

TMR 사료의 물리적 유효 NDF 함량이 한우 거세비육우의 생산성과 도체특성에 미치는 영향

전병태¹ · 박재현¹ · 조원모² · 김상우² · 장세영¹ · 문상호^{1*}

¹건국대학교 농용연구센터, 식품생명과학부, 충주 380-701, ²국립축산과학원, 수원, 440-706

Effects of Physically Effective Neutral Detergent Fiber Content of TMR Feed on the Productivity and Carcass Characteristics in Hanwoo (*Bos taurus coreanae*) Steers

Byong Tae Jeon¹, Jae Hyun Park¹, Won Mo Cho², Sang Woo Kim², Se Young Jang¹ and Sang Ho Moon^{1*}

¹Division of Food Bio Science, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea,

²Nation Institute of Animal Science, RDA, Suwon 440-706, Korea

ABSTRACT

This study was carried out to evaluate accurately physical characteristics of total mixed rations (TMR) by investigating the effects of physically effective neutral detergent fiber content on the growth performance and carcass characteristics in fattening steers. Twelve Hanwoo (*Bos Taurus coreanae*) steers aged 26 months were used in this trial. Steers were offered one of two total mixed ration (TMR) diets - High or Low physically effective neutral detergent fiber (peNDF) content groups - that were differentiated by mixing time. The carcass traits of the experimental animals were evaluated by Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation (KAPE) after slaughter. Body weight gain during the experimental period was significantly higher ($P < 0.05$) in the High group (30.00 ± 10.27 kg) compared with the Low group (17.20 ± 6.34 kg), and daily weight gain was also high in the former. Although there was no significant difference, the carcass weight was higher in the High group (414.60 ± 34.28 kg) compared with the Low group (377.80 ± 11.97 kg). However, the beef quality grade of the Low group (1^{++}) was higher than that of the High group (1^+). Increases in body weight gain, daily gain, and carcass weight for the High group were mainly influenced by a high level of dry matter (DM) intake and digestibility; consequently, back-fat thickness increased and the beef quality grade was lowered. Because growth performance and carcass characteristics were affected by the physical traits of the diet, we suggested that proper peNDF content is also needed for fattening steers.

(Key words : Carcass weight, Growth performance, Hanwoo steer, Physically effective neutral detergent fiber)

I. 서 론

일반적으로 반추가축에게 적정량의 거친 물성의 조사료 급여는 대사장해를 억제하고 생산성을 높이기 위해 필수적인 요소로 알려져 있다 (Sudweeks et al., 1981). 현재의 고능력우에 대한 농후사료 다급과 조사료 급여량의 저하는 다양한 장해를 유발할 수 있으며, 특히 fat cow syndrome (Morrow, 1976; Clark and Davis, 1980), acidosis (Brent, 1976), 반추위부전각화증 (Nocek and Kesler, 1980), 전위 (Breukink and deRuyter, 1976) 및 ketosis (Fronk et al.,

1980) 등을 유발할 수 있다. 따라서 반추동물인 육우나 유우, 특히 고능력화된 이들 가축에게는 충분한 건물섭취량을 확보하면서 적절한 섬유소(물리성)를 제공할 수 있는 조사료의 급여가 절대적으로 필요하다. 이를 위해 어느 정도의 섬유소가 적정수준인지에 대한 검토가 필요하며 특히 최근과 같이 TMR을 유우나 육우 모두에서 적극적으로 활용하고 있는 상황에서는 TMR 사료 속의 적정 섬유소 확보가 중요한 문제로 대두되고 있다. 일반적으로 적정 반추위 환경을 유지하기 위한 기본적인 사료 급여지표로서 NDF와 같은 섬유성분을 지표로 활용해 왔다 (Japan Feeding

* Corresponding author : Sang Ho Moon, School of Food Bio Science, College of Natural Sciences, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea. Tel: 82-43-840-3527, E-mail: moon0204@kku.ac.kr

