

Research Article

## 사양체계 및 NDF 급여 수준이 번식용 육성우의 혈중 대사물질 변화에 미치는 영향

박병기<sup>1\*</sup>, 안준상<sup>2\*</sup>, 우종민<sup>3</sup>, 김민지<sup>3</sup>, 손기활<sup>3</sup>, 조상래<sup>2</sup>, 김병완<sup>3</sup>, 권응기<sup>2</sup>, 신종서<sup>3</sup>

<sup>1</sup>농협사료

<sup>2</sup>국립축산과학원 한우연구소

<sup>3</sup>강원대학교 동물생명과학대학

### Effects of Feeding System and NDF Level on Blood Metabolism of Growing Cows

Byung Ki Park<sup>1\*</sup>, Jun Sang Ahn<sup>2\*</sup>, Jong Min Woo<sup>3</sup>, Min Ji Kim<sup>3</sup>, Gi Hwal Son<sup>3</sup>, Sang Rae Cho<sup>2</sup>,  
Byong Wan Kim<sup>3</sup>, Eung Gi Kwon<sup>2</sup> and Jong Suh Shin<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>Nonghyup Feed Co. LTD., Seoul 05398, Korea

<sup>2</sup>Hanwoo Research Institute, National Institute of Animal Science, RDA, Pyeongchang 25340, Korea

<sup>3</sup>Division of Animal Resource Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

#### ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of feeding system and NDF levels of TMR on blood metabolites in Holstein heifers. Fifty heifers were assigned to one of five treatments according to feed type and level of NDF: TMR (total mixed ration), CON (concentration + mixed forage), T1 ( $\geq 53\%$  NDF), T2 ( $50\sim 53\%$  NDF), and T3 ( $\leq 50\%$  NDF). Although GLU concentrate was not effected by feed type, increased significantly as the level of NDF decreased. There was no effect on concentrate of blood metabolite related with protein. As the level of NDF decreased, the blood ALB concentration was increased ( $p < 0.05$ ). The concentration of blood CHOL was higher in CON than those of TMR ( $p < 0.05$ ), and increased as the level of NDF decreased. The concentration of blood lipid was higher in CON than those of TMR and increased at lower level of NDF. The concentration of blood ALT were significantly lower in T3 than T1 and T2 ( $p < 0.05$ ). Thus, the results of this study suggest that the feeding system and NDF level may affect the blood metabolite concentration; however, the feed intake and other nutrient levels should also be considered.

**(Key words):** Blood metabolism, Feed system, TMR, NDF)

#### I. 서론

가축이 섭취한 사료는 소화과정을 거쳐 가장 작은 단위의 영양소로 분해되며, 상피세포를 통해 흡수된 후 혈액을 통해 각 기관으로 이동된다. 혈액에는 영양, 면역 및 호르몬 등과 관련된 다양한 물질들이 존재하는데, 이러한 물질들은 가축의 건강 상태, 품종, 나이, 성별 및 사료 등에 따라 달라질 수 있다(Kwon et al., 2006; Choi et al., 2018). 특히 축우의 경우 혈중 대사물질 농도를 기준으로 개체의 상태를 파악할 수 있는 대사관정시험(Metabolic profile test, MPT) 체계를 도입하여 혈액 분석을 통해 건강상태 진단이나 사양관리를 개선하

는데 사용하고 있다. 1970년에 처음 젖소 사양에서 MPT 분석기술(Payne et al., 1970)이 접목된 이래 MPT와 관련된 다양한 연구(Samanc et al., 2011; Zhao et al., 2014)가 진행되어 왔으며, 국내에서도 혈중 대사물질 농도와 수태율(Oh et al., 2001) 또는 사양체계에 따른 혈중 대사물질 변화(Kim, 2018) 등과 같은 연구가 진행된 바 있다.

일반적으로 축우에 적용되는 사양체계는 반추동물용 섬유질배합사료(Total Mixed Ration, TMR) 및 일반 배합사료 체계가 있으며, 젖소에서는 유량과 유지율을 고려하여 TMR 사양체계를 주로 이용하고 있다. TMR 제조시에는 다양한 조사료가 사용되는데, 특히 조사료의 품질 및 첨가비율은 TMR의 영

<sup>†</sup>These 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.

