Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science 39(4): 281~291, 2019
https://doi.org/10.5333/KGFS.2019.39.4.281

ISSN 2287-5824 (Print)
ISSN 2287-5832 (Online)

Research Article

TMF와 배합사료의 급여방법이 거세한우의 성장 및 도체특성에 미치는 영향

박병기[3,a], 안준상[1,a], 최장근[2], 권응기[1], 신종서[2,*]

[1]국립축산과학원 한우연구소, [2]강원대학교 동물생명과학대학, [3]농협사료

Comparison of Growth Performance, Carcass and Meat Characteristics According to the Feeding Method of Concentrate and Total Mixed Fermentation in Hanwoo Steers

Byung-Ki Park[3,a], Jun-Sang Ahn[1,a], Jang-Geun Choi[2], Eung-GI Kwon[1] and Jong-Suh Shin[2,*]

[1]Hanwoo Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25340, Korea

[2]College of Animal Life Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

[3]Nonghyup Feed Co. LTD., Seoul 05398, Korea

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effect of the feeding method of total mixed fermentation (TMF) and concentrate feed on the growth performance, carcass and meat characteristics of late fattening Hanwoo steers. Twenty-four Hanwoo steers were used in this study. The control group was fed with concentrate feed + rice straw from the growing to the late fattening period, while the T1 group was fed with TMF from the growing to the early fattening period and concentrate feed + rice straw for the late fattening period. The T2 group was fed with TMF from the growing to the late fattening period. The average daily gain (ADG) and feed conversion ratio (FCR) were not different between the treatment and control group. Serum cholesterol and high density lipoprotein (HDL) cholesterol concentrations were higher in the T2 groups than in the control group ($p<0.05$). The yield grade and quality grade were not different between the treatment and control group. The lightness of *longissimus* muscle was higher in the T1 group than in the control and T2 groups ($p<0.05$). Poly-unsaturated fatty acid (PUFA) of *longissimus* muscle was increased in the T2 groups than in the control group. Therefore, the method of feeding TMF and concentrate feed could have a positive effect on the lightness and fatty acid composition of *longissimus* muscle without affecting the growth and carcass grades of Hanwoo steers.

(**Key words**: Hanwoo steers, TMF, *Longissimus* muscle, Carcass characteristics)

Ⅰ. 서 론

한우 비육우의 사료급여 체계는 육성기부터 출하시까지 배합사료와 조사료를 이용하는 방식이 주로 사용되고 있었지만, 반추동물용 섬유질배합사료(total mixed ration, TMR) 급여에 따른 선택채식 예방(Nocek et al., 1985), 반추위 pH의 안정화(Kellems et al., 1991), 건물섭취량(Nocek et al., 1985) 및 일당증체량(Kim et al., 2012) 증가로 비육우의 생산성 향상에 도움이 되는 것으로 보고되면서 TMR로 전환하는 한우 농가의 비율이 지속적으로 증가되고 있다(Kim et al., 2007). 근래에는 TMR에 유용미생물을 접종하고 발효과정을 거쳐 생산되는 total mixed fermentation(TMF)에 대한 저장성 향상, 유해 미생물의 증식 억제, 기호성 개선 및 저질 조사료의 이용성 향상 등의 효과가 보고되면서(Smid and Hugenholtz, 2010) 다양한 미생물을 활용한 TMF가 개발되어 시판되고 있다. 그러나 TMF 급여가 거세한우의 육성기 및 비육전기 동안 일당증체량 향상에는 도움이 되지만, 비육후기 사양성적과 도체등급에 미치는 영향은 없었다는 부정적인 연구결과도 보고되고 있다(Kim et al., 2003). Cho 등(2008)은 육성기 및 비육전기에 비해 비육후기에는 근내지방의 본격적인 침착을 위한 에너지 요구량이 증가되는데, TMF를 급여하는 경우 건물섭취량이 충족되지 못해 에너지 부족 현상이 발생되기 쉽다고 보고한 바 있다. 또한, TMF 특성상 조사료의 사용량은 배합사료 및 조사료 체계 보다 많지만 곡류사료 비율은 낮기 때문에 근내지방 합성을 위한 에너지 충족이 부족할 수 있다. 이 같은 문제를 해결하기 위해 일부 한우 사육농가에서는 육성기부터 비육전기까지 TMF를 급여하고 비육후기에는 TMF와 배합사료를 혼합 급여 하거나

[a]These corresponding authors contributed equally to this work.

*Corresponding author: Jong Suh shin, Division of Animal Resource Science, Kangwon National University, ChunCheon 24341, Korea. Tel: +82-33-250-8697, Fax: +82-33-255-4957, E-mail: jsshin@kangwon.ac.kr.

전량 배합사료로 교체하여 급여하는 방식이 사용되고 있다. 이와 관련되어 TMR과 배합사료를 교차 급여하는 연구들이 수행된 바 있지만 연구기간이 비육후기 단계에 한정되어 있거나 결과해석에 대한 조사항목이 미흡하며, 도체특성을 비교분석한 연구결과는 찾아보기 힘든 실정이다.

따라서 본 연구에서는 거세한우의 육성기부터 비육후기까지 TMF 및 배합사료와 조사료의 단일 또는 교차 급여방식이 사양성적 및 도체특성에 미치는 영향을 검토하기 수행되었다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 시험장소, 공시동물 및 시험기간

본 연구는 비육우 전문 농가에서 약 22개월간 수행되었으며, 공시동물은 육성기부터 비육전기까지 분리급여(배합사료+볏짚) 및 TMF 급여체계로 각각 사육된 거세한우 24두(평균체중, 166.3±34.4kg)를 이용하였다.

2. 실험설계 및 사양관리

시험구의 배치는 육성기부터 비육후기까지 배합사료와 볏짚을 급여하는 대조구(Control), 육성기부터 비육전기까지 TMF를 급여한 후 비육후기에는 배합사료와 볏짚을 급여하는 처리구(T1) 및 육성기부터 비육후기까지 TMF를 급여하는 처리구(T2)의 3처리로 하였다. TMF에 사용된 조사료는 톨페스큐 짚과 라이그라스 짚 위주로 설계하였으며, 육성기, 비육전기 및 비육후기 TMF의 조사료 비율은 각각 23, 15 및 10%로 설계하였다.

거세한우는 우방 당 4두씩 개방식 우사(4 × 10 m)에서 사육하였다. TMF와 배합사료는 1일 2회(오전 8:00 및 오후 17:00) 급여하였으며, 볏짚의 경우 비육전기까지는 자유채식을 시켰지만, 비육후기에는 1.5~2.0kg(원물기준) 수준으로 제한급여를 실시하였다. TMF 배합비, 시험사료의 화학적 조성 및 CNCPS 분석 결과는 Table 1, 2 및 3과 같다.

