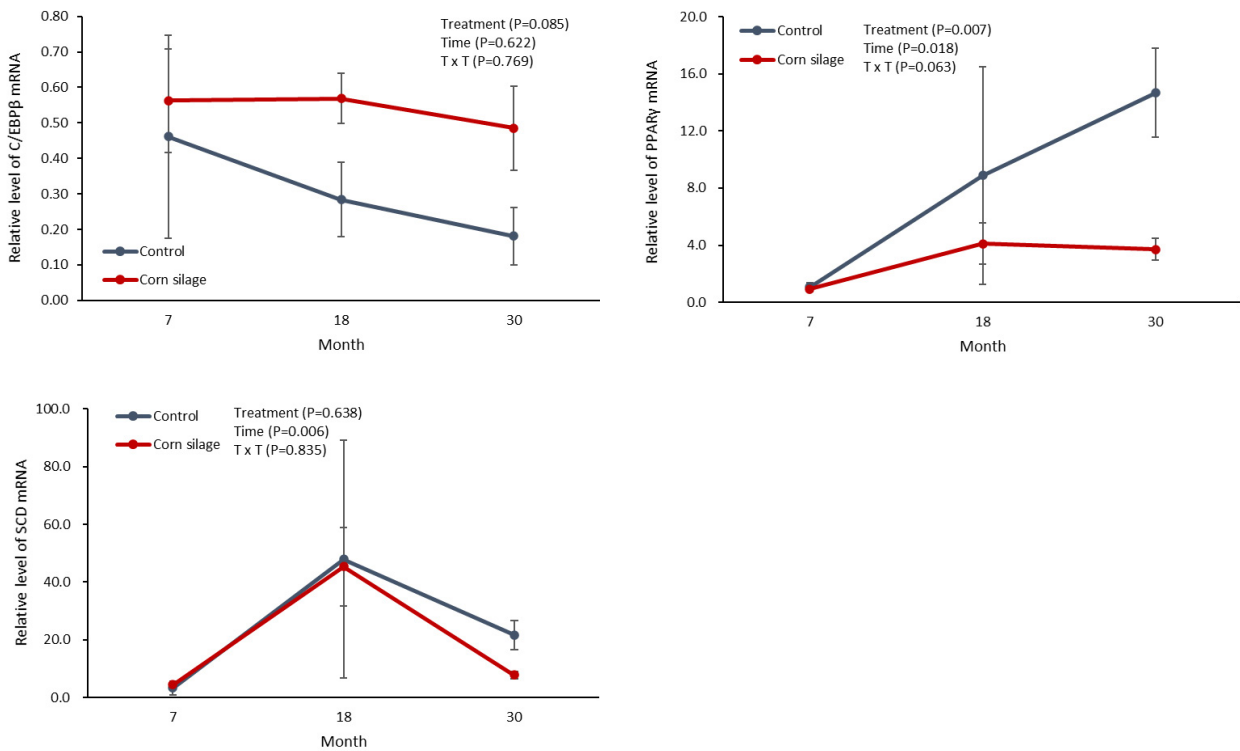


Fig. 2. Adipogenic gene expression of LD muscle biopsy in Hanwoo steer raised with corn silage

## 적요

본 연구는 사료비의 절감을 위해 배합사료 비율을 줄이고 조사료 비율을 높이면서 한우 고급육으로 생산할 수 있는 방법을 찾아내기 위해 수행하였다. 대조구(고급육 사양)와 옥수수 사일리지 급여구(대조구 대비 배합사료 66% 급여 및 옥수수 사일리지)의 성장, 도체성적 및 등심근육 내 유전자 발현에 미치는 영향에 대하여 분석했다. 옥수수 사일리지 급여는 비육 후기의 일당 증체량 및 출하체중이 수치적으로 낮게 나타났지만 유의미한 차이는 나타나지 않았다. 도체특성에서도 옥수수 사일리지 급여구가 도체중, 등심단면적 및 근내 지방도가 수치적으로 낮게 나타났지만 유의미한 차이는 나타나지 않았다. 육량 A등급 출현은 옥수수 사일리지 급여구가 23% 높게 나타났으며, 육질 1<sup>++</sup>등급 출현율은 대조구가 17% 높게 나타났다. 이는 옥수수 사일리지 급여구가 대조구 대비 배합사료 급여량이 적음으로 인해 나타난 결과로 보여진다. 등심내 유전자 발현에서는 옥수수 사일리지 급여구가 근육발달 유전자 발현이 높게 나타났으며, 지방발달 유전자 발현에서는 대조구가 높게 나타났었다. 본 연구의 결과 배합사료의 고급육 사양 대비 옥수수 사일리지 사양이 육질 1<sup>++</sup>등급의 출현이 다소 감소하지만 육량 A등급의 출현을 높여주므로 사료비 절감의 생산 방법 중 하나로 될 수 있을 것으로 보여진다.