양적 가치와 이용성에 영향을 미친다(Lee and Lee, 2004). 또한 분리급여체계(배합사료+조사료)에서도 조사료의 종류 및 품질에 따라 번식용 암소 육성우의 섭취수준은 달라질 수 있다(Hoover, 1986; Ki, 2002). Neutral detergent fiber(NDF)는 중성세제 불용성 섬유소로 주로 세포벽 물질의 비율을 나타내는 지표이며, NDF의 화학적 조성, 소화속도 및 소화량은 건물섭취량에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Oba and Allen, 1999). 이와 같이 번식용 육성우 사양에 있어서 사양체계 및 조사료의 선택과 NDF 함량은 매우 중요한 관계에 있지만, 이러한 요인들이 혈중 대사물질 변화에 미치는 영향에 대한 연구는 비교적 적은 편이다. 따라서 본 연구는 사양체계 및 TMR의 NDF 급여 수준이 번식용 젖소 육성우의 혈중 대사물질 농도 변화에 미치는 영향을 규명하고, 에너지, 단백질, 지질 및 간 기능 관련 지표 대사물질의 농도를 토대로 번식용 젖소 육성우 뿐만 아니라 번식용 한우 육성우의 영양 상태를 관리하기 위한 기초자료를 제공하기 위해 수행되었다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시험장소, 시험기간 및 공시동물

본 연구는 번식용 젖소(Holstein) 육성우 사육농가(2개소)를 대상으로 약 7개월 동안 수행되었으며, 공시동물은 15.6 ±

0.7 개월령의 번식용 젖소 육성우 50두(421.5 ± 21.3 kg)를 공시하여 본 실험에 이용하였다.

### 2. 실험설계 및 사양관리

사양체계에 따른 시험구 배치는 TMR 처리구(TMR) 및 배합사료 + 혼합 조사료(톨페스큐 + 티모시) 처리구(CON)로 2처리 하였으며, 처리구당 10두씩 임의배치 하였다. TMR의 NDF 수준에 따른 시험구 배치는 NDF 53% 이상(T1), 50~53%(T2) 및 50% 이하(T3)로 3처리 하였으며, 처리구당 10두씩 임의배치 하였다. 사료는 1일 2회 (07:00 및 17:00)로 나누어 체중의 2.5% 수준으로 급여하였으며, 모든 시험구는 처리에 따라 pen(10 × 10m)당 10두씩 군집 사육하였다. 물과 미네랄 블록은 자유롭게 이용할 수 있도록 하였으며, 기타 사양관리는 농가 관행에 따라 진행되었다. 급여사료는 AOAC (1990) 및 Van soest et al. (1991) 분석방법에 준하여 분석되었으며, 화학적 조성은 Table 1 및 2에 나타난 바와 같다.

### 3. 혈액채취 및 분석

혈액은 오전 사료 급여전에 시험축의 경정맥에서 18 gauge needle을 이용하여 10ml 채취하였으며, 채취된 혈액은 heparin이 첨가된 혈중 대사물질 분석용 진공 튜브에 주입한 뒤 4℃에서 6시간 동안 정치시켰다. 혈중 대사물질을 분석하기 위해

Table 1. Chemical composition of the experimental diets for feeding system(DM basis, %)

Item	TMR	Concentrate	Mixed forage
Dry matter	67.23±0.42	90.54±0.15	91.36±0.05
Crude protein	15.03±0.25	21.92±0.42	8.06±0.52
Ether extract	3.87±0.16	5.48±0.06	2.00±0.13
Crude fiber	23.14±0.59	14.50±0.36	28.18±0.34
NDF <sup>1)</sup>	50.26±0.81	34.31±0.19	64.6±0.74
ADF <sup>2)</sup>	30.32±0.29	24.31±1.11	34.06±0.29
Crude ash	6.15±0.21	6.27±0.13	5.58±0.19

<sup>1)</sup>NDF: neutral detergent fiber, <sup>2)</sup>ADF: acid detergent fiber

Table 2. Chemical composition of the experimental diets for NDF level in TMR (DM basis, %)