Table 1. Ingredient composition of Fermented TMR

Items	Growing (6~13month)	Early fattening (14~22month)	Late fattening (23~30month)
TMR base (concentrate)	25	30	35
Corn flake	-	12	19
Corn gluten feed	10	7	-
Distiller dried grain solubles	6	-	-
Wet brewers grain	30	30	30
Tall fescue straw	15	5	4
Rye grass straw	8	10	6
Molasses	5	5	5
Saccharomyces cerevisiae (liquid)	1	1	1
Total	100	100	100

Table 2. Chemical composition of experimental diets (%, DM basis)

Items	Growing		Early fattening		Late fatteing	
	Concentrate	TMF	Concentrate	TMF	Concentrate	TMF
Dry matter	89.82±0.15	62.1±0.05	89.01±1.05	62.5±0.89	89.49±0.85	63.1±0.75
Crude protein	15.76±0.25	15.3±0.32	14.67±0.75	14.4±0.13	13.25±0.23	12.68±0.41
Ether extract	3.68±0.61	2.42±0.54	4.05±0.27	3.04±0.63	4.25±0.71	3.17±0.12
Crude fiber	6.15±0.93	24.15±0.56	5.32±0.45	20.80±0.78	4.23±0.23	15.85±1.09
Crude ash	7.28±0.33	8.05±0.25	7.15±0.15	7.84±0.37	7.18±0.77	6.5±0.39
NDF[1)]	25.9±0.41	48.31±0.62	23.73±0.72	41.6±0.80	20.32±0.97	38.03±0.48
ADF[2)]	8.25±0.58	30.6±0.69	7.15±0.13	28.8±0.32	6.54±0.58	20.6±0.69
TDN[3)]	72	71	74	72	76	75

Control: formula feeds for Hanwoo steer; TMF, fermented total mixed ration.
[1)]NDF: Nuetral detergent fiber; [2)]ADF: Acid detergent fiber; [3)]TDN: Total digestible nutrient

Table 3. Carbohydrate and protein fractions of fermented TMR according to the growth stages

Item	Growing		Early fattening		Late fattening	
	Concentrate	TMF	Concentrate	TMF	Concentrate	TMF
Starch (%, DM)	27.3	11.9	40.9	14.4	40.7	20.7
Sugar (%, DM)	5.2	3.0	5.0	8.2	5.0	9.2
NFC[1] (%, DM)	43.0	26.9	50.2	28.9	51.7	30.3
Lignin (%, DM)	3.7	6.00	3.3	6.0	3.1	5.3
SolP[2] (%, DM)	5.7	3.0	4.3	5.2	4.7	4.1
NDICP[3] (%, DM)	2.1	4.0	2.0	2.8	1.6	2.8
ADICP[4] (%, DM)	1.0	2.4	1.3	1.7	1.0	1.9
Carbohydrate fraction						
CA[5] (%, CHO)	7.5	4.5	6.6	4.8	6.7	4.9
CB1[6] (%, CHO)	39.4	17.7	54.3	20.7	54.5	25.2
CB2[7] (%, CHO)	15.2	17.9	5.7	17.0	8.0	16.0
CB3[8] (%, CHO)	25.0	38.6	22.8	37.0	20.9	34.8
CC[9] (%, CHO)	12.9	21.4	10.6	20.6	9.9	19.2
Protein fraction						
PA[10]+PB1[11](%, CP)	40.6	25.4	45.3	30.2	46.7	35.8
PB2[12] (%, CP)	44.7	55.4	40.6	52.6	40.2	47.7
PB3[13] (%, CP)	5.3	9.5	5.1	7.1	4.3	7.0
PC[14] (%, CP)	9.4	9.7	9.0	10.1	8.8	9.5

[1]NFC, non-fiber carbohydrate; [2]SOLP, soluble protein; [3]NDICP, neutral detergent insoluble protein; [4]ADICP, acid detergent insoluble protein; [5]CA: fast fermented; [6]CB: moderate fermented; [7]CB2: intermediately fermented; [8]CB3: slowly fermented; [9]CC: unfermentable; [10]PA: non-protein nitrogen; [11]PB1: rapidly degradable protein; [12]PB2: intermediately degradable protein; [13]PB3: intermediately degradable protein; [14]PC: unavailable protein.

3. 조사항목 및 분석방법

1) 사양성적

사료섭취량은 오전사료 급여시간(오전 8:00) 전에 잔량을 회수하여 조사한 후 급여량과의 차이를 확인하여 산출하였으며, 일당증체량은 시험 개시 및 시험 종료시에 체중을 측정한 후 사양일수를 근거로 도출하였다. 사료요구율은 건물섭취량과 일당증체량을 이용하여 산출하였다.

2) 일반성분 및 cornell net carbohydrate and protein system (CNCPS) 분석

시험사료는 1mm 크기로 분쇄한 후 분석에 이용하였으며, 일반성분은 AOAC (2005), neutral detergent fiber(NDF)와 acid detergent fiber(ADF)는 Van Soest et al. (1991), Starch는 Hall (2009), soluble protein(SolP)은 Krishnamoorthy et al. (1982), neutral detergent insoluble crude protein(NDICP) 및 acid detergent insoluble crude protein(ADICP)는 Licitra et al. (1996) 그리고 측정된 탄수화물 및 단백질 항목을 바탕으로 CNCPS 분획을 Fox et al. (2004)이 제시한 방법에 따라 수행하였다.

3) 혈액채취 및 분석

혈액 채취는 시험 개시 및 종료 시점에 경정맥에서 혈액채취용 10 mL vacutainer(BD vacutainer, Becton Dickinson, New Jersey, USA)로 채취하였으며, 이후 원심분리기(회사)를 이용하여 1,250 × g 조건에서 15분간 원심분리시켜 혈청을 분리한 후 혈액분석기(FDC-3500, Fuji, Tokyo, Japan)를 이용하여 분석하였다.

4) 도체등급

도체의 등급판정은 육량 판정요인(도체중, 등지방두께 및 배최장근단면적)과 육질 판정요인(근내지방도, 육색, 지방색, 조직감 및 성숙도)을 소도체등급판정기준(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, MAFRA 2017)에 따라 축산물등급판정사가 판정하였다.