Standard, 1999). 이런 섬유성분들은 반추위 내 발효의 향상성 유지를 위한 역발효성탄수화물에 대한 제한량으로서의 지표 및 섬유가 갖고 있는 저작자극작용에 의한 반추위 내 pH의 안정화 지표로서 이용(Shinde, 2008)되어 왔다. 그러나 NDF를 이용하여 조사료의 가치를 평가하는 경우 이를 화학적으로 분석해야 하는 어려움과 단순히 섬유성분에 의해 평가할 경우 조사료의 물리적 형태에 대한 대강의 관련성만을 나타내어 TMR 같은 사료를 만들 경우 충분히 조사료의 가치평가를 하기 어려워 사료배합에 어려움을 겪게 되는 경우가 발생한다. Mertens (1997)는 섬유소의 물리성이 조사료와 농후사료 그리고 사료의 종류에 따라 달라질 수 있음을 시사하였고, 또 NDF의 화학조성이나 소화속도 및 소화량은 건물섭취량에 의해 영향을 받기 때문에 (Oba and Allen, 1999) 조사료의 종류와 크기 등에 의해 저작시간에 큰 차이를 갖고 있을 것으로 추정하고 있다. 국내에서도 TMR 사료는 전 축종에 걸쳐 폭넓게 사용되고 있는데 실제 조사료가치가 충분히 평가된 상태에서 배합되고 있지 못하고 이를 위한 조사료가 평가도 현실적으로 거의 이루어지지 않고 있는 상황이다. 특히 농후사료 비율이 높은 사료를 섭취하는 비육우에 있어서 채식량은 사료의 용적 보다는 대사적 요인에 의해 지배받고(Gayyeon and Defoor, 2002) 있기 때문에 약간의 조사료 비율 증가는 전체 건물섭취량을 증가시키며 비육우에게 NDF는 조사료원 및 수준이 건물섭취량에 미치는 영향을 예측할 수 있는 요소로 보고되고 있다. 따라서 본 연구에서는 TMR 사료의 물리적유효섬유소(physically effective NDF, peNDF) 함량의 차이가 한우 비육거세우의 생산성과 도체특성에 미치는 영향을 검토하여 TMR 사료내 적정 조사료가치 평가를 위해 실시하였다.

II. 재료 및 방법

본 연구의 사양실험은 경상북도 영주시 소재 A 한우농장에서 실험동물을 선정하여 2013년 2월부터 6월까지 실시하였다. 실험동물로는 26개월령의 한우 거세우 12두를 공시하여 실험 사료의 물리적유효섬유소(peNDF) 함량이 높은 처리구(High군)과 낮은 처리구(Low군)의 2개의 군으로 나누어 30일 간의 예비 적응기간을 두고 사양실험을 실시하였으며, 공시가축의 실험개시 체중은 High군(6두)이 658.7±63.8 kg, Low군(6두)이 619.7±21.8 kg 이었으며 이들 2개 군을 이용하여 출하 시까지 사양실험을 실시하였다. 실험은 방류식 우방에서(6두/64 m²) 진행되었고 사료는 자유채식을 할 수 있도록 제공하였다. 물과 미네랄 블럭은 충분히 섭취

할 수 있도록 우방당 하나씩 음수조와 미네랄 블럭을 설치 제공하였다.

실험에 사용한 TMR 사료는 충청북도 음성군에 소재하는 바이오사료연구소 TMR 생산공장에서 특별 주문하여 비육후기용 사료를 구입하였으며 사료의 물리성 처리를 위해 배합시간을 3분(High)과, 25분(Low)으로 각기 처리한 2개의 실험사료를 준비하였다.

실험사료에 대한 peNDF를 확인하기 위해 physically effectiveness factor(pef)를 구하기 위한 입자도 분포의 분석은 PSPS(Pen-State Particle Separator)를 이용(Kononoff 등, 2003)하여 실시하였다. 19 mm, 8 mm, 1.18 mm 및 pan으로 구성된 장치를 이용하여 각각의 입자 크기 별 분포도를 구하여 최종적으로 1.18 mm 이상의 입자도 분포를 pef_{1.18} 계수로 구하였고, 이 pef_{1.18} 계수에다 NDF 함량을 곱해 peNDF_{1.18} 함량을 구했다(Mertens, 2002).

실험사료에 대한 일반성분과 NDF 및 ADF 함량은 각각 AOAC(2007)법과 Georing and Van Soest(1970)의 방법에 준하여 분석하였다. 실험 종료 후 출하된 실험가축의 도체 특성은 도축 후 축산물품질평가원으로부터 자료를 받아 분석하였다. 실험결과에 대한 유의성 검증을 위해 SAS program(Ver. 6.12)을 사용하여 t-test 검정을 실시하여 처리간 평균을 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

실험사료의 일반성분과 입자도 분포에 대한 결과를 Table 1에 나타내었다. 실험사료 내 일반성분은 동일한 배합비를 활용하여 사료를 배합하였기 때문에 처리간에 차이는 거의 나타나지 않았다. 건물함량은 86~87% 이상으로 건식 TMR 사료의 형태였고 조단백질은 약 14%, 조섬유 함량은 15%, NDF 함량은 39% 정도의 화학적 조성을 나타냈다.