Item	NDF level of TMR <sup>1)</sup>		
	T1	T2	T3
Dry matter	69.06±0.22	65.01±0.85	63.33±0.69
Crude protein	15.02±0.13	14.53±0.23	15.08±0.33
Ether extract	5.37±0.14	3.45±0.49	3.31±0.07
Crude fiber	22.56±0.93	24.20±0.63	21.33±1.05
NDF <sup>2)</sup>	53.36±0.60	50.17±1.4	48.42±0.59
ADF <sup>3)</sup>	31.27±0.47	32.46±1.01	29.65±1.25
Crude ash	6.24±0.03	7.61±0.09	6.23±0.33

<sup>1)</sup>NDF level of TMR: T1 = more than 53%, T2 = 53 ~ 50% and T3 = less than 50%, <sup>2)</sup>NDF: neutral detergent fiber, <sup>3)</sup>ADF: acid detergent fiber

heparin이 첨가된 혈액을 3000 rpm에서 10분간 원심분리 한 다음 혈장을 분리하여 자동 혈액분석기 (Hitachi 7020, Hitachi, Ibaraki, Japan)로 glucose(GLU), cholesterol(CHOL), albumin(ALB), total protein(TP), triglyceride(TG), blood urea nitrogen(BUN), aspartate aminotransferase(AST), alanine aminotransferase(ALT), gamma( $\gamma$ )-glutamyl transferase(GGT) 및 non esterified fatty acid(NEFA)를 분석하였다.

#### 4. 통계분석

통계분석은 SAS(Statistical Analysis System software version 9.4) program을 이용하여 Duncan의 multiple range test와 T-test로 처리구간 유의성( $p < 0.05$ )을 검정하였다.

### III. 결과 및 고찰

사양체계 및 TMR의 NDF 수준이 번식용 젖소 육성우의 사료섭취량에 미치는 영향은 Table 3과 같다. 사양체계에 따른 처리구간 사료섭취량의 차이는 없었으며, TMR의 NDF 수준의 경우에도 처리구간 유의적인 차이는 없었지만, NDF 수준이 감소될수록 사료섭취량이 증가되는 경향을 보였다. 본 연구에서 사양체계 및 TMR의 NDF 수준에 따른 사료섭취량의

차이가 적었던 원인은 사료 급여량을 체중대비 2.5%로 동일하게 적용하였기 때문인 것으로 판단되며, Kim et al. (2003)이 배합사료와 TMR의 사료 급여형태에 따른 사료섭취량의 차이는 없었다고 보고한 점도 본 연구를 뒷받침 해주고 있다. 다만 NDF 수준에 따른 처리구간 섭취량의 차이는 적었지만, 이전 연구결과와 마찬가지로 사료의 NDF 수준은 사료섭취량에 영향을 미치는 중요 요인(Grant, 1997; Lee et al., 2013)인 것으로 판단된다.

사양체계 및 TMR의 NDF 수준이 번식용 젖소 육성우의 에너지 관련 혈중 대사물질에 미치는 영향은 Table 4에 나타낸 바와 같다. 사양체계에 따른 혈중 GLU 농도는 TMR 및 CON 처리구간 비슷한 수준으로 나타났으며, NEFA 농도도 사양체계에 따라 차이를 보이지 않았다. NDF 수준에 따른 혈중 GLU 농도는 T3가 T1 및 T2에 비해 현저히 높게 나타났으며( $p < 0.05$ ), NEFA 농도도 NDF 수준이 높을수록 증가되는 경향을 보였다. 일반적으로 혈중 GLU 농도는 사료의 종류 및 섭취량에 많은 영향을 받는 것으로 알려져 있으며(Brockman and Bergman, 1975), 주로 전분 함량이 높은 곡류사료의 발효로 생성되는 프로피온산이 포도당 신합성경로를 통해 간에서 GLU로 전변되는 것으로 보고되고 있다(Choi, 2004). 본 연구에서 사료의 NDF가 감소될수록 혈중 GLU가 증가된 것은 비교적 섬유질 함량이 적은 에너지용 원료사료의 사용비율 증가가 원인인 것으로 추측된다. 또한, 체내에서 이용될 수 있

Table 3. Effects of feeding system and NDF level on feed intake in Holstein heifers