등심 시료채취는 도체등급 판정이 완료된 냉도체의 13번째 흉추와 1번째 요추 사이에서 약 1 kg 등심을 채취하여 밀봉한 뒤 저온 보관통에 담아 실험실로 운반 하였다. 운반 후 5°C 환경인 저장실에서 지방, 혈액 및 결체조직을 제거한 다음 도체품질을 분석하였고, 저장성은 시료를 1 cm 두께로 가공한 후 polyethylene

bag (LDPE, Cleanwrap zipper bag, Cleanwrap Co., Ltd., Seoul Korea)에 포장하여 4℃에서 9일 동안 보관하면서 실시하였다.

5) 도체특성

등심의 일반성분은 AOAC (2005)의 방법에 따라 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분 함량을 측정하였으며, 콜레스테롤 함량은 Nam 등(2001)의 방법에 준하여 분석하였다.

pH는 등심 10 g에 증류수 90 mL를 첨가한 후 homogenizer(PolyTron PT-2500 E, Kinematica, Lucerne, Switzerland)로 균질시켜 pH meter(Corning 445, Corning, New York, USA)로 측정하였다.

등심의 지방산 조성은 Folch의 방법(Folch et al., 1957)에 준하여 gas chromatography (Shimadzu-17A, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 지방산을 분석하였으며, 보수력은 Weirbicki 등(1957)의 방법으로 filter paper 압착법으로 측정하였다.

가열감량은 등심을 약 1 cm 두께로 가공하여 polyethylene bag(LDPE, Cleanwrap zipper bag, Cleanwrap Co., Ltd., Seoul Korea)에 넣고 시료를 75℃ 이상의 water bath에서 40분간 방치한 후 가열 전후의 중량 차이를 백분율로 도출하였다.

전단력은 texture analyzer(TAXT2i version 6.06, Stable Micro Systems Co., Ltd., Surrey, England)를 이용하여 전단력을 측정하였으며, 분석조건은 load cell 25 kg, pre-test speed 1.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post-test speed 5.0 mm/s, trigger type force 5 g으로 설정하였다.

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 결과 값을 반복 측정하여 평균값을 산출하였다. 이때 표준 백색판의 조건은 Y = 93.7, x = 0.3154 및 y = 0.3323 이었다.

TBARS(thiobarbituric acid reactive substance)는 Sinnhuber (1977)의 방법에 준하여 UV-vis spectrophotometer(UV-mini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 520nm에서 흡광도를 측정한 후 시료 kg 당 MA(malonaldehyde)의 mg으로 산출하였으며, VBN(volatile basic nitrogen)은 휘발성 염기태 질소 함량 측정은 Conway (1950)의 방법을 변형하여 분석하였다.

4. 통계처리

본 연구에서 얻어진 결과들은 SAS package(2004)를 이용한 분산분석 및 LSD를 실시하여 처리구간의 유의성($p<0.05$)을 검증하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

TMF 및 배합사료의 급여방법이 거세한우의 성장능력에 미치는 영향은 Table 4와 같다. 시험 종료시체중은 처리간 비슷한 수준이었으며, 육성기, 비육전기 및 비육후기 동안 일당증체량 및 사료섭취량도 사료 급여방법에 따른 차이는 적었다. 사료요구율은 전체 시험시간 동안 다른 처리구에 비해 T2에서 높은 경향을 보였지만, 유의적인 차이는 없었다. TMF는 기호성 개선과 조사료의 이용성 향상(Lee et al., 2002)으로 섭취량을 증가시키는 것으로 보고되었으며, Kim 등(2003)은 TMF의 급여가 육성기부터 비육전까지의 일당증체량 개선에는 도움이 될 수 있다고 하였다. 반면, TMF의 단독 급여는 유지 요구량이 증가되는 비육후기에 에너지 부족현상이 발생될 수 있기 때문에(Cho et al., 2008), 증체량에 부정적인 결과를 초래할 수 있다고 보고된 바 있다. 본 연구에서는 TMF 및 배합사료의 급여방법에 따른 증체, 사료섭취량 및 사료요구율에 차이가 없었기 때문에 선행 연구와 일치하는 결과는 나타나지 않았다. 하지만 비육후기에 있어서 대조구의 일당증체량과 사료섭취량이 감소되는 경향을 보여 장기간의 배합사료 급여는 비육후기 성장에 부정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.

TMF 및 배합사료의 급여방법이 거세한우의 혈중 대사물질 농도에 미치는 영향은 Table 5와 같다. 시험 개시시 혈중 BUN의 농도는 대조구 및 T2구에 비해 T1구에서 낮은 경향을 보였으며, 혈중 GLU 농도는 시험 종료시 T2에 비해 대조구 및 T1구에서 높은 경향을 보였지만, 통계적 유의차이는 인정되지 않았다. 혈중 CHO 농도는 대조구에 비해 T1구 및 T2구에서 증가되는 결과를 보였으며($p<0.05$), 혈중 HDL의 농도도 대조구에 비해 T1구 및 T2구에서 높았으며, 대조구 및 T2간 유의적인 차이가 있었다($p<0.05$). 혈중 Ca, P 및 Mg 농도는 시험 개시 및 종료시에 처리구간 비슷한 수준을 유지하였다. 혈중 BUN 농도는 반추위에서 흡수되는 암모니아가 간에서 요소로 전환되는 정도에 따라 달라지기 때문에 한우가 섭취하는 사료의 단백질 수준과 섭취량에 영향을 받는다(Chumpawadee et al., 2006). 본 연구의 결과에서는 사료급여 체계에 따른 처리간 BUN 농도의 일관된 경향이 없었고, 비육전기 동안 동일한 TMF 사양체계에서 관리되었던 T1 및 T2에서 차이가 나타난 점으로 볼 때, 비육전기 구간에서 개체간 사료섭취량이나 영양상태가 BUN 농도에 영향을 미친 것으로 판단된다. 혈중 GLU 농도는 사료의 에너지 수준과 관계가 높으며(Holtenius and Holtenius, 1996), 주로 반추위에서 생성된 propionate가 간에서 GLU로 전환되어 혈중으로 이행된다. 본 연구에서 TMF 급여구에 비해 배합사료 급여구의 혈중 GLU 농도가 높은 경향을 보였는데, 이는 배합사료가 TMF에 비해 propionate 생성과 연관성이 높은 전분 및 비섬유성탄수화물 함

Table 4. Effects of feeding method of TMF and commercial concentration on growth performance of late fattening Hanwoo steers