PSPS 방식(19 mm, 8 mm, 1.18 mm, Pan)에 의해 남겨진 입자들로 분리하여 사료입자도 분포를 분석한 결과, 배합시간에 따라 입자도 분포의 차이가 확연히 나타나고 있으며 배합시간이 짧은 High 구에서는 19 mm와 8 mm 이상의 입자도 분포가 높았고 1.18 mm 채와 Pan에 걸리진 입자도의 비율은 유의적으로 낮았다(p<0.05). 배합시간이 길었던 Low 구에서는 이와 반대로 적은 입자도 분포 비율이 높게 나타나 배합시간에 따른 사료 입자도 차이가 분명하게 나타났다(p<0.05).

사료의 물리성 차이에 따른 peNDF의 차이는 Table 2에 나타낸 바와 같다. Mertens(1997)는 젖소에 있어서 반추위

Table 1. Chemical composition and particle-size distribution of the total mixed ration (TMR) measured using the Penn State Particle Separator

Treatment	High*	Low
Chemical composition (%)		
DM ¹⁾	86.73±0.25	87.20±0.05
CP ²⁾	14.12±0.19	14.23±0.23
CF ³⁾	15.87±0.18	15.91±0.25
EE ⁴⁾	3.57±0.01	3.49±0.19
Ash	11.07±0.07	11.46±0.13
NDF ⁵⁾	39.32±0.43	39.48±0.59
ADF ⁶⁾	27.83±0.33	27.71±0.27
Particle size of distribution (% DM)		
19 mm	3.70±1.6	2.10±0.8
8 mm	29.8 ±3.1 ^{ab}	22.6 ±1.8 ^b
1.18 mm	38.2 ±1.2	39.7 ±0.8
pan	28.3 ±0.7 ^b	35.6 ±1.8 ^a

¹⁾ DM: Dry matter, ²⁾ CP: Crude protein, ³⁾ CF: Crude fibre, ⁴⁾ EE: Ether extract, ⁵⁾ NDF: Neutral detergent fibre, ⁶⁾ ADF: Acid detergent fibre.

* High: peNDF 28.2%, Low: peNDF 25.4%.

^{a and b} Means with different superscript in the same row are different (p<0.05).

Table 2. Changes of peNDF in Hanwoo cattle fed total mixed ration (TMR) with different levels of physically effective neutral detergent fiber (peNDF)

Treatment	High*	Low
pef _{1.18 mm}	0.717	0.644
peNDF _{1.18 mm}	28.19±0.63 ^a	25.42±0.51 ^b

* High: peNDF 28.2%, Low: peNDF 25.4%.

^{a and b} Means with different superscript in the same row are different (p<0.05).

내 pH 6.0 이상과 유지율 3.4% 이상을 유지하기 위해 필요한 peNDF는 건물기준으로 21~23%로 제시하고 있으며 육우에 있어서도 적어도 반추위 내 pH 5.7 이상을 유지하기 위해서는 7~10%의 peNDF 함량을 요구하고 있으며 세포벽 성분의 최적 소화를 위해서는 적어도 20% 정도의 peNDF 함량을 필요로 한다고 규정 (Fox and Tedeschi, 2002)하고 있다. 본 실험에서 사용한 사료의 peNDF 함량은 High구가 28.2%, Low구가 25.4%로 모두 이를 충족할 수 있는 수준이었음을 알 수 있다.

시험기간 중 실험동물의 체중변화에 관한 것은 Table 3

Table 3. Changes of body weight and average daily gain in Hanwoo cattle fed total mixed ration (TMR) with different levels of physically effective neutral detergent fiber (peNDF)

	High*	Low
Initial body weight (kg)	658.00±56.08	619.80±19.46
Total body gain (kg)	688.00±47.12	637.00±19.87
Body weight gain (kg)	30.00±10.27 ^a	17.20± 6.34 ^b
Average Daily gain (kg/d)	0.33± 0.11	0.22± 0.06

* High: peNDF 28.2%, Low: peNDF 25.4%.

^{a and b} Means with different superscript in the same row are different (p<0.05).

