

Effects of potato byproduct on growth performance, blood metabolites, and carcass characteristics of Hanwoo steers

Dong Hun Kang, Kwang Seok Ki, Sun Sik Jang, Seung Hak Yang, Eun Mi Lee, 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 investigate effects of a potato byproduct on growth performance, blood metabolites, and carcass characteristics of Hanwoo steers. The palm oil coated potato byproduct was supplemented to the diet of Hanwoo steers to estimate the effect on growth performance, blood metabolites, and carcass characteristics during the late fattening period. Thirteen steers with initial body weight of control (676.8 ± 31.7 kg), treatment 1 (671.8 ± 46.2 kg) and treatment 2 (672.8 ± 31.1 kg) were used for 60 days, respectively. Average daily gain of steers in treatment 2 and control was greater than that in treatment 1 ($p > 0.05$). All steers in treatment 2 had a grade quality grading system than B in meat quantity and had a meat quality higher than the 1st grade. According to the physicochemical analysis of longissimus muscle, treatment 2 had high brightness resulting from high meat quality ($p > 0.05$), and a decrease in redness and yellowness is seen as a dilution effect due to muscle hypertrophy ($p > 0.05$). The fatty acid composition showed low levels of linoleic acid ($p = 0.039$) and arachidonic acid ($p = 0.008$) in treatment 2. This resulted in lower polyunsaturated fatty acid (PUFA) levels ($p = 0.034$). On the other hand, high levels of oleic acid resulted in high levels of MUFA ($p > 0.05$). These results indicate that potato byproduct had similar effects with β_2 -adrenergic agonist (β_2 -AA). And there was no negative effect on the intramuscular fat. In conclusion, palm oil coated potato byproduct could be potentially used as an alternative growth enhancer.

Keywords: β_2 -adrenergic agonist, carcass characteristics, hanwoo steer, potato by-product

Introduction

우리나라 한우산업은 FTA 협정으로 인해 저렴하고 품질이 좋은 수입육과 경쟁력을 높이기 위해 고급육 생산을 지향하고 있다. 그로 인해 한우육질등급은 지난 10년간 지속적으로 증가하여 2017년 현재 거세한우 1등급이상 출현율이 87.6%에 육박하고 있다. 이러한 육질의 증가를 위해서 농가에서는 의도적으로 비육기간을 연장하고 있으며, 2016년 거세한우 평균 출하월령은 31.2개월령으로 보고되었다(KAPE, 2016). 비육기간연장은 지방의 과다 축적, 낮은 성장 속



click for updates

OPEN ACCESS

Citation: Kang DH, Ki KS, Jang SS, Yang SH, Lee EM, Park BH, Kwon EG, Chung KY. 2017. Effects of potato byproduct on growth performance, blood metabolites, and carcass characteristics of Hanwoo steers. Korean Journal of Agricultural Science 44:574-585.

DOI: <https://doi.org/10.7744/kjoas.20170073>

Editor: Jung Min Heo, Chungnam National University, Korea

Received: September 15, 2017

Revised: December 4, 2017

Accepted: December 8, 2017

Copyright: © 2017 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.

도 및 육량 감소로 농가의 생산비 증가로 이어지고 있다(Yoon et al., 2013).

최근 북미와 같은 축산 선진국에서는 가축의 증체량을 증가시키고 사료효율을 개선할 목적으로 사용 되어진 첨가제로 항생제와 호르몬제 같은 합성 성장 촉진제를 사용해 왔다. 항생제의 종류에 따라 증체량을 향상시킨다는 보고가 있었으나(Rogers et al., 1995), 국내에서는 2011년 7월 이후 치료 목적 외에는 항생제 사용이 금지 되었다. 또한 알칼로이드 계열 성장 촉진제인 β -adrenergic agonist (β -AA) 경우 근위성 세포의 분화와 단백질 합성으로 근섬유의 크기를 증가시키며(Yang and McElligott, 1989), 일당증체량, 사료효율 및 도체중을 증가시켜 생산 효율이 증가하게 된다고 알려져 있다(Du, 2014). 스테로이드 호르몬의 경우 거세우의 귀에 이식하여 사용함으로써 비육기 성장률을 개선하고 도체중 중 정육률을 증가시킨다는 보고가 있으나(Baxa et al., 2010), 장기간 급여할 경우 근내지방이 감소하는 효과가 있다(Chung et al., 2012). 비육후기에 급여하는 사료첨가물인 β -AA의 사용은 사료 효율, 지육율과 육량등급에 중요한 척도인 등심단면적이 증가하는 것으로 알려져 있다(Avendano-Reyes et al., 2006). 하지만 최근에는 천연화합물을 이용하여 가축의 성장촉진 및 사료효율 등을 개선 할 수 있는 대체제의 개발에 많은 관심이 있다. Kirk and Mittwoch (1975)의 연구에서는 감자에 함유 되어있는 α -solanine 성분이 사람의 fibroblast를 증가시키는 결과를 나타냈다.

본 연구에서는 알칼로이드 화합물을 함유한 식물체인 감자 부산물 코팅 첨가제를 거세한우에 급여하여 성장, 혈액성장 및 도체성적에 미치는 영향을 알아보기 위해 연구를 진행하였다.

Materials and Methods

공시동물

본 연구는 농촌진흥청 국립축산과학원 한우연구소에서 출하하기 전 60일 동안 진행하였다. 시험축은 한우연구소의 거세한우(27개월령 개시체중 674.2 ± 19.2 kg) 13두를 공시 하였고, 대조구는 5두, 처리1구와 처리2구는 각각 4두씩 처리하였다.

시험사료

시험에 사용한 감자 펠렛 사료는 작물을 수확하고 남겨진 줄기와 잎을 이용하여 가공하였다. 실외에서 24시간 일광건조 후 80°C 에서 12시간 열풍건조 하였으며, 대용량고속분쇄기를 이용하여 3 mm의 분말로 가공하였다. 가공한 분말은 10배 가수하여 100°C , 4시간 추출 한 뒤 농축하였으며, 분무건조기를 이용하여 건조 후 열수추출분말로 가공하였다. 펠렛 가공과정으로는 80°C water bath에서 열수추출분말과 경화팜유를 6 : 4의 비율로 혼합하여 녹인 후 모양틀에 넣어 5 mm 펠렛 사료로 가공하였다.