Item	Feeding system <sup>1)</sup>			NDF level of TMR <sup>2)</sup>			
	TMR	CON	P value	T1	T2	T3	P value
Body weight, kg	413.09±20.24	411.38±7.04	0.785	431.39±25.67	422.34±15.08	429.49±27.23	0.637
DMI <sup>3)</sup> , kg/d	10.12±0.68	10.19±0.11	0.306	10.38±0.32	10.42±0.24	10.60±0.29	0.135
TMR	10.12±0.68	-	-	10.38±0.32	10.42±0.24	10.60±0.29	0.135
Concentrate	-	4.86±0.12	-	-	-	-	-
Mixed forage	-	5.33±0.08	-	-	-	-	-

<sup>1)</sup>Feeding system: TMR = total mixed ration, CON = concentrate + mixed forage; <sup>2)</sup>NDF level of TMR: T1 = more than 53%, T2 = 53 ~ 50% and T3 = less than 50%; <sup>3)</sup>DMI: dry matter intake

Table 4. Effects of feeding system and NDF level on energy-related blood metabolites in Holstein heifers

Item	Feeding system <sup>1)</sup>			NDF level of TMR <sup>2)</sup>			
	TMR	CON	P value	T1	T2	T3	P value
GLU <sup>3)</sup> (mg/dL)	70.95±15.82	70.63±18.22	0.947	63.79±12.85 <sup>b</sup>	62.50±12.38 <sup>b</sup>	81.44±14.60 <sup>a</sup>	0.047
NEFA <sup>4)</sup> ( $\mu$ eq/L)	314.68±128.75	329.58±141.79	0.732	337.34±159.79	303.29±103.05	267.30±78.75	0.522

<sup>1)</sup>Feeding system: TMR = total mixed ration, CON = concentrate + mixed forage; <sup>2)</sup>NDF level of TMR: T1 = more than 53%, T2 = 53 ~ 50% and T3 = less than 50%; <sup>3)</sup>GLU: glucose; <sup>4)</sup>NEFA: non esterified fatty acid

는 에너지가 부족할 때 증가되는 NEFA의 농도가 NDF 수준이 감소될수록 낮아지는 결과와도 관련이 있는 것으로 판단된다. Kappel (1984)은 사료의 에너지 수준이 증가할수록 혈중 GLU가 유의적으로 증가된다고 보고하여 본 연구결과를 뒷받침 해주고 있다. 그러나 사양체계가 혈중 에너지 관련 대사물질에 미치는 영향은 적은 것으로 판단된다.

사양체계 및 TMR의 NDF 수준이 번식용 젖소 육성우의 단백질 관련 혈중 대사물질에 미치는 영향은 Table 5에 나타낸 바와 같다. 사양체계에 따른 TP와 ALB 농도에 대한 TMR 및 CON 처리구간 차이는 적었으며, BUN 농도는 TMR 처리구에 비해 CON 처리구에서 높은 경향을 보였지만, 유의적인 차이는 없었다. NDF 수준에 따른 TP 농도는 처리구간 8.55 ~ 8.74 g/dL로 비슷하였으며, ALB 농도는 NDF 수준이 낮을수록 유의적으로 증가되는 결과를 보였다( $p < 0.05$ ). BUN 농도의 경우 T3가 19.71 mg/dL로 가장 높았으며, T2가 16.41 mg/dL로 가장 낮게 나타나 NDF 수준에 따른 일관된 결과를 보이지 않았다. TP는 급여하는 사료의 단백질 수준이 높을수록 증가되는데(Doornebal et al., 1988), 본 연구에서 TMR 및 CON 처리구의 사료내 조단백질 함량의 차이가 있었음에도 처리구간 차이가 없었던 것은 사료섭취량의 차이 때문인 것으로 판단된다. 또한 Lim et al. (2011)은 번식우에게 단백질 분해효소 처리를 하여 반추위 분해율과 외관상 소화율을 높

인 사료를 급여하였지만, TP의 증가는 미비하였다는 결과를 보고한 바 있어 일정 수준 이상의 단백질을 섭취하였을 경우에만 TP의 차이가 발생될 수 있을 것으로 생각된다. 마찬가지로 NDF 수준에 따른 처리구별 급여사료의 조단백질 함량의 차이는 있었지만, TP 농도에 미치는 영향이 적었던 결과와도 관련이 있는 것으로 판단된다.