Item	Control	T1	T2	SEM	Pr〉F
		Growing			
Initial body weight (kg)	168.1	163.3	167.5	4.31	0.90
Final body weight (kg)	314.1	306.0	304.1	5.92	0.76
ADG[1)] (kg)	0.75	0.74	0.70	0.02	0.59
Intake (DM kg/steer/day)					
Commercial concentrate	3.81			-	-
Rice straw	2.94			-	-
TMF[2)]		6.80	6.71	-	-
DMI[3)]	6.75	6.80	6.71	-	-
Feed conversion ratio	9.04	9.36	10.26	0.36	0.38
		Early fattening			
Initial body weight (kg)	314.1	306.0	304.1	5.92	0.76
Final body weight (kg)	573.3	564.6	569.5	9.16	0.93
ADG (kg)	0.82	0.82	0.78	0.02	0.92
Intake (DM kg/steer/day)					
Commercial concentrate	8.01			-	-
Rice straw	2.21			-	-
Fermented TMR		9.72	9.65	-	-
DMI	10.22	9.72	9.65	-	-
Feed conversion ratio	12.48	11.94	12.62	0.22	0.49
		Late fattening			
Initial body weight (kg)	573.5	564.6	569.5	9.47	0.93
Final body weight (kg)	678.2	679.8	679.1	10.48	0.97
ADG (kg)	0.71	0.78	0.74	0.02	0.25
Intake (DM kg/steer/day)					
Commercial concentrate	8.19	8.33		-	-
Rice straw	0.80	0.80		-	-
Fermented TMR			9.50	-	-
DMI	8.99	9.13	9.50	-	-
Feed conversion ratio	12.98	11.93	13.44	0.37	0.51

[1)]ADG, average daily gain; [2)] TMF, total mixed fermentation; [3)]DMI, dry matter intake.
Control, commercial concentrate + rice straw from growing to late fattening; T1, TMF from growing to early fattening and commercial concentrate + rice straw for the late fattening, T2, TMF from growing to late fattening.

량이 상대적으로 높았기 때문인 것으로 판단된다. 혈중 CHO 농도는 사료의 에너지 수준, 지방 함량 및 섭취량에 따라 달라지며 (Wheeler et al., 1987), HDL은 CHO와 비례적인 관계로 보고되고 있다. 본 연구의 결과에서 T1 및 T2에 비해 대조구의 혈중 CHO 농도가 감소된 원인은 비육후기 사료섭취량(Table 4)과 관계가 있는 것으로 판단되며, 비육후기 사료섭취량이 가장 높았던 T2에서 CHO 및 HDL 농도가 가장 높게 나타난 점도 본 연구결과를 뒷 받침하고 있다.

TMF 및 배합사료의 급여방법이 거세한우의 도체특성에 미치는 영향은 Table 6과 같다. 도체중, 등지방두께, 배최장근단면적 및 육량지수는 처리간 비슷한 수준이었으며, 육량등급 지수도 처리간 차이는 적었다. 근내지방도는 T1구, T2구 및 대조구 순으로 높은 경향을 보였으며, TMF 및 배합사료의 급여방법이 육색, 조직감 및 성숙도에 미치는 영향은 적었다. 육질등급 지수는 대조

Table 5. Effects of feeding method of fermented TMR and commercial concentrate on blood metabolites concentrations of late fattening Hanwoo steers

	Item	Control	T1	T2	SEM	Pr>F
Initial	TP[1] (g/dL)	6.08	6.04	6.16	0.05	0.67
	GLU[2] (mg/dL)	60.19	59.00	66.00	1.85	0.35
	CHO[3] (mg/dL)	105.56	85.13	114.38	5.39	0.14
	BUN[4] (mg/dL)	15.06[ab]	12.64[b]	17.36[a]	0.62	0.02
	HDL[5] (mg/dL)	83.88	70.00	81.63	4.38	0.44
	Ca[6] (mg/dL)	9.29	9.08	9.41	0.10	0.46
	P[7] (mg/dL)	5.89	6.53	5.80	0.19	0.3
	Mg[8] (mg/dL)	2.38	2.28	2.28	0.04	0.39
Final	TP (g/dL)	7.07	6.90	6.99	0.07	0.55
	GLU (mg/dL)	64.19	69.38	60.57	4.26	0.77
	CHO (mg/dL)	162.87[b]	201.63[a]	208.29[a]	6.58	0.05
	BUN (mg/dL)	17.37	18.13	18.76	0.36	0.30
	HDL (mg/dL)	99.33[b]	109.88[ab]	114.43[a]	2.22	0.01
	Ca (mg/dL)	9.03	9.16	9.20	0.06	0.42
	P (mg/dL)	7.33	7.44	7.37	0.08	0.86
	Mg (mg/dL)	2.30	2.31	2.26	0.03	0.75

[1]TP, total protein; [2]GLU, glucose; [3]CHO, cholesterol; [4]BUN, blood urea nitrogen; [5]HDL, high density lipoprotein; [6]Ca, calcium; [7]P, phosphorus; [8]Mg, magnesium.

Control, commercial concentrate + rice straw from growing to late fattening; T1, TMF from growing to early fattening and commercial concentrate + rice straw for the late fattening, T2, TMF from growing to late fattening.

Table 6. Effects of feeding method of fermented TMR and commercial concentrate on carcass characteristics of Hanwoo steers

Items	Control	T1	T2	SEM	Pr>F
Yield traits[1]					
Carcass weight (kg)	427.00	433.88	429.75	5.89	0.90
Rib eye area (cm^2)	89.07	90.13	89.88	1.70	0.96
Back fat thickness (mm)	16.93	15.25	15.50	0.80	0.64
Yield index	62.16	63.18	62.82	0.61	0.78
Yield grade score [2]	1.47	1.63	1.63	0.11	0.79
Yield grade (A:B:C)	13:20:67	0:63:37	0:63:37		
Quality traits[y]					
Marbling score	5.60	6.75	5.88	0.40	0.51
Meat color	3.00	3.00	2.88	0.03	0.24
Texture	1.07	1.25	1.00	0.10	0.39
Maturity	2.53	2.50	2.25	0.10	0.52
Quality grade score [3]	3.47	4.25	3.63	0.20	0.27
Quality grade (1^{++}:1^{+}:1:2)	20:40:33:7	50:25:25:0	38:12:25:25		

[1]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)); Carcass yield grades from C (low yield) to A (high yield).

[2]A grade = 3, B grade = 2, C grade = 1.

yGrading 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).

[3]1^{++} grade = 5, 1^{+} grade = 4, 1 grade = 3, 2 grade = 2, 3 grade = 1.

Control, commercial concentrate + rice straw from growing to late fattening; T1, TMF from growing to early fattening and commercial concentrate + rice straw for the late fattening, T2, TMF from growing to late fattening.

구 및 T2구에 비해 T1에서 높은 경향을 보였다. 육성기 동안 충분한 조사료의 공급은 등지방두께를 감소시키고 배최장근단면적을 개선시키는 것으로 보고된 바 있다(Kang et al., 2005; Kim et al., 2007). 비록 본 연구에서 통계적인 유의성은 없었지만, 대조구에 비해 처리구들에서 등지방두께는 얇은 반면에 배최장근단면적이 넓게 나타난 원인은 상대적으로 조사료의 이용 비율이 높았던 TMF의 영향으로 판단된다.