사양관리

사양 관리는 시중에 시판되는 거세우 비육 후기 배합사료(두당 9.5 kg)를 1일 2회(08 : 00, 16 : 00) 배분하여 부족하지 않도록 제공하였으며, 시험사료인 감자 지상부 유래 펠렛 사료는 배합사료를 오전에 급여할 때 혼합하여 급여하였으며, 대조구는 두당 감자 펠렛 사료의 40%에 해당하는 경화 팜유를 60일간(Con) 급여하였다. 처리1구는 감자 펠렛 사료를 두당 25 g, 60일(T1), 처리2구는 감자 펠렛 사료를 두당 10 g, 60일간(T2) 급여 하였다. 볏짚은 두당 1.4 kg씩 급여 하였다. 물과 무기물은 항상 섭취할 수 있도록 하였다. 시험사료의 일반성분 함량은 각각의 시료(2.0 kg)를 수집하여 AOAC (1990) 방법에 준하여 분석하여 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Ingredients and chemical compositions of final fattening concentrate, rice straw, and potato pellet.

	Concentrate	Rice straw	Potato pellet
Ingredient (%)			
Corn	40.00		
Lupin seed	1.00		
Wheat	10.00		
Wheat bran	10.00		
Gluten feed	18.00		
Oats bran	2.00		
Palm oil meal	10.00		
Sodium bicarbonate	2.00		
Salt	0.50		
Molasses	5.00		
Vitamin and mineral premix ²	1.50		
Total	100		
Chemical composition (%)			
Dry matter	87.96	91.43	94.2
Crude protein	12.42	4.39	8.21
Ether extract	3.68	2.36	39.4
Crude ash	6.14	13.07	21.2
Neutral detergent fiber	21.01	70.21	31.1
Acid detergent fiber	9.88	38.13	12.5

²Per kg : vitamin A, 8,000,000 IU; vitamin D3, 2,000,000 IU; vitamin E, 7,500 IU; antioxidant, 1,000 mg; Fe, 40,000 mg; Cu, 10,000 mg; Zn, 90,000 mg; Mn, 54,000 mg; Mg, 6,000 mg; Co, 300 mg; I, 1,800 mg; Se, 900 mg.

조사항목

체중측정 및 일당증체량

체중 측정은 시험 개시일(0일), 15, 30, 45 및 시험종료일(60일) 총 5번에 걸쳐 축사 내에 설치된 우형기(CAS Korea, Newton HT-501A)를 이용하여 측정하였다. 또한 체중측정은 오전 사료급여 전에 시행하였다. 일당 증체량은 15일 간격으로 측정된 값의 차로 구하였고, 각 처리구의 개체별 증체량을 시험일 수로 나누어 One-way ANOVA를 이용하여 일당증체량을 구하였다.

사료섭취량

시험이 진행되는 60일간 1일 2회 사료를 급여 한 후 익일 오전 사료급여 전에 배합 사료와 조사료의 잔량을 측정하여 사료 섭취량을 측정하였다. 또한 60일간 체중을 측정하여 증체량을 구하였다. 사료요구율은 “(사료섭취량 × 건물량) / 증체량”으로 구하였다.

혈액조사

혈액채취는 체중 측정 시 오전 사료급여 전에 공시축의 경정맥으로부터 채취 한 후 vacutainer tube (Becton Dickinson Korea)에 보관하였다. 채취한 혈액은 약 24시간 후에 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm에 20분간 분리하였고 분리된 혈청은 micro tube에 1 mL씩 담아 -80°C 초저온냉동고에 분석 전까지 보관하였다. 혈청 내 생리대사 물질인 albumin (ALB), glucose (GLU), triglyceride (TG), total protein (TP), inorganic phosphorus (IP), non-esterified fatty acid (NEFA)의 농도를 혈청분석기(Hitachi 7020, Japan)를 이용하여 분석하였다.

도체성적

도체조사는 사양시험이 종료된 공시축을 대관령면 평창소재 도축장에서 도축한 후, 4°C에서 18 - 24시간 동안 도체를 현수시킨 후 육량판정요인(도체중, 등지방두께, 배최장근단면적)과 육질판정요인(근내지방도, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도)을 소 도체등급판정기준에 의거하여 축산물등급판정사가 평가하였다.

등심육의 이화학분석 및 지방산조성

수분

수분 측정은 AOAC 방법에 따라 진행하였다. 시료는 분쇄 혼합하여 4 g 정도의 시료를 알루미늄 접시에 옮긴 후 시료의 수분손실을 줄이기 위해 가능한 신속하게 무게를 측정하였다. 시료가 담긴 알루미늄 접시를 오븐에 넣고 100 - 102°C에서 16 - 18시간 정도 건조시켰다. 시료를 오븐에서 꺼내어 desiccator에 넣고 실온에 약 30분간 방냉시킨 후 무게를 측정하였다. 수분함량은 “{(접시무게 + 시료무게) - 건조 후 시료무게} / 건조 전 시료 무게 × 100” 공식에 의하여 계산하였다.

조단백질

조단백질 측정은 AOAC 방법에 따라 Kjeltac System (Kjeltac Auto 2400/2460, Foss Tecator AB, Hoganas, Sweden)을 이용하여 분석하였다.

조지방

조지방 측정은 AOAC 방법에 따라 진행하였다. 실험 전 건조된 수기와 원통여과지의 무게를 측정하였으며, 마쇄한 시료 30 g을 측정 한 후 원통여과지에 넣고 무게를 측정하였다. Siphon에 시료가 담긴 원통여과지와 용매인 에테르를 충분히 넣고, 35 ± 2°C에서 24시간 동안 환류 시켰다. 환류를 마친 수기 내용물을 glassfilter에서 여과하였다. 이어서 수분을 제거하였으며, 38°C 건조기에서 1시간 건조 하였다. 이후 desiccator에서 30분간 방냉 시킨 후 시료의 무게를 측정하였다. 조지방 함량은 “(건조 후 무게 - 추출 후 무게) / 시료 무게 × 100” 공식에 의하여 계산하였다.

육색

육색은 근육을 절단하여 절단면을 공기 중에 30분 정도 노출시킨 후 chromameter (Minolta Co. CR-300, Japan)를 이용하여 CIE (Commision Internationale de L'Éclairage) L* (Lightness), a* (Redness), b* (Yellowness)의 값을 3반복 측정하여 평균값을 적용하였다. 이때 사용한 기준색 표준판은 Y = 92.40, x = 0.3136, y = 0.3196의 백색타일을 이용하여 고정한 다음 시료의 색차를 측정하였다.