## 참고문헌

1. AOAC, 1995. Official methods of analysis. 16th Ed. Association of official analytical chemists, washington D.C. U.S.A.
2. Berg RT, Anderson BB and Liboriussen T. 1978. Growth of bovine tissue 1. Genetic influence on growth patterns of muscle, fat and bone in young bulls. Anim. Prod. 26:245-258.
3. Chung KY, Lunt DK, Choi CB, Chae SH, Rhoades RD, Adams TH, Booren B and 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.
4. Chung KY, Baxa TJ, Parr SL, Luque LD and Johnson BJ. 2012. Administration of estradiol, trenbolone acetate, and trenbolone acetate/estradiol implants alters adipogenic and myogenic gene expression in bovine skeletal muscle. J. Anim. Sci. 90(5):1421-1427.
5. Du M and McCormick RJ. 2009. Applied muscle biology and meat science. CRC Press.
6. Fortin A, Reid JT, Magia AM, Sim DW and Wellington GH. 1980a. Effect of energy intake level and influence of breed and sex on the physical composition of the carcass of cattle. J. Anim. Sci. 51:331-339.
7. Johnson BJ and Chung KY. 2007. Alterations in the physiology of growth of cattle with growth-enhancing compounds. Veter. Clin. North Amer. 23(2):321-332.
8. Kang SW, Jang SS, Chung YH, Shin KJ and Son YS. 1995. Effect of concentrate feeding levels by growth-stage on feed efficiency, meat quantity and quality in growing-fattening Korean native bulls. Kor. J. Anim. Nutr. Feed. 19(6):495-506.
9. Kim SI, Jung KK, Kim JY, Lee SW, Baek KH and Choi CB. 2007. Effect of Feeding High Quality Hay on Performance and Physico-chemical Characteristics of Carcass of Hanwoo Steers. J. Anim. Sci. & Technol. 49(6):783-800.
10. Owens FN, Dubeski P and Hanson C. 1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. Journal of Animal Science. 71:3138-3150.
11. Paek BH, Hong SG, Kwon EG, Cho WM, Yoo YM and Shin KJ. 2005. Effects of Energy Level of Concentrate Feed on Meat Quality and Economic Evaluation in Finishing Hanwoo Steers. J. Anim. Sci. & Technol. 47(3):447-456.
12. Shibata M, Matsumoto K, Hikino Y, Oe M, Ojima K, Nakajima I, Muroya S and Chikuni K. 2011. Influence of different feeding systems on the growth performance and muscle development of Japanese Black steers. Meat science. 89(4):451-456.
13. Vandenburg H and Kaufman S. 1979. In vitro model for stretch-induced hypertrophy of skeletal muscle. Science. 203:265-268.
14. Vestergaard M, Oksbjerg N, and Henckel P. 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of semitendinosus, longissimus dorsi and supraspinatus muscles of young bulls. Meat Sci. 54:177-185.
15. 농림축산식품부. 2021. 2020년 농림업 생산액 및 생산지수. <https://www.mafra.go.kr/mafra/358>
16. 축산물품질평가원. 2019. 쇠고기 등급판정. <https://www.ekape.or.kr/contents/list.do>
17. 통계청. 2021. 2020년 축산물생산비조사 결과. <https://kostat.go.kr/portal/korea>