ALB는 주로 간에서 합성되는 대사물질이며, 세포를 구성하는 단백질로써 사료 단백질에 의해 장기적으로 영향을 받는 것으로 보고되고 있다(Rowlands et al., 1977; Lee et al., 1978). 본 연구에서도 일관되지는 않았지만, 사료 단백질 함량이 높은 처리구의 ALB 농도가 높은 경향을 보여 이전 연구결과들과 유사하였다. 혈액의 요소 농도는 단백질 섭취량, 반추위 분해율, 사료의 아미노산 조성, 간 및 신장의 기능 등 다양한 요인에 의해 영향을 받지만(Hong et al., 2010), 특히 축우가 섭취한 단백질의 이용효율과 관계가 깊다(Lee et al., 2001). 즉 혈중 BUN 농도는 급여사료의 단백질 수준이 높을수록 증가될 수 있으며, 본 연구에서도 사양체계 및 NDF 처리구에 따른 급여사료의 조단백질 함량과 섭취량이 높을수록 BUN이 증가된 결과도 이를 뒷받침 해주고 있다.

사양체계 및 TMR의 NDF 수준이 번식용 젖소 육성우의 지질 관련 혈중 대사물질에 미치는 영향은 Table 6에 나타낸 바와 같다. 사양체계 따른 혈중 CHOL 농도는 TMR 처리구에 비해

Table 5. Effects of feeding system and NDF level on protein-related blood metabolites in Holstein heifers

Item	Feeding system <sup>1)</sup>			NDF level of TMR <sup>2)</sup>			
	TMR	CON	<i>P</i> value	T1	T2	T3	<i>P</i> value
TP <sup>3)</sup> (g/dL)	8.60±0.71	8.28±0.75	0.186	8.55±0.84	8.74±0.62	8.61±0.64	0.871
ALB <sup>4)</sup> (g/dL)	4.38±0.49	4.65±0.70	0.133	4.12±0.39	4.30±0.24	4.69±0.51	0.049
BUN <sup>5)</sup> (mg/dL)	18.26±4.06	19.01±5.72	0.614	17.44±2.29	16.41±4.63	19.71±5.16	0.143

<sup>1)</sup>Feeding system: TMR = total mixed ration, CON = concentrate + mixed forage; <sup>2)</sup>NDF level of TMR: T1 = more than 53%, T2 = 53 ~ 50% and T3 = less than 50%; <sup>3)</sup>TP: total protein; <sup>4)</sup>ALB: albumin; <sup>5)</sup>BUN: blood urea nitrogen

Table 6. Effects of feeding system and NDF level on lipid-related blood metabolites in Holstein heifers

Item	Feeding system <sup>1)</sup>			NDF level of TMR <sup>2)</sup>			
	TMR	CON	<i>P</i> value	T1	T2	T3	<i>P</i> value
CHOL <sup>3)</sup> (mg/dL)	201.28±69.47 <sup>b</sup>	247.21±56.68 <sup>a</sup>	0.041	154.63±62.60 <sup>b</sup>	201.60±49.52 <sup>ab</sup>	253.32±43.39 <sup>a</sup>	0.014
TG <sup>4)</sup> (mg/dL)	16.50±4.57	18.85±11.73	0.292	14.74±4.15 <sup>b</sup>	15.00±1.58 <sup>ab</sup>	18.91±4.78 <sup>a</sup>	0.020

<sup>1)</sup>Feeding system: TMR = total mixed ration, CON = concentrate + mixed forage; <sup>2)</sup>NDF level of TMR: T1 = more than 53%, T2 = 53 ~ 50% and T3 = less than 50%; <sup>3)</sup>CHOL: cholesterol; <sup>4)</sup>TG: triglyceride

CON 처리구에서 19.9% 증가되는 결과를 보였으며( $p<0.05$ ), 혈중 TG 농도의 경우에도 CON 처리구가 TMR 처리구 보다 높게 나타났다. 한편 NDF 수준에 따른 혈중 CHOL 농도는 NDF 수준이 낮을수록 유의적으로 증가되었으며( $p<0.05$ ), 마찬가지로 혈중 TG 농도의 경우에도 NDF 수준이 낮을수록 높아지는 결과를 보였다( $p<0.05$ ). 혈중 CHOL의 농도는 간 기능이 저하되거나 사료섭취량 부족에 따른 지방 섭취량이 부족할 경우 낮아지며 (Schick et al., 1983), triglyceride도 주요한 지질성분으로 사료의 섭취수준과 밀접한 관계가 있는 것으로 보고된 바 있다(Kim et al., 2011). 본 연구에서 사양체계에 따른 CHOL과 TG의 차이는 급여사료의 조지방 함량에 대한 차이로 판단되며, NDF 수준에 따른 CHOL과 TG의 차이는 사료섭취량의 영향으로 생각된다. NDF는 주로 사료섭취량과 관계가 깊은 지표로 보고되고 있으며(Welch, 1967), Van Soest (1965)의 연구에서도 사료의 NDF 함량이 높을수록 사료섭취량이 감소되는 것으로 보고된 바 있다.