가열감량

등심을 두께 3 cm 스테이크 모양으로 절단하여 고기의 내부온도 70°C, 10분간 가열하여 가열 전후의 무게 차이를 백분율로 나타내었다.

전단력

전단력은 등심을 두께 3 cm 스테이크 모양으로 근섬유방향과 직각이 되도록 근육을 절단하여 80°C에서 40분간 가열한 후 흐르는 물에 20분간 방냉 하였다. 방냉 한 시료에서 직경 1.27 cm²를 근섬유 방향에 따라 원통형으로 뚫어 시료를 채취한 후 Instron Universal Testing Machine (Model 4465, UK)를 이용하여 근섬유 방향과 직각 방향으로 절단하여 전단력을 측정하여 8회 이상 반복 측정하였다.

지방산 조성

Folch et al. (1957)에 따라 시료 50 g과 chloroform:methanol (2 : 1) 용액 250 mL를 homogenizer 3000 ppm로 균질 하여 지질을 추출하였다. 이후 Na_2SO_4 을 이용하여 수분을 제거하였으며, 여과액은 50 - 55°C에서 농축하였다. 1 mL tricosanic acid와 1 mL 0.5 N NaOH를 첨가하였다. 100°C에서 20분간 가열한 후 실온에서 30분간 방냉 하였으며, 다시 BF_3 를 2 mL 첨가하고 20분간 가열한 후 실온에서 30분간 방냉 하였다. heptane과 4 mL NaCl 첨가한 후 상등 액을 취하여 GC에 주입하여 지방산 측정하였다.

통계처리

본 실험의 체중 및 도체성적은 one-way ANOVA를 이용하여 분석하였고, 혈액 성적들은 SAS (Statistical Analysis System software version 9.2)를 이용하여 완전 임의배치 Mixed model (PROC MIXED) 분석 및 상관관계의 유의성($p < 0.05$)을 검증하였다.

Results and Discussion

성장과 사료요구율

Table 2에서는 개시체중, 출하체중, 일당증체량 및 사료요구율을 나타내었다. 첨가제 급여 60일 후의 체중 및 일당 증체량에서 처리1구가 가장 낮았으며, 대조구와 처리2구는 비슷한 수치를 나타냈다($p > 0.05$). 일반적으로 비육후기 거세 한우의 일당증체량은 0.6 - 0.7 kg으로 알려져 있다. Chung et al. (2015)의 연구에서는 거세한우 30개월령의 출하 체중이 737.5 kg이었으며, 비육후기의 일당증체량은 0.71 kg을 나타냈다. 본 연구에서도 두당 10 g씩 60일 동안 급여 한 처리2구와 대조구가 비슷한 일당증체량을 나타냈다($p > 0.05$). 사료요구율에서는 대조구가 12.18 kg, 처리1구는 15.91 kg, 처리2구는 12.07 kg로 나타났으며, 처리2구와 대조구가 비슷한 수치를 나타냈다. 평균 930일령의 거세 한우에게 20일간 β -AA를 급여한 한우 연구에서도 일당증체량이 증가하였으며(Choi et al., 2013), β -AA를 급여한 연구에서도 일당증체량과 사료효율을 향상 시키는 결과를 보였다(Schiavetta et al., 1990). 본 연구에서는 선행연구와 달리 일당증체량과 사료요구율이 향상되는 결과는 나타나지 않았다. 이는 β -AA와 달리 부산물을 이용하여 만들어진 첨가제로 기능성 물질 성분의 농도가 낮거나 희석 되어서 나타나는 것으로 보여진다. 또한 조금 더 효과적으로 적용하기 위해서는 급여량과 급여기간을 세부적으로 고려하여 급여 하는 것이 바람직할 것으로 보여진다.

Table 2. Effect of palm oil coated rumen bypass potato byproduct supplement on growth performance of Hanwoo steers.

	Treatments			SEM	p-value
	Con	T 1	T 2		
Initial BW (kg)	676.80	671.75	672.75	1.54	0.994
Final BW (kg)	718.00	694.75	711.75	6.94	0.907
ADG (kg)	0.76	0.43	0.72	0.10	0.228
FCR	12.18	15.91	12.07	.	.

Abbreviation : Con, palm oil 10 g/hd for 60 day; T1, Potato pellet 25 g/hd for 60 day; T2, Potato pellet 10 g/hd for 60 day; SEM, standard error of mean; BW, body weight; ADG, average daily gain; FCR, feed conversion ratio.

혈액성분

출하 60일 전에 감자 부산물 코팅 첨가제를 급여한 후 대조구와 처리구별 혈중 생리대사 물질인 ALB, GLU, TG, TP, IP, NEFA의 농도변화를 Table 3에 나타내었다. 혈중 ALB는 처리2구가 3.54 ± 0.05 g/dL로 가장 높았으며,