한편, 본 연구에서 대조구에 비해 TMF를 급여한 처리구의 근내지방도가 높은 경향을 보인 것은 육성기 동안 일정한 크기로 세절된 양질 조사료의 공급으로 acetate 생성량 증가되어 근내지방 형성에 영향을 미친 것으로 판단된다(Hwang, 2017). Delgerzul Baatar 등(2017)은 한우의 근내지방 조직으로부터 분리한 세포의 근성장과 분화가 acetate 농도에 비례해서 증가되었다고 하였는데, 본 연구에서도 육성기부터 비육전기까지 양질 조사료의 비중이 높을 뿐만 아니라 균일한 조사료 입자도를 유지한 TMF의 급여로 인해 더 많은 지방세포의 분화가 유도되어 근내지방도가 높은 경향을 보였던 것으로 판단된다. 그러나 비육후기까지 지속적인 TMF의 급여는 근내지방 합성을 위한 에너지와 탄수화물(전분 및 비섬유성탄수화물)의 공급량 부족으로 배합사료에 비해 근내지방 합성이 저하될 수도 있을 것으로 추측된다. 전분 및 비섬유성탄수화물 위주의 발효를 통해 생성되는 propionate (Mohammed et al., 2010)는 간에서 gluconeogenesis 과정을 통해 glucose로 변화되며(Taniguchi et al., 1995), 전분 및 비섬유성탄수화물에 기인된 TDN의 증가는 근내지방도를 증가시키는 것으로 보고되고 있다(Chang et al., 2007). 이전 연구(Chan et al., 2017)에서도 TMR 급여구에 비해 배합사료 급여구의 육질등급(근내지방도)이 높았다고 하여 본 연구의 결과를 뒷받침해주고 있는 것으로 판단된다. 따라서 거세한우에서는 육성기부터 비육전기까지 TMF급여를 통해 지방세포 분화를 유도하고 비육후기에는 에너지 수준이 높은 배합사료의 급여를 통해 지방축적을 높이는 방법이 효과적일 것으로 판단된다.

TMF 및 배합사료의 급여방법이 거세한우 등심의 물리·화학적 특성에 미치는 영향은 Table 7과 같다. 등심의 일반성분(수분, 조단백질, 조지방 및 조회분) 및 콜레스테롤 농도는 처리구간 비슷한 수준이었다. 등심의 조지방 함량이 증가되면 수분 및 조단백질 함량이 감소되는 것으로 보고되고 있으며(Kelly et al., 1968; Lee et al., 2004), Lee 등(2010)은 한우의 육질등급이 높을수록 수분 함량이 감소된다고 하였고, 혈중 콜레스테롤 농도는 근내지방도와 정(+)의 상관 관계가 있는 것으로 보고되고 있다(Choi et al., 2008). 본 연구의 결과에서도 선행 연구결과와 유사한 경향은 있었지만 육질등급(근내지방도) 차이가 적었기 때문에 등심 조성의 뚜렷한 차이는 나타나지 않은 것으로 판단된다. 거세한우의 비육후기 동안 TMF와 배합사료의 급여 체계는 등심의 pH, 보수력 및 전단력에 미치는 영향은 적었으며, 가열감량은 대조구 및 T2구에 비해 T1에서 감소되는 결과를 보였다. 근육 조직에 함유되어 있는 지방은 열에 의해 용해되면서 수분 손실을 억제하

Table 7. Effects of feeding method of TMF and commercial concentrate on meat properties in longissimus muscle of Hanwoo steers

Item	Control	T1	T2	SEM	Pr〉F
Dry matter (%)	68.14	67.35	68.42	0.35	0.43
Crude protein (%)	18.58	18.43	19.11	0.45	0.81
Ether extract (%)	12.83	14.01	12.35	0.39	0.17
Crude ash (%)	1.06	1.00	1.23	0.06	0.26
Cholesterol (mg/100g)	34.87	39.06	36.08	1.66	0.61
pH	5.60	5.47	5.58	0.03	0.15
WHC (%) [1)]	43.51	43.55	43.07	1.10	0.98
Cooking loss (%)	29.35^{ab}	21.6^{b}	30.48^{a}	1.46	0.01
Shear force (kg)	6.67	6.33	6.12	0.30	0.81
L* (Lightness)	40.21^{b}	44.39^{a}	40.20^{b}	0.76	0.02
a* (Redness)	12.79	14.01	12.86	0.41	0.40
b* (Yellowness)	4.81	5.30	4.63	0.18	0.28
c* (Chroma)	13.67	14.98	13.67	0.44	0.37

[1)]WHC, water holding capacity.

Control, commercial concentrate + rice straw from growing to late fattening; T1, TMF from growing to early fattening and commercial concentrate + rice straw for the late fattening, T2, TMF from growing to late fattening.

Table 8. Effects of feeding method of TMF and commercial concentrate on TBARS and VBN contents in longissimus muscle of Hanwoo steers

Item	day	Control	T1	T2	SEM	Pr〉F
TBARS (mgMA/kg) [1)]	0	0.18	0.20	0.18	0.01	0.17
	3	0.27	0.25	0.25	0.01	0.10
	6	0.39	0.41	0.38	0.01	0.94
	9	0.61	0.64	0.58	0.01	0.20
VBN (mg%) [2)]	0	5.91	6.17	6.15	0.06	0.17
	3	8.85	8.81	8.98	0.06	0.43
	6	10.17	10.26	10.49	0.12	0.53
	9	16.01	15.74	15.94	0.10	0.55

[1)]TBARS, thiobarbituric acid reacting substance; [2)]VBN, volatile basic nitrogen.
Control, commercial concentrate + rice straw from growing to late fattening; T1, fermented TMR from growing to early fattening and commercial concentrate + rice straw for the late fattening, T2, fermented TMR from growing to late fattening.

고(Lee, 2008) 등심의 조지방 함량이 높을수록 가열감량이 감소(Breidenstein et al., 1968; Han et al., 1996)되는 것으로 보고되고 있다. 본 연구의 결과에서도 근내지방도와 조지방 함량이 가장 높았던 T1의 가열감량이 가장 낮게 나타나 이전 연구결과와 일치하였다. 등심의 명도는 대조구 및 T2구에 비해 T1에서 높은 결과를 보였으며(p<0.05). 근내지방도가 높을수록 명도가 증가된다는 이전의 연구결과들(Mitsumoto, 1995; Demos and Mandigo, 1996)과 일치하였다. 적색도 및 황색도의 경우에도 T1구에서 가장 높은 결과로 나타났지만, 통계적인 차이는 없었다.