사양체계 및 TMR의 NDF 수준이 번식용 젖소 육성우의 간 기능 관련 혈중 대사물질에 미치는 영향은 Table 7에 나타난 바와 같다. 사양체계에 따른 혈중 AST 및 ALT 농도는 TMR 처리구가 CON 처리구에 비해 높았으나, 혈중 GGT 농도는 TMR 처리구에 비해 CON 처리구에서 높아지는 경향을 보였다. NDF 수준에 따른 혈중 AST 농도는 일관된 경향을 보이지 않았으며, T2에서 가장 높았고 T3에서 가장 낮았지만, 처리구간 유의적인 차이는 없었다. 혈중 ALT 농도는 T3가 T1 및 T2에 비해 유의적으로 낮은 결과를 보였으며( $p<0.05$ ), 반대로 GGT 농도는 T3가 다른 처리구들에 비해 높게 나타났다. 혈중 AST, ALT 및 GGT는 간세포에 존재하는 효소들로 주로 간세포가 손상된 경우에 혈액으로 유리되어 농도가 증가되며, 가축의 간 기능 판정에 가장 폭 넓게 활용되고 있는 혈중 대사물질로 보고되고 있다(Kim, 2018). 특히 혈중 AST 및 ALT 농도는 주로 급성 간 손상에 대한 지표로 활용되고

혈중 GGT 농도는 만성적인 지표로 사용되고 있다. 일반적으로 간 손상지표들은 과비, 농후사료 과잉급여, 스트레스 및 제 1위 암모니아 과잉 발생 등으로 증가되는데(Lee, 2011), 본 연구결과에서 CON 처리구에 비해 TMR 처리구에서 AST 및 ALT가 증가되고 GGT가 반대의 결과를 보인 것은 여름철 수분 함량이 높은 TMR 사료의 부패 및 곰팡이 등이 영향(Korosteleva et al., 2007)을 미쳤을 것으로 판단되며, GGT는 에너지 함량이 높은 배합사료의 영향으로 생각된다. NDF 수준의 경우에도 NDF가 가장 낮았던 처리구에서 혈중 AST 및 ALT 농도가 감소된 것은 TMR 제조시 사용되는 사일리지와 같은 고수분 조사료의 부패 또는 곰팡이 오염(Ogunade et al., 2018)과 관련이 있을 것으로 판단된다.

#### IV. 요약

본 연구는 사양체계 및 TMR의 NDF 수준이 번식용 젖소 육성우의 혈중 대사물질 농도 변화에 미치는 영향을 검토하고, 에너지, 단백질, 지질 및 간 기능 관련 지표 대사물질의 농도를 토대로 영양 상태를 관리하기 위한 기초자료를 제공하기 위해 수행되었다. 공시동물은 번식용 젖소 육성우 50두를 공시하였으며, 시험구 배치는 사양체계에 따라 TMR 처리구 (TMR) 및 배합사료 + 혼합 조사료 처리구(CON)의 2처리로 하였으며, TMR의 NDF 수준에 따라 53% 이상(T1), 50 ~ 53%(T2) 및 50% 이하(T3)로 3처리 하였다. 혈중 GLU 농도는 사양체계에 영향을 받지 않았지만, NDF 수준이 감소될수록 유의적으로 증가하였다( $p<0.05$ ). 사양체계가 혈중 단백질 관련 대사물질 농도에 미치는 영향은 없었으며, NDF 수준이 낮아질수록 혈중 ALB 농도가 증가되는 결과를 보였으며( $p<0.05$ ). 혈중 CHOL 농도는 TMR 보다 CON 처리구에서 높았으며 ( $p<0.05$ ), NDF 수준이 낮을수록 증가되는 결과가 나타났다.