처리1구는 3.41 ± 0.05 g/dL, 대조구가 3.31 ± 0.03 g/dL로 나타났다($p = 0.005$). 첨가제 급여기간 동안 대조구가 ALB 농도가 유지되는 반면에 처리2구에서는 3.73 g/dL로 높은 수치로 시작되어 급여 종료일까지 꾸준히 감소하는 경향이 보였다(Table 3). 혈중 GLU 농도는 처리1구가 91.45 ± 5.15 mg/dL로 높게 나타났으며, 대조구가 76.60 ± 1.15 mg/dL, 처리2구는 70.40 ± 2.42 mg/dL로 나타났다($p = 0.001$). 첨가제 급여기간 동안 혈중 GLU 농도가 처리1구에서 가장 많이 증가하였다($p = 0.035$). 혈중 TG 농도는 대조구가 16.04 ± 1.05 mg/dL, 처리1구는 17.60 ± 1.74 mg/dL, 처리2구는 20.00 ± 1.89 mg/dL로 나타났다($p > 0.05$). 대조구와 처리1구는 시간이 지남에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 처리2구는 증가하는 경향을 나타냈다($p = 0.065$). 혈중 TP 농도는 대조구가 6.83 ± 0.28 g/dL, 처리1구는 6.89 ± 0.29 g/dL, 처리2구는 6.83 ± 0.07 g/dL로 비슷한 농도를 나타냈다($p > 0.05$). 혈중 IP 농도는 대조구가 7.04 ± 0.08 mg/dL, 처리1구는 6.91 ± 0.16 mg/dL, 처리2구는 6.97 ± 0.14 mg/dL로 나타났으며, 시간이 지남에 따라 대조구와 처리구 모두 감소하였다($p = 0.028$). 혈중 NEFA 농도는 처리2구가 387.4 ± 31.9 μ Eq/L, 처리1구는 400.8 ± 21.7 μ Eq/L, 대조구가 418.0 ± 29.0 μ Eq/L로 나타났으며, 그 중에서 대조구가 가장 높은 수치를 나타냈다($p > 0.05$). 혈중 ALB는 지용성 스테로이드 호르몬과 지방산을 혈액 내로 운반하는 운반단백질의 기능을 하고 있으며, 젖소의 혈중 ALB 농도는 $3.2 - 3.6$ g/dL로 보고되었고(Roussel et al., 1982), 20 - 29개월령의 거세한우에서는 $3.4 - 3.5$ g/dL로 나타났다(Jang et al., 2016). 일본 흑모우, 일본 황우, 육우에서 생리적인 나이가 증가함에 따라 ALB 수치가 증가하는 경향이 나타났으며(Matsuzaki et al., 1997), 일본 흑모우의 비육시기 ALB 수치는 $2.9 - 3.3$ g/dL로 나타났다(Adachi et al., 1999). 본 연구에서는 대조구와 처리1구에서 선행연구들과 비슷한 농도를 나타냈다. 반면 10 g씩 60일 동안 급여한 처리2구에서는 ALB의 농도가 높았으며, 첨가제를 급여하는 동안 꾸준히 감소하는 경향이 선행연구와 상이한 결과를 나타냈다. 혈중 GLU는 인슐린의 도움을 받아서 각 세포에 흡수가 되며, 에너지를 저장하기 위해서 지방생합성의 원료로 이용된다(Choi et al., 2009). Chung et al. (2015)의 연구에서 거세한우 비육후기의 혈중 GLU 농도는 $59 - 99$ mg/dL로 나타났으며, 일본 흑모우 A5 등급의 혈중 GLU 농도는 $70 - 80$ mg/dL로 보고 되어있다(Rural culture association Japan. 1999). Brahman 교잡종과 Buffalo 교잡종의 암소와 수소 모두 비육시기에 혈중 GLU 농도가 감소한다는 결과를 나타냈으며(Ban-Tokuda et al., 2007), 일본 흑모우에서도 근내지방이 높은 그룹의 혈중 GLU 농도가 비육기간이 지남에 따라 감소하는 경향이 나타났다(Adachi et al., 1999). 본 연구에서는 선행연구와 달리 대조구와 모든 처리구가 증가하는 경향을 나타냈으며, 비육후기 시기로

Table 3. Effect of palm oil coated rumen bypass potato byproduct supplement on blood metabolites of Hanwoo steers.

	0 Day			15 Day			30 Day			45 Day			60 Day			SEM	Trt	Day	T x D
	Con	T 1	T 2	Con	T 1	T 2	Con	T 1	T 2	Con	T 1	T 2	Con	T 1	T 2				
ALB (g/dL)	3.34	3.45	3.73	3.30	3.20	3.53	3.32	3.45	3.53	3.30	3.45	3.43	3.30	3.48	3.48	0.03	0.005	0.471	0.680
GLU (mg/dL)	71.20	78.25	61.00	78.00	85.00	77.75	75.20	98.00	68.25	76.00	91.50	65.00	82.60	104.50	80.00	3.03	0.001	0.035	0.804
TG (mg/dL)	20.80	23.25	20.25	10.40	12.75	16.50	17.20	18.00	21.50	17.20	16.75	18.50	14.60	17.25	23.25	0.93	0.189	0.065	0.931
TP (g/dL)	6.52	6.50	6.98	6.44	6.15	6.68	6.54	6.78	6.70	8.02	8.03	6.85	6.64	7.00	6.95	0.13	0.981	0.064	0.820
IP (mg/dL)	7.40	7.48	7.43	6.88	6.45	6.78	6.98	6.73	6.73	7.00	6.90	7.10	6.94	6.98	6.80	0.07	0.735	0.028	0.985
NEFA (μ Eq/L)	356.4	407.0	373.0	522.5	466.5	535.6	373.6	335.5	406.2	461.2	391.2	304.5	397.2	403.7	351.0	16.94	0.731	0.073	0.763

Abbreviation: Con, palm oil 10 g/hd for 60 day; T1, Potato pellet 25 g/hd for 60 day; T2, Potato pellet 10 g/hd for 60 day; SEM, standard error of mean; Trt, treatment effect; Day, day effect; T x D, Interaction between treatment and day; ALB, albumin; GLU, glucose; TG, triglyceride; TP, total protein; IP, inorganic phosphorus; NEFA, non-esterified fatty acid.

농후사료 급여 증가로 인해 혈중 GLU 농도가 높아진 것으로 보여진다. 혈중 NEFA는 영양분섭취량이 유지요구량에 만족되지 않을 때 농도가 높아지는 것으로 알려져 있으며, 비육중기와 후기에 높아지는 경우에는 육질을 저하시킬 수 있다고 보고되었다(Rural culture association Japan. 1999). 또한 Drackley et al. (1998)의 연구에서 제한 급여를 했을 때 혈중 NEFA 농도가 급격하게 증가하는 결과를 나타냈다. Park et al. (2016)의 연구에서는 인위적인 병적 상태를 유발하였을 때 NEFA 농도가 증가하는 경향이 나타났다. 본 연구에서는 대조구와 처리구간의 혈중 NEFA의 유의적인 차이가 나타나지 않는 것으로 보아 감자 부산물 코팅 첨가제가 체내의 면역체계 및 지방대사에 관련된 NEFA에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 보여진다