TMF 및 배합사료의 급여방법이 거세한우 등심의 TBARS 및 VBN에 미치는 영향은 Table 8와 같다. 등심의 TBARS 함량은 대조구 및 처리구 모두 저장시간이 늘어날수록 증가되는 결과를 보였지만, 처리구간 차이는 없었다. VBN 함량도 TBARS와 마찬가지로 저장기간이 경과함에 따라 처리에 관계없이 증가되는 경향을 보였지만 유의적인 차이는 나타지 않았다. Vatanserver 등(2000)는 지방함량이 높으면 지방산화가 빠르게 일어난다고 하였으며, Moon (2012)은 TBARS 함량은 등심의 저장 기간이 경과함에 따라 증가된다고 하였다. 본 연구결과에서도 등심의 저장기간이 늘어날수록 모든 처리구에서 TBARS 농도가 증가되어 이전 연구결과와 일치하는 것으로 판단되며, 처리구간 근내지방도 및 등심의 조지방 함량 차이가 적었기 때문에 TBARS 농도가 비슷하게 나타난 것으로 사료된다. 결과적으로 사료급여 체계가 등심의 지방 및 단백질 산패에 미치는 영향은 적은 것으로 사료된다.

TMF 및 배합사료의 급여방법이 거세한우 등심의 지방산 조성 변화에 미치는 영향은 Table 9와 같다. Oleic acid 비율은 대조구에 비해 T2에서 감소되는 것으로 나타났으며(p<0.05), TMF의 섭취 기간이 길어질수록 감소되는 결과를 보였다. Palmitic acid 비율은 대조구에 비해 T1 및 T2에서 높았으며(p<0.02), heptadecanoic acid 비율은 대조구에서 가장 높게 나타났다(p<0.01). cis-8,11,14-eicosatrienoic acid 및 arachidonic acid의 비율은 대조구 및 T1에 비해 T2에서 높은 결과를 보였다(p<0.03). 총 포화지방산 비율은 대조구에 비해 T1 및 T2에서 증가되는 경향을 보인 반면에 총 불포화지방산 비율은 대조구에서 높은 경향을 보였지만, 통계적인 유의차이는 없었다. Oleic acid는 한우에서 가장 많은 비율을 차지하는 지방산이며(Oka et al., 2002), 축우의 지방조직에서 SCD (Stearoyl-CoA Desaturase) 효소에 의한 stearic acid (C18:0) 및 palmitic acid (C16:0)의 전환반응(Barton et al., 2009; Ohsaki et al., 2009)을 통해 생성된다. 또한, SCD 효소의 유전자 발현은 생후 월령의 증가와 고에너지 사료 급여를 통해 증가되는 것으로 보고되고 있다(Jeong et al., 2014). 본 연구의 결과에서도 육성기부터 비육후기까지 TMF에 비해 비교적 에너지 수준이 높은 배합사료를 급여한 대조구의 oleic acid 비율이 가장 높게 나타난 반면에 palmitic acid 비율은 가장 낮은 결과를 보여 이전 연구결과와 유사한 경향을 보인 것으로 판단된다. 한편 비육우 등심의 지방산 조성은 급여하는 지방의 종류(식물성 혹은 특별한 지방산 함유 여부)에 따라 달라질 수 있다(Wistuba et al., 2006). 특히 조사료에는 n3 계열 지방산의 비율이 높으며(Kim et al., 2011), 조사료 위주의 급여는 쇠고기의 n3 계열 지방산과 C:20 이상의 장쇄 지방산의 비율을 증가시키는 것으로 보고되고 있다(Choi, 2015; French et al., 2000). 본 연구의 결과에서 T2의 a-linolenic acid, cis-8, 11, 14-eicosatrienoic acid 및 arachidonic acid 비율이 높게 나타난 것도 배합사료에 비해 조사료의 비율이 많은 TMF의 지속적인 섭취가 영향을 미친 것으로 판단된다.

Table 9. Effects of feeding method of fermented TMR and commercial concentrate on fatty acids composition in longissimus muscle of Hanwoo steers

Item	Control	T1	T2	SEM	Pr>F
C14:0 (Myristic acid, %)	2.45	2.86	2.79	0.08	0.12
C14:1 (Myristoleic, %)	0.84	0.98	1.19	0.08	0.19
C16:0 (Palmitic acid, %)	22.54[b]	25.9[a]	25.02[a]	0.50	0.02
C16:1 (Palmitoleic acid, %)	5.03	5.26	5.10	0.19	0.89
C17:0 (Heptadecanoic, %)	0.82[a]	0.59[b]	0.56[b]	0.04	0.01
C17:0 (cis-10-Heptadecenoic, %)	0.94[a]	0.63[b]	0.63[b]	0.04	0.01
C18:0 (Stearic acid)	10.15	9.94	10.04	0.31	0.97
C18:1tran-9 (Elaidic acid, %)	1.56	1.17	1.48	0.09	0.05
C18:1 (Oleic acid, %)	51.93[a]	49.11[ab]	47.97[b]	0.66	0.05
C18:2 (Linoleic acid, %)	2.86	2.52	3.49	0.21	0.13
C20:1n9 (cis-11-Eicosenoic, %)	0.19	0.21	0.25	0.02	0.43
C18:3n3 (α-Linolenic, %)	0.18	0.33	0.35	0.03	0.07
C20:3n3 (cis-8,11,14-Eicosatrienoic, %)	0.15[b]	0.15[b]	0.32[a]	0.03	0.01
C20:4 (Arachidonic, %)	0.36[b]	0.35[b]	0.81[a]	0.09	0.03
SFA[1)]	36.90	39.92	39.04	0.64	0.13
MUFA[2)]	59.55	56.73	55.99	0.58	0.06
PUFA[3)]	3.55	3.35	4.97	0.23	0.08
UFA[4)]	63.10	60.71	61.59	0.64	0.13

[1)]SFA, saturated fatty acid; [2)]MUFA, mono-unsaturated fatty acid; [3)]PUFA, poly-unsaturated fatty acid; [4)]UFA, unsaturated fatty acid. Control, commercial concentrate + rice straw from growing to late fattening; T1, fermented TMR from growing to early fattening and commercial concentrate + rice straw for the late fattening, T2, fermented TMR from growing to late fattening.