Table 7. Effects of feeding system and NDF level on liver-related blood metabolites in Holstein heifers

Item	Feeding system <sup>1)</sup>			NDF level of TMR <sup>2)</sup>			
	TMR	CON	<i>P</i> value	T1	T2	T3	<i>P</i> value
AST <sup>3)</sup> (g/dL)	112.24±26.19	97.58±23.92	0.083	113.50±22.58	132.10±29.71	105.00±27.55	0.125
ALT <sup>4)</sup> (g/dL)	38.26±9.02	34.08±8.12	0.152	41.42±7.59 <sup>a</sup>	44.50±3.79 <sup>a</sup>	32.88±9.12 <sup>b</sup>	0.014
GGT <sup>5)</sup> (mg/dL)	37.18±13.27	38.75±10.32	0.712	34.05±14.13	35.80±7.92	41.09±13.51	0.293

<sup>1)</sup>Feeding system: TMR = total mixed ration, CON = concentrate + mixed forage; <sup>2)</sup>NDF level of TMR: T1 = more than 53%, T2 = 53 ~ 50% and T3 = less than 50%; <sup>3)</sup>AST: aspartate aminotransferase; <sup>4)</sup>ALT: alanine aminotransferase; <sup>5)</sup>GGT: gamma( $\gamma$ )-glutamyl transferase

혈중 지질 농도는 TMR 보다 CON에서 높았으며, NDF 수준이 낮아질수록 높게 나타났다. 혈중 ALT 농도는 T3구가 T1 및 T2구에 비해 유의적으로 낮게 나타났다( $p<0.05$ ). 따라서 본 연구의 결과에서 사양체계 및 TMR의 NDF 수준은 번식용 젖소 육성우의 혈중 대사물질 농도 변화에 영향을 미칠 수 있지만, 사료섭취량 및 영양성분 수준을 고려할 필요가 있을 것으로 판단된다.

## V. 사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ012695012018 - 번식효율 개선을 위한 대사물질검사 간이 진단 kit 기술 개발)과 2018년도 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업에 의해 이루어진 것임

## VI. REFERENCES

- A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis(15th Ed.). Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C.
- Brockman, R.P. and Bergman, E.N. 1975. Effect of glucagon on plasma alanine and glutamine metabolism and hepatic gluconeogenesis in sheep. *American Journal of Physiology-Legacy Content*. 228:1627-1633.
- Choi, C.W. 2018. Nutrient requirement for maintenance and nutritional changes of The Hanwoo steers in early-fattening stage under heat stress. *Korean Journal of Agricultural Science*. 45:74-78.
- Choi, B.R. 2004. Nutrient benefits management method of milking. *Korean Journal of Clinical Oncology*. pp. 5-22.
- Doornbal, H., Tong, A.K. and Murray, N.L. 1988. Reference values of blood parameters in beef cattle of different ages and stages of lactation. *Canadian Journal of Veterinary Research*. 52:99-105.
- Grant, R.J. 1997. Interactions among forages and nonforage fiber sources. *Journal of Dairy Science*. 80:1438-1446.
- Hong, Z.S., Lee, Z.H., Xu, C.X., Yin, J.L., Jin, Y.C., Lee, H.J. and Lee, H.G. 2010. Effect of fermented brown seaweed Waste (FBSW) on milk production, composition and physiological responses in Holstein dairy cows. *Journal of Animal Science and Technology*. 52:287-296.
- Hoover, W.H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *Journal of Dairy Science*. 69:2755-2766.
- Kappel, L.C., Ingraham, R.H., Morgan, E.B., Zeringue, L., Wilson, D. and Babcock, D.K. 1984. Relationship between fertility and blood glucose and cholesterol concentrations in Holstein cows. *American Journal of Veterinary Research*. 45:2607-2612.
- Ki, K.S. 2002. Studies on the effects of feeding and establishment of optimal condition of TMR in dairy cattle. Ph.D thesis. Deajon. Korea.
- 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. *Korean Journal Food Science Animal Resources*. 31:257-265.
- 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, M.J. 2018. A study on relationship of blood metabolites and carcass traits in Hanwoo steers. Master's thesis. ChunCheon. Korea.
- Korosteleva, S.N., Smith, T.K. and Boermans, H.J. 2007. Effects of feedborne Fusarium mycotoxins on the performance, metabolism, and immunity of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 90:3867-3873.
- Kwon, E.G., Cho, Y.M., Choi, Y.H., Park, B.K., Chung, H.J., Choi, N.J., Ahn, B.S. and Kim, J.B. 2006. Effects of maternal genetic potential and parity with pre- and postpartum on body weights, body condition score and blood metabolites in Hanwoo cows. *Journal of Animal Science and Technology*. 48:881-888.
- Lee, A.J., Twardock, A.R., Bubar, R.H., Hall, J.E. and Davis, C.L. 1978. Blood metabolic profiles: Their use and relation to nutritional status of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 61:1652-1670.
- Lee, D.H., Kwon, C.H., Kim, E.J., Kim, H.J., Kim, G.H. and Kim, S.K. 2013. Effect of levels of total neutral detergent fiber and forage-derived neutral detergent fiber on feed intake and milk production in Holstein dairy cows. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 33:304-312.
- Lee, J.S. 2011. Effects of stage of lactation and parity on milk component and blood metabolite profile of lactating dairy cows. Ph.D thesis. Chungnam. Korea.
- Lee, S.M. and Lee, J.Y. 2004. The effects of corn silage and roughages feeding systems on milk yield and compositions. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 24:43-52.
- Lee, S.M., Kim, D.W., Choi, B.R., Seo, K.M. and Hong, C.H. 2001. Study of nutritional status and management of lactating dairy cows using analysed milk composition. *Korean Journal of Veterinary Research*. 41:243-252.
- Lim, D.H., Ki, K.S., Lee, H.J., Kim, S.B., Kwon, E.G. and Park, J.K. 2011. Studies on in situ ruminal degradation characteristics by protease treatment of protein feedstuffs. *Annals of Animal Resource Sciences*. 22:101-108.
- Oba, M. and Allen, M.S. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 82:1005-1012.