체특성과 육질등급

Table 4는 비육후기 출하 전 60일 동안 감자 부산물 코팅 첨가제를 처리구 별로 급여 한 후 도체성적을 표로 나타내었다. 도체중은 대조구가 417 kg, 처리1구는 401 kg, 처리2구는 405 kg으로 나타났으며, 유의적 차이가 나타나지 않았다. 등지방 두께에서는 대조구가 11 mm으로 낮은 수치를 나타냈으며, 등심단면적에서는 대조구가 85.20 cm²으로 높은 수치를 나타냈다($p > 0.05$). 반면 육량지수는 처리2구가 65.63%으로 높은 수치를 나타냈다($p > 0.05$). 육량등급(A : B : C)에서 대조구가 40 : 40 : 20에 비해 처리2구가 25 : 75 : 0으로 육량 등급이 향상되는 결과를 나타냈다. 근내지방도에서는 대조구가 5.00, 처리2구는 7.00으로 대조구에 비해 높은 경향이 보였으나, 유의적 차이는 나타나지 않았다. 육질등급(1⁺⁺ : 1⁺ : 1 : 2)에서 대조구가 0 : 20 : 60 : 20에 비해 처리2구 50 : 25 : 25 : 0으로 높은 결과를 나타냈다. 축산물등급판정 통계 연보 (KAPE, 2016)에 의하면 거세한우 평균 도체중이 400 - 450 kg일 때 등지방 두께는 13.4 mm, 등심단면적은 91.0 cm², 근내지방도는 5.6로 보고 되어있다. 본 연구에서는 도체중 401 - 417 kg, 등지방두께 11 - 13 mm, 등심단면적 81.5 - 85.2 cm², 근내지방도 4.75 - 7.00로 나타났으며, 통계 연보와 비교해 보았을 때 도체중에 비해 등심단면적은 낮았다. 반면 근내지방도는 증가하였고, 등지방두께는 감소하였다. Kang et al. (2011)의 연구에서는 도체중, 등지방두께, 등심단면적 및 육량, 육질등급에서 유의적 차이가 나타나지 않았다. 반면 Choi et al. (2013)의 연구에서는 지육율과 등심단면적 및 육량등급에서 증가하는 결과를 나타냈으나($p < 0.05$), 육질등급에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 본 연구에서 등급판정 결과 중 육량등급에서 A등급은 대조구가 40%, 처리1구는 0%, 처리2구는 25%으로 A등급 출현율은 대조구가 높았으며, C등급에서는 대조구가 20%, 처리1구는 25%, 처리2구는 0%으로 C등급 출현율은 처리2구가 낮았다. 반면 육질등급에서 1등급 이상은 대조구가 80%, 처리1구는 75%, 처리2구는 100%으로 1등급 이상 출현율은 두당 10 g씩 60일 동안 급여한 처리2구가 가장 높은 출현율을 나타냈다. 육량등급과 육질등급을 함께 보았을 때 대조구에 비해 처리2구가 육량등급에서 B등급 이

Table 4. Effect of palm oil coated rumen bypass potato byproduct supplementation on carcass characteristics and meat grade of Hanwoo steers.

	Treatment			SEM	p-value
	Con	T 1	T 2		
CW (kg)	417.20	401.75	405.75	4.62	0.901
BFT (mm)	11.00	13.00	11.25	0.62	0.611
LMA (cm ²)	85.20	81.50	84.50	1.13	0.854
Dressing (%)	65.60	64.24	65.63	0.45	0.653
Marbling score	5.00	4.75	7.00	0.71	0.147
Quality grade (1 ⁺⁺ : 1 ⁺ : 1 : 2) (%)	0 : 20 : 60 : 20	0 : 25 : 50 : 25	50 : 25 : 25 : 0	.	.
Yield grade (A : B : C) (%)	40 : 40 : 20	0 : 75 : 25	25 : 75 : 0	.	.

Abbreviation: Con, palm oil 10 g/hd for 60day; T1, potato pellet 25 g/hd for 60day; T2, potato pellet 10 g/hd for 60day; SEM, standard error of mean; CW, carcass weight; BFT, back-fat thickness; LMA, longissimus muscle area.

상 출현율이 증가하였으며, C등급의 출현율은 감소하였다. 육질등급에서는 1등급이상 출현율이 100%으로 나타났다. 도체성적에서 등심단면적, 지육율, 등지방 두께에서 유의적 차이가 나타나지 않았지만, 개체별 간의 육질등급과 육량등급을 보았을 때 감자 부산물 코팅 첨가제가 β -AA와 같이 육량을 증가시키는 경향을 보였으며, 육질에는 부정적인 영향이 없는 것으로 보여진다.

Fig. 1는 도체성적의 개체별 도체중에 따른 등심단면적을 그래프로 나타냈다. 대조구에서는 도체중이 증가함에 따라 등심단면적의 증가하는 폭이 낮았다. 반면에 첨가제를 급여한 모든 처리구에서 등심단면적의 증가하는 폭이 높았다. 특히 처리2구에서 등심단면적의 증가하는 폭이 가장 높게 나타났다. 결과적으로 감자 부산물 코팅 첨가제가 등심단면적에 긍정적인 영향을 주는 것으로 보여진다.

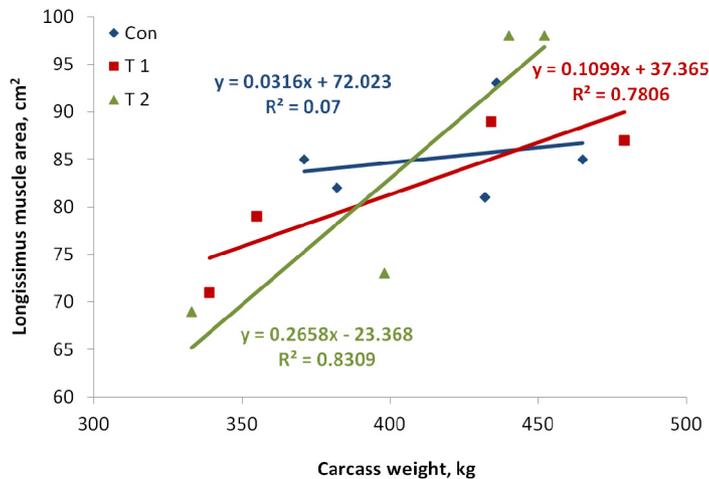


Fig. 1. Change in longissimus measurement area of Hanwoo steers fed different levels of palm oil coated rumen bypass potato byproducts.