Ⅳ. 요 약

본 연구는 TMF 및 배합사료 급여방법의 차이가 거세한우의 사양성적 및 도체 특성에 미치는 영향을 검토하기 위하여 수행되었다. 공시동물은 거세한우 24두(166.3±34.4kg)를 이용하였으며, 시험구 배치는 육성기부터 비육후기까지 배합사료와 볏짚을 급여하는 대조구, 육성기부터 비육전기까지 TMF를 급여하고 비육후기에는 배합사료와 볏짚을 급여하는 T1 및 육성기부터 비육후기까지 TMF를 급여하는 T2의 3처리로 하였다. 일당증체량 및 건물섭취량은 처리구간 차이는 없었으며, 혈중 cholesterol 및 HDL-cholesterol 농도는 대조구에 T2에서 증가되는 결과를 보였다(p<0.05). TMF 및 배합사료의 급여방법이 거세한우의 육량등급 및 육질등급에 미치는 영양은 없었으며, 등심의 명도는 대조구 및 T2구에 비해 T1구에서 증가되는 결과를 보였다(p<0.05). PUFA 비율은 대조구에 비해 T2에서 증가되는 것으로 나타났다. 따라서, TMF 및 배합사료의 급여방법은 거세한우의 성장과 도체등급에 미치는 영향 없이 등심의 육색 및 지방산 조성에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단되며, 향후 공시두수 및 사료 배합비 등에 따른 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Ⅴ. 사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업에 의해 수행되었습니다.

Ⅵ. REFERENCES

AOAC. 2005. Official methods of analysis (16th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Baatar, D., Wandita, T.G., dela Cruz, J.F. and Hwang, S.G. 2017. The effects of Acetate on enhancing the proliferation and preadipocyte differentiation of stromal vascular cells isolated from Hanwoo beef cattle. The FASEB Journal. 31:Supplement, 813.

Barton, L., Kott, T., Bures, D., Rehak, D., Zahradkova, R. and Kottova, B. 2009. The polymorphism of stearoyl-CoA desaturase (SCD1) and sterol regulatory element binding proyein-1 (SREBP-1) genes and their association with the fatty acid profile of muscle and subcutaneous fat in Fleckvieh bulls. Meat Science. 9:309-330.

Breidenstein, B.B., Cooper, C.C., Cassens, R.G., Evans, G. and Bray,

R.W. 1968. Influence of marbling and maturity on the palatability of beef muscle. I. Chemical and organoleptic considerations. Journal of Animal Science. 27:1532-1541.

Chan, C.S., Cho, W.K., Jang, I.S., Lee, S.S. and Moon, Y.H. 2017. Effects of feeding system on growth performance, plasma biochemical components and hormones, and carcass characteristics in Hanwoo steers. Journal of Animal Science. 30:1117-1123.

Chang, S.S., Oh, Y.K., Kim, K.H., Hong, S.K., Kwon, E.G., Cho, Y.M., Cho, W.M., Eun, J.S., Lee, S.C., Choi, S.H. and Song, M.K. 2007. Effects of Dietary barley on the growth performance and carcass characteristics in Hanwoo steers. Journal of Animal Science and Technology. 49:801-818.

Cho, Y.M., Kwon, E.G., Chang, S.S., Kim, T.I., Park, B.K., Kang, S.W. and Paek, B.H. 2008. Effects of total mixed rations on growth performance and carcass characteristics of Hanwoo steers. Journal of Animal Science and Technology. 50:363-372.

Choi, C.B., Shin, H.U., Lee, S.O., Kim, S.I., Jung, K.K., Choi, C.W. and Smith, S.B. 2008. Comparison of cholesterol contents and fatty acid composition in M. longissimus of Hanwoo, Angus and Wagyu crossbred steers. Journal of Animal Science and Technology. 50:519-526.

Choi, C.S. 2015. Evaluation of ruminal fermentation characteristics and greenhouse gases production from feed ingredients used in ruminant. Master's Thesis. Kangwon National University, ChunCheon, Korea.

Chumpawadee, S., Sommart, K., Vongpralub, T. and Pattarajinda, V. 2006. Effects of synchronizing the rate ofdietary energy and nitrogen release on ruminal fermentation, microbial protein synthesis, blood urea nitrogen and nutrient digestibility in beef cattle. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 19:181-188.

Conway, E.J. 1950. Microdiffusion Analysis and Volumetric Error, 3rd ed. London: Crosby Lockwood and Son Ltd.

Demos, B.P. and Mandigo, R.W. 1996. Color of fresh, frozen and cooked ground beef patties manufactured with mechanically recovered neck bone lean. Meat Science. 42:415-429.

Folch, J., Lees, M. and Sloane Stanley, G.H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. Journal of Biological Chemistry. 226:497-509.

Fox, D.G., Tedeschi, L.O., Tylutki, T.P., Russell, J.B., Van Amburgh, M.E., Chase, L.E., Pell, A.N. and Overton, T.R. 2004. The Cornell net carbohydrate and protein system model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. Animal Feed Science and Technology. 112:29-78.

French, P., O'riordan, E.G,. Monahan, F.J., Caffrey, P.J., Vidal, M., Mooney, M.T. and Moloney, A.P. 2000. Meat quality of steers finished on autumn grass, grass silage or concentrate-based diets. Meat Science. 56:173-180.

Hall, M.B. 2009. Analysis of starch, including maltooligosaccharides, in animal feeds: a comparison of methods and a recommended method for AOAC collaborative study. JAOACI. 92:42.

Han, J.H. 1996. Modelling the inhibition kinetics and the mass transfer of controlled releasing potassium sorbate to develop an antimicrobial polymer for food packaging. Thesis Ph.D, Purdue University, West Lafayette, Indiana.

Holtenius, P. and Holtenius, K. 1996. New aspects of ketone bodies in energy metabolism of dairy cows: a review. Journal of Veterinary Medicine Series A. 43:579-587.

Hwang, S.G. 2017. Effect of feed additives on the improvement of Korean cattle productivity. Hanwooboard.

Jeong, J.Y., Suresh, S., Park, M.N., Jang, M., Park, S., Gobianand, K. and Lee, H.J. 2014. Effects of capsaicin on adipogenic differentiation in bovine bone marrow mesenchymal stem cell. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 27:1783-1793.

Kang, S.M., Ki, K.S., Oh, Y.K., Kim, K.H. and Choi, C.W. 2005. Effect of roughage feeding type during the growing and early-fattening periods on growth performance, feed efficiency and carcass characteristicsin Holstein steers. Journal of Animal Science and Technology. 47:769-782.

Kellems, R., Jones, O.R., Andrus, D. and Wallentine, M.V. 1991. Effect of moisture in total mixed rations on feed consumption and milk production and composition in Holstein cows. Journal of Dairy Science. 74:929-932.