- Science. 82:589-596.
- Ogunade, I.M., Martinez-Tupia, C., Queiroz, O.C.M., Jiang, Y., Drouin, P., Wu, F. and Adesogan, A.T. 2018. Silage review: Mycotoxins in silage: Occurrence, effects, prevention, and mitigation. *Journal of Dairy Science*. 101:4034-4059.
- Oh, S.J., Yang, B.S., Im, G.S., Yang, B.C., Seong, H.H., Park, Y.Y. and Kim, K.N. 2001. Effects of characteristics of corpus luteum and serum metabolites on pregnancy rate following embryo transfer in Hanwoo cow. *Korean Journal Animal Reproduction*. 25:9-17.
- Payne, J.M., Dew, S.M., Manston, R. and Faulks, M.A.R.G.A.R.E.T. 1970. The use of a metabolic profile test in dairy herds. *Veterinary Record*. 87:150-158.
- Rowlands, G.J., Little, W. and Kitchenham, B.A. 1977. Relationships between blood composition and fertility in dairy cows—a field study. *Journal of Dairy Research*. 44:1-7.
- Samanc, H., Kirovski, D., Stojić, V., Stojanović, D., Vujanac, I., Prodanović, R. and Bojković-Kovačević, S. 2011. Application of the metabolic profile test in the prediction and diagnosis of fatty liver in Holstein cows. *Acta Veterinaria*. 61:543-553.
- SAS. 1999. SAS/STAT Software for PC. Release 9.4 version Edition, SAS institute, Cary, NC. USA.
- Schick, P.K., Tuszynski, G.P. and Vander Voort, P.W. 1983. Human platelet cytoskeletons: specific content of glycolipids and phospholipids. *Blood*. 61:163-166.
- Van Soest, P.J. 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *Journal of Animal Science*. 24:834-843.
- 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.
- Welch, J.G. 1967. Appetite control in sheep by indigestible fibers 1. *Journal of Animal Science*. 26:849-854.
- Zhao, S., Zhao, J., Bu, D., Sun, P., Wang, J. and Dong, Z. 2014. Metabolomics analysis reveals large effect of roughage types on rumen microbial metabolic profile in dairy cows. *Letters in Applied Microbiology*. 59:79-85.

(Received : November 7, 2018 | Revised : November 23, 2018 | Accepted : November 26, 2018)