등심육의 이화학분석 및 지방산분석

Table 5은 감자 부산물 코팅 첨가제 급여 수준에 따른 육색, 수분, 조지방, 조단백, 가열감량, 전단력 등의 일반분석과 이화학적 성질을 나타내었다. 육색에서 명도를 나타내는 L^* 은 대조구가 39.58, 처리1구는 39.63, 처리2구는 41.26으로 처리2구가 높은 수치를 보였지만 유의적 차이는 나타나지 않았다($p > 0.05$). 적색도를 나타내는 a^* 와 황색도를 나타낸 b^* 에서는 대조구와 처리구 간의 유의적 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$). 수분은 대조구가 61.48, 처리1구는 62.91, 처리2구는 58.26으로 처리2구가 가장 낮은 수치를 보였으며, 조지방 함량은 대조구가 17.14, 처리1구 15.07, 처리2구는 21.59으로 처리2구가 가장 높은 수치를 나타냈다($p > 0.05$). 조단백질 함량과 가열함량에서 처리1구가 가장 높은 수치를 나타냈으나 유의적 차이는 나타나지 않았다($p > 0.05$). 전단력은 대조구가 3.30, 처리1구는 4.14, 처리2구는 2.59으로 처리2구가 낮았으며 유의적 차이는 나타나지 않았다($p > 0.05$). 육색에서 근내지방도가 증가함에 따라 명도, 적색도, 황색도가 증가한다고 보고 하였으며, 근내지방도 8 및 9의 명도는 각각 41.97 및 40.36을 나타냈다(Lee et al., 2012). 본 연구에서도 근내지방도가 7을 나타낸 처리2구의 명도에서 41.26로 조금 높은 수치를 나타내며 유사한 결과를 나타냈다. Mersmann (2002)의 연구에서는 fast twitch glycolytic의 비중이 커지면서 heme pigmentation가 줄어드는 창백한 고기에 대한 경향을 보고하였으며, β -AA를 먹인 거세우에서는 등심의 명도가 증가하였고, 적색도는 감소하는 것으로 나타났다(Avendano-Reyes et al., 2006). 반면 Choi et al. (2013)의 연구에서는 명도와 황색도는 감소하였고, 적색도는 증가하는 결과를 나타냈다. Carr et al. (2005)의 연구에서는 육색(a^* , b^*)이 감소하였으며, 이는 근섬유의 비대로 인해 oxymyoglobin의 농도가 희석되어졌기 때문이라

고 보고하였다. 본 연구에서 처리2구가 대조구에 비해 명도는 증가하였으며, 이는 근내지방도가 높아 명도가 증가하는 것으로 보여진다. 또한 적색도와 황색도가 감소한 것으로 보아 선행연구와 비슷한 결과를 나타냈으며, 이는 희석효과로 인한 것으로 보여진다. 수분함량이 낮은 등심에서는 지방함량이 높았으며, 수분함량이 높은 등심에서는 지방함량이 낮은 경향을 나타냈다(Kim et al., 1996). 본 연구 결과에서도 대조구와 모든 처리구에서 수분함량과 지방함량이 역의 관계로 일치하는 경향이 나타났다. 가열감량은 대체로 낮을수록 육질이 좋다고 알려져 있으며, 근내지방도가 높을수록 가열감량이 낮아진다는 보고(Breidenstein et al., 1968)와 같이 본 연구에서도 처리2구가 가장 낮은 수치를 나타내며 일치하는 경향이 보였다. 전단력은 육질등급이 높아질수록 전단력이 낮아진다고 보고되어있으며(Obuz et al., 2004), β -AA를 급여한 처리구가 대조구에 비해 전단력이 22% 증가하는 결과를 보였다(Leheska et al., 2009). 본 연구에서는 β -AA를 급여한 연구와 달리 처리2구가 대조구에 비해 27.9% 감소하는 상반되는 결과를 나타냈으며, 이는 높은 근내지방도로 인해 전단력이 감소한 것으로 보여진다.

Table 5. Effect of palm oil coated rumen bypass potato byproducts supplementation on physicochemical analysis for longissimus muscle of Hanwoo steers.

	Treatments			SEM	p-value
	Con	T 1	T 2		
CIE L*	39.58	39.63	41.26	0.55	0.604
CIE a*	23.40	21.82	23.03	0.47	0.479
CIE b*	10.71	9.82	10.59	0.27	0.571
Moisture (%)	61.48	62.91	58.26	1.37	0.277
Crude fat (%)	17.14	15.07	21.59	1.92	0.247
Crude protein (%)	19.41	20.14	18.17	0.57	0.215
Crude ash (%)	0.86	0.87	0.78	0.02	0.357
Cooking loss (%)	23.30	24.26	22.14	0.61	0.458
Shear force (kg)	3.30	4.14	2.59	0.44	0.134

Abbreviation: Con, palm oil 10 g/hd for 60day; T1, potato pellet 25 g/hd for 60day; T2, potato pellet 10 g/hd for 60day; SEM, standard error of mean; CIE L*, lightness; CIE a*, redness; CIE b*, yellowness.

Table 6는 감자 부산물 코팅 첨가제 급여가 거세한우 등심육의 지방산 조성에 미치는 영향에 대한 결과를 나타냈다. 포화지방산 중 myristic acid와 palmitic acid는 대조구와 처리구간의 유의적 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$). stearic acid는 대조구, 처리1구 및 처리2구에서 각각 10.86, 11.01, 12.04%으로 처리2구가 다소 높은 경향을 보였다($p > 0.05$). 불포화지방산인 palmitoleic acid에서 대조구와 처리구간의 유의적 차이는 나타나지 않았다($p > 0.05$). Oleic acid는 처리2구가 52.18%로 다소 높은 경향을 보였으나, 유의적 차이는 나타나지 않았다($p > 0.05$). Linoleic acid에서 대조구, 처리1구 및 처리2구는 각각 2.34, 2.09, 1.75%으로 처리2구가 가장 낮은 경향을 보였다($p = 0.057$). Saturated fatty acid (SFA) 조성은 각각 41.04, 41.06 및 40.95%으로 처리2구가 낮은 비율을 보였으며, unsaturated fatty acid (UFA) 조성은 58.96, 58.95 및 59.05%으로 처리2구가 높은 비율을 나타냈다($p > 0.05$). 한편 polyunsaturated fatty acid (PUFA) 조성은 2.63, 2.40 및 1.97%으로 처리2구가 낮은 경향을 보였다($p = 0.058$). 본 연구에서 등심육의 지방산은 oleic acid, palmitic acid, stearic acid 순서로 대부분의 비율을 차지하고 있다. Oleic acid는 불포화지방산 중 가장 높은 비율을 차지하며, 풍미와 건강 증진에 관련 되어있는 것으로 보고 되어있다(Smith et al., 2006). Sturdivant et al. (1992)의 연구에서는 oleic acid, palmitic acid 및 stearic acid이 각각 50.81, 26.64 및 7.19%를 나타냈으며, Chu et al. (2004)의 연구 결과에서 42.35 - 50.47%, 25.22 - 29.23%, 10.07 - 12.33%를 나타냈다. 본 연구의 결과에서는 감자 부산물 코팅 첨가제를 급여한 처리2구의 oleic acid가 52.18%로 흑모우와 거세한우

를 이용한 국내의 보고 보다 더 높은 결과를 나타냈으며, 이는 감자 부산물 코팅 첨가제가 지방산 조성에 영향을 미치지 않는 것으로 보여진다.