Kelly, R.F., Fontenot, J.P., Graham, P.P., Wilkinson, W.S. and Kincaid, C.M. 1968. Estimates of carcass composition of beef cattle fed at different planes of nutrition. Journal of Animal Science. 27:620-627.

Kim, B.K., Jung, D.J., Lee, J.H., Hwang, E.G. and Choi, C.B. 2011. Comparison of growth performances and physico-chemical characteristics of Hanwoo bulls and steers of different slaughtering ages. Food Science of Animal Resources. 31:257-265.

Kim, G.L., Kim, J.K., Qin, W., Jeong, J., Jang, S.S., Sohn, Y.S., Choi, C.W. and Song, M.K. 2012. Effect of feeding whole crop barley silage- or whole crop rye silage based-TMR and duration of TMR feeding on growth, feed cost and meat characteristics of Hanwoo steers. Journal of Animal Science and Technology. 54:111-124.

Kim, K.H., Kim, K.S., Lee, S.C., Oh, Y.G., Chung, C.S. and Kim, K.J. 2003. Effects of total mixed rations on ruminal characteristics, digestibility and beef production of Hanwoo steers. Journal of Animal Science and Technology. 45:387-396.

Kim, S.I., Jung, K.K., Kim, J.Y., Lee, S.W., Baek, K.H. and Choi, C.B. 2007. Effect of feeding high quality hay on performance and physico-chemical characteristics of carcass of Hanwoo steers. Journal of Animal Science and Technology. 49:783-800.

Krishnamoorthy, U., Muscato, T.V., Sniffen, C.J. and Van Soest, P.J. 1982. Borate-Phosphate procedure as detailed in nitrogen fractions in selected feedstuffs. Journal of Dairy Sci. 65:217.

Lee, H.J., Cho, K.K., Kim, W.H., Kim, H.S., Kim, J.S., Hang, S.H. and Choi, Y.J. 2002. The nutritive values and manufacture of total mixed fermentation feeds using green forage crops and RiCE-straw. Journal of Animal Science and Technology. 44:75-86.

Lee, J.M., Choe, J.H., Lee, H.K., Na, J.C., Kim, Y.H., Cheon, D.W.,

Sea, S.C. and Hwang, K.S. 2010. Effect of quality grades on carcass characteristics, physico-chemical and sensory traits of *longissimus dorsi* in Hanwoo. Food Science of Animal Resources. 30:495-503.

Lee, J.M., Park, B.Y., Cho, S.H., Kim, J.H., Yoo, Y.M., Chae, H.S. and Choi, Y.I. 2004. Analysis of carcass quality grade components and chemicophysical and sensory traits of M. longissimus dorsi in Hanwoo. Journal of Animal Science and Technology. 46:833-840.

Lee, Y.S., Saha, A., Xiong, R., Owens, C.M. and Meullenet, J.F. 2008. Changes in broiler breat fillets tenderness, water-holding capacity, and color attributes during long-term frozen storage. Journal of Food Science. 73:162-168.

Licitra, G., Hernandez, T.M. and Van Soest, P.J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. Animal Feed Science and Technology. 57:347-358.

Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2017. Grade rule for cattle carcass in Korea. Korea Ministry of Government Legislation.

Mitsumoto, M., Ozawa, S., Mitsuhashi, T., Kono, S., Harada, T., Fujita, K. and Koide, K. 1995. Improvement of coor and lipid stability during display in Japanese black steer beef by dietary vitamin E supplementation for 4 weeks before slaughter. Journal of Animal Science. 66:962-968.

Mohammed, R., Kennelly, J.J., Kramer, J.K.G., Beauchemin, K.A., Stanton, C.S. and Murphy, J.J. 2010. Effect of grain type and processing method on rumen fermentation and milk rumenic acid production. Animal. 4:1425-1444.

Moon, Y.H. 2012. Comparison of quality characteristics among chilled loins obtained from Jeju black cattle, Hanwoo and imported Australian beef. Journal of the East Asian Society of Dietary Life. 22:497-505.

Nam, K.C., Du, M., Jo, C. and Ahn, D.U. 2001. Cholesterol oxidation products in irradiated raw meat with different packaging and storage time. Meat Science. 58:431-435.

Nocek, J.E., Steele, R.L. and Braund, D.G. 1985. Effect of Mixed ration nutrient density on milk of cwos transferred from high production group. Journal of Dairy Science. 68:133-139.

Ohsaki, H., Thnaka, A., Hoashi, S., Sasazaki, S., Oyama, K., Taniguchi, M., Mukai, F. and Mannen, H. 2009. Effect of SCD and SREBP genotypes on fatty acid composition in adipose tissue of Japanese Black cattle herds. Animal Science Journal. 80:225-232.

Oka, A., Iwaki, F., Ohtagaki, T.S., Noda, M., Shiozaki, T., Endoh, O. and Ozaki, M. 2002. Genetic effects on fatty acid composition of carcass fat of Japanese Black Wagyu steers. Journal of Animal Science. 80:1005-1011.

Sinnhuber, R.O. and Yu, T.C. 1977. The 2-thiobarbituric acid reaction, an objective measure of the oxidative deterioration occurring in fats and oils. Journal of Japan Oil Chemists' Society. 26:259-267.

Smid, E.J. and Hugenholtz, J. 2010. Functional genomics for food fermentation processes. Annual Review of Food Science and Technology. 1:497-519.

Taniguchi, K., Huntington, G.B. and Glenn, B.P. 1995. Net nutrient flux by visceral tissues of beef steers given abomasal and ruminal infusions of casein and starch. Journal of Animal Science. 73:236-249.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74:3583-3597.

Vatansever, L., Kurt, E., Enser, M., Nute, G.R., Scollan, N.D., Wood, J.D. and Richardson, R.I. 2000. Shelf life and eating quality of beef from cattle of different breeds given diets differing in n-3 polyunsaturated fatty acid composition. British Society of Animal Science. 71:471-482.

Weirbicki, E., Cahill, V.R. and Deatherage, F.E. 1957. Effect of added sodium chloride, potassium chloride, calcium chloride, magnesium chloride and citric acid on meat shrinkages at 70℃ and of added sodium chloride on drip losses after freezing and thawing. Institute of Food Technologists. 11:74-76.

Wheeler, T.L., Davis, G.W., Stoecker, B.J. and Harmon, C.J. 1987. Cholesterol concentration on longissimus muscle, subcutaneous fat and serum of two beef cattle breed types. Journal of Animal Science. 65:1531-1537.

Wistuba, T.J., Kegley, E.B. and Apple, J.K. 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.

(Received : October 25, 2019 | Revised : December 6, 2019 | Accepted : December 8, 2019)