Table 6. Effect of palm oil coated rumen bypass potato by-product supplementation on the fatty acid composition of longissimus muscle of Hanwoo steers (% of total fatty acid).

	Treatments			SEM	p-value
	Con	T1	T2		
Myristic acid	3.44	3.11	3.20	0.09	0.685
Palmitic acid	26.74	26.94	25.72	0.37	0.680
Palmitoleic acid	4.44	4.39	4.37	0.02	0.992
Stearic acid	10.86	11.01	12.04	0.37	0.509
Oleic acid	51.30	51.67	52.18	0.25	0.837
Linoleic acid	2.34a	2.09ab	1.75b	0.17	0.039
γ -Linoleic acid	0.04	0.05	0.04	0.01	0.253
Linolenic acid	0.08	0.08	0.06	0.01	0.122
Eicosenoic acid	0.58	0.50	0.53	0.02	0.510
Arachidonic acid	0.18a	0.18a	0.12b	0.02	0.008
SFA	41.04	41.06	40.95	0.03	0.997
UFA	58.96	58.95	59.05	0.03	0.997
MUFA	56.32	56.56	57.08	0.22	0.877
PUFA	2.63a	2.40ab	1.97b	0.19	0.034

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

Abbreviation : Con, palm oil 10 g/hd for 60day; T1, potato pellet 25 g/hd for 60day; T2, potato pellet 10 g/hd for 60day; SEM, standard error of mean; SFA, saturated fatty acid; UFA, unsaturated fatty acid; MUFA, monounsaturated fatty acid; PUFA, polyunsaturated fatty acid.

Conclusion

본 연구에서는 감자 부산물 코팅 첨가제의 급여가 거세한우의 성장, 도체 특성, 혈액성상 및 근육 유전자 발현에 미치는 영향에 대해 알아보자 시험을 실시하였다. 60일 동안 진행 된 첨가제 급여가 성장, 혈액성상 및 도체성적에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았지만, 육량 개선에 대해 긍정적인 경향이 나타났다. 체중 및 일당증체량에서 대조구와 처리구 간의 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 처리1구가 낮은 수치를 나타냈다. 또한 사료 요구율에서도 처리1구가 높은 수치를 나타냈다. 도체성적 중 육량등급 결과에서는 대조구와 처리1구가 C등급 출현율이 높았으며, 처리2구에서는 C등급이 나타나지 않았다. 반면 육질등급에서 1등급 이상은 대조구가 80%, 처리1구가 75%, 처리2구는 100%으로 1등급 이상 출현율이 처리2구가 높게 나타났다. 등심육의 이화학분석에서는 처리2구가 높은 육질등급으로 인해 명도가 증가하는 결과를 나타냈으며, 적색도와 황색도가 감소한 것은 근육증대로 인한 희석효과로 보여진다. 지방산조성에서는 처리2구에서 linoleic acid와 arachidonic acid의 낮은 수치를 나타냈으며, 이로 인해 PUFA가 낮은 수치를 나타냈다. 반면 oleic acid가 높음으로 인해 MUFA도 높은 수치를 나타냈다. 결론적으로 첨가제 급여가 육량증가에 긍정적인 영향이 나타났으며, 근내지방도에는 부정적인 영향을 나타나지 않았으므로 육질등급에는 영향이 미치지 않을 것으로 사료된다. 감자 부산물 코팅 첨가제의 알칼로이드 성분은 단일화합물 성장촉진제인 β_2 -AA에 비해 효과가 낮은 것으로 사료되며, 첨가제 함량 및 급여기간을 조절할 필요가 있을 것으로 사료된다.

Acknowledgement

본 연구는 2017년도 농촌진흥청 기관고유사업(과제번호: PJ01091002)의 지원에 의하여 수행하였습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

References

- Adachi K, Kawano H, Tsuno K, Nomura Y, Yamamoto N, Arikawa A, Tsuji A, Adachi M, Onimaru T, Ohwada K. 1999. Relationship between serum biochemical values and marbling score in Japanese black steers. *Journal of Veterinary Medical Science* 61:961-964.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists, Arlington). 1990. Official methods of analysis. 15th edn.
- Avendano-Reyes L, Torres-Rodriguez V, Meraz-Murillo FJ, Perez-Linares C, Figueroa-Saavedra F, Robinson PH. 2006. Effects of two β -adrenergic agonists on finishing performance, carcass characteristics, and meat quality of feedlot steers. *Journal of Animal Science* 84:3259-3265.
- Ban-Tokuda T, Orden EA, Barrio AN, Lapitan RM, Delavaud C, Chilliard Y, Fujihara T, Cruz LC, Homma H, Kanai Y. 2007. Effects of species and sex on plasma hormone and metabolite concentrations in crossbred Brahman cattle and crossbred water buffalo. *Livestock Science* 107:244-252.
- Baxa TJ, Hutcheson JP, Miller MF, Brooks JC, Nichols WT, Streeter MN, Yates DA, Johnson BJ. 2010. Additive effects of a steroidal implant and zilpaterol hydrochloride on feedlot performance, carcass characteristics, and skeletal muscle messenger ribonucleic acid abundance in finishing steers. *Journal of Animal Science* 88:330-337.
- Breidenstein BB, Cooper CC, Evans RG, Bray RW. 1968. Influence of marbling and maturity on palatability of beef muscle. 1. Chemical and organoleptic considerations. *Journal of Animal Science* 38:1532-1541.
- Carr SN, Rincker PJ, Killefer J, Backer DH, Ellis M, McKeith FK. 2005. Effects of different cereal grains and ratopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 83:223-230.
- Choi CB, Jung KK, Chung KY, Yang BS, Chin KB, Suh SW, Oh DH, Jeon MS, Baek KH, Lee SO, Kim SI, Lee YH, Yates DA, Hutcheson JP, Johnson BJ. 2013. Administration of zilpaterol hydrochloride alters feedlot performance, carcass characteristics, muscle, and fat profiling in finishing Hanwoo steers. *Livestock Science* 157:435-441.
- Choi CW, Baek KH, Kim SJ, Oh YH, Hong SK, Kwon EK, Song MK, Choi CB. 2009. Effects of polyclonal antibodies to abdominal and subcutaneous adipocytes on ruminal fermentation patterns and blood metabolites in Korean native steers. *Journal of Animal Science and Technology* 51:231-240.
- Chu GM, Ahn BH. 2004. Effects of dietary Vitamin C and E on carcass grade and fatty acid composition of Hanwoo steers. *Journal of Animal Science and Technology* 46:387-396. [in Korean]
- Chung KY, Baxa TJ, Parr SL, Luque LD, Johnson BJ. 2012. Administration of estradiol, trenbolone acetate, and trenbolone acetate/estradiol implants alters adipogenic and myogenic gene expression in bovine skeletal muscle. *Journal of Animal Science* 90:1421-1427.
- 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. *Journal of Agricultural Science* 42:261-268. [in Korean]
- Drackley JK, LaCount DW, Elliott JP, Kulsmeier TH, Overton TR, Clark JH, Blum SA. 1998. Supplemental fat and nicotinic acid for Holstein cows during an air lactation. *Journal of Dairy Science* 81:201-214.
- Du M. 2014. Meat science and muscle biology symposium-implants, muscle development, and meat quality. *Journal of Animal Science* 92:1-2.
- Folch J, Lees M, Stanley GHS. 1957. *Journal of Biological Chemistry* 226:497-500.4.

- Jang SS, 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 of Hanwoo steers. *Korean Journal of Agricultural Science* 43:810-817. [in Korean]
- Kang SM, Kim YJ, Muhlisin, Song YH, Kim GY, Lee SK. 2011. Effect of dietary palm oil supplementation on the quality of carcass and meat of Hanwoo. *Korean Society for Food Science of Animal Resources* 31:748-755. [in Korean]
- KAPE (Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation). 2016. *Animal products Grading Statistical Yearbook*. [in Korean]
- Kim DG, Jung KK, Sung SK, Choi SB, Kim SG, Kim, DY, Choi BJ. 1996. Effects of castration on the carcass characteristics of Hanwoo and Holstein. *Journal of Animal Science and Technology* 38:239-248.
- Kirk D, Mittwoch U. 1975. Changes in mitotic cycle induced by α -solanine. *Humangenetik* 26:105-111.
- Lee JM, Choe JH, Jin HJ, Kim TI, Park BY, Hwang DY, Koh KC, Kim CJ, Hwang KS. 2012. Effect of marbling score on carcass grade factors, physic-chemical and sensory traits of *M. Longissimus Dorsi* in Hanwoo. *Korean Society for Food Science of Animal Resources* 32:659-668. [in Korean]
- Leheska JM, Montgomery JL, Krehbiel CR, Yates DA, Hutcheson JP, Nichols WT, Streeter M, Blanton JR, Miller MF. 2009. Dietary zilpaterol hydrochloride. II. Carcass composition and meat palatability of beef cattle. *Journal of Animal Science* 87:1384-1393.
- Matsuzaki M, Takizawa S, Ogawa M. 1997. Plasma insulin, metabolite concentration, and carcass characteristics of Japanese black, Japanese brown, and Holstein steer. *Journal of Animal Science* 75:3287-3293.
- Mersmann HJ. 2002. Beta adrenergic receptor modulation of adipocyte metabolism and growth. *Journal of Animal Science* 80:E24-E29.
- Obuz E, Dikeman ME, Grobbel JP, Stephens JW, and Loughin, T. M. 2004. Beef *longissimus lumborum*, *biceps femoris*, and deep pectoralis Warner-Bratzler shear force is affected differently by endpoint temperature, cooking method, and USDA quality grade. *Meat Science* 68:243-248.
- Park BH, Kim UH, Jang SS, Yang SH, Lee EM, Kang DH, Kwon EG, Chung KY. 2016. Biological effects of dietary probiotics on blood characteristics in Hanwoo heifers subjected to lipopolysaccharide (LPS) challenge. *Korean Journal of Agricultural Science* 43:818-827. [in Korean]
- Rogers JA, Branine ME, Miller CR, Wray MI, Bartle SJ, Preston RL, Gill DR, Pritchard RH, Stilborn RP, Bechtol DT. 1995. Effects of dietary virginiamycin on performance and liver abscess incidence in feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 73:9-20.
- Roussel JD, Seybt SH, Toups G. 1982. Metabolic profile testing for Jersey cows in Louisiana: reference values. *American Journal of Veterinary Research* 43:1075-1077.
- Rural culture association Japan. 1999. *Production medicine system*. 183-202 pp.
- Schiavetta AM, Miller MF, Lunt DK, Davis SK, Smith SB. 1990. Adipose tissue cellularity and muscle growth in young steers fed the β -adrenergic agonist clenbuterol for 50 days and after 78 days of withdrawal. *Journal of Animal Science* 68:3614-3623.
- Smith SB, Lunt DK, Chung KY, Choi CB, Tume RK, Zembayashi M. 2006. Adiposity, fatty acid composition, and delta-9 desaturase activity during growth in beef cattle. *Journal of Animal Science* 77:478-486.
- Sturdivant C A, Lunt DK, Smith GC, Smith SB. 1992. Fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular adipose tissue and *M. longissimus dorsi* of Wagyu cattle. *Meat Science* 32:449-458.
- Yang YT, McElligott MA. 1989. Multiple actions of the β -adrenergic agonists on skeletal muscle and adipose tissue. *Biochemical Journal* 261:1-12.
- Yoon JH, Won JI, Lee KS, Kim JB, Lee JK. 2013. Estimation of reasonable market month of age for Hanwoo steer. *Journal of Animal Science and Technology* 55:405-416. [in Korean]