에 나타난 바와 같다. 한우 거세우 비육말기에 TMR 사료의 peNDF 함량을 달리하여 사양실험을 실시한 결과 거세우의 비육기간 중 체중 증가는 High 구가 30.0 kg, Low 구가 17.2 kg 이었고 일당 증체량은 High 구가 0.33 kg, Low 구가 0.22 kg으로 High 구의 생산성이 높은 것으로 분석되었다 (p<0.05). 실험동물의 도체 특성을 분석한 결과는 Table 4에 나타난 바와 같다. 도체중은 High 구가 414 kg으로 Low 구의 377 kg 보다 높게 나타났으나 육질등급에 있어서는 High 구가 평균 1⁺ 등급이었던 것에 비해 Low 구는 평균 1⁺⁺ 등급으로 오히려 육질 등급은 Low 구에서 높은 것으로 나타났다. 젖소의 경우는 사료입자도에 따라 건물섭취량이 달라졌다는 보고가 있다 (Beauchemin and Yang,

Table 4. Changes of Carcass weight, Carcass yield grade and index in Hanwoo cattle fed total mixed ration (TMR) with different levels of physically effective neutral detergent fiber (peNDF)

	High*	Low
Back fat thickness (mm)	12.60±2.07	10.20±1.79
Longissimus area (cm ²)	87.40±8.91	84.20±8.67
Carcass yield index	64.92±2.31	66.94±0.94
Carcass yield grade	B	B
Carcass weight (kg)	414.60±34.28	377.80±11.97
Marbling	6.60±1.14	8.00±1.73
Meat color	5.00±0.00	4.80±0.45
Fat color	3.00±0.00	3.00±0.00
Texture	1.00±0.00	1.00±0.00
Ossification	2.40±0.55	2.00±0.00
Carcass quality grade	1 ⁺	1 ⁺⁺

* High: peNDF 28.2%, Low: peNDF 25.4%.

2003). 사료의 peNDF 함량이 높은 High 구는 체식량과 체내 이용성에 영향을 미쳐 체중 증가와 일당 증체량 및 도체중의 증가를 가져와 생산성은 증가되었으나 등지방두께의 증가 및 육질등급에서는 다소의 저하를 가져오는 것으로 분석되었다. Ahn et al.(2000)은 한우 거세우의 육질등급이 조사료의 급여수준이 높으면 좋아지는 경향이 있다고 하였다. 비육후기 고에너지 사료를 급여해야 하는 비육우 산업의 특성 상 대부분 곡류 위주로 사료가 배합되고 있는데 비추어 어느 정도 물리성이 확보되어야 하는 것이 비육 성적에도 양호한 결과를 얻을 수 있을 것으로 보인다. TMR 급여구가 육량부분에 있어서 도체중과 배최장근 단면적이 상대적으로 작았고, 배최장근의 조직감, 육량등급 및 육질등급이 높았다는 보고가 있다(Cho et al., 2013).

TMR 사료의 peNDF 함량은 반추가축에 있어서 사료의 체내 이용성과 저작활동에 영향을 미칠 수 있는 중요한 요소가 되고 있는 것으로 Park et al.(2015)의 현장 적용실험을 통해 입증되었다. 이는 비육우의 생산성과 비육성적 및 도체특성에도 영향을 미치고 있어 향후 비육생산성과 도체특성과 연관지어 중요한 조사료가 평가지표가 될 수 있을 것으로 판단된다. 앞으로 peNDF 함량에 대한 검토가 TMR 제조현장에서도 중요한 사료적 가치 판단에 활용될 것으로 보인다. 그리고 비육우를 대상으로 각각의 사육시기별 실험을 진행해 사료 내 물리적 유효함량에 대한 기준을 밝혀내는 것이 필요할 것으로 판단된다.

IV. 요약

본 시험은 TMR 사료의 물리적유효섬유소(peNDF) 함량의 차이가 한우 비육거세우의 생산성과 도체특성에 미치는 영향을 검토하여 TMR 사료내 적정 조사료가치 평가를 위해 실시하였다. 공시가축은 26개월령의 한우 거세우 12마리이고, 물리적유효 NDF(peNDF) 함량이 높은 처리구(High군)과 낮은 처리구(Low군)의 2개 군을 이용하여 출하시까지 사양실험을 실시하였다. 실험에 사용한 비육후기용 TMR 사료는 물리성 처리를 위해 배합시간을 3분(High)과, 25분(Low)으로 처리하였다. 실험동물은 출하한 후 축산물품질평가원에서 도체평가를 하였다. 실험기간 중 체중증가($P<0.05$) 및 일당증체량은 High 구에서 높았으며, 유의성은 인정되지 않았으나 도체중 역시 High 구가 414.60 ± 34.28 kg으로 Low 구의 377.80 ± 11.97 kg 보다 높게 나타났다. 육질등급은 High 구가 평균 1⁺ 등급이었던 것에 비해 Low 구는 평균 1⁺⁺ 등급으로 오히려 육질 등급은 Low 구에서 높은 것으로 나타났다. High 구는 체식량과 체내 이용성에

영향을 미쳐 체중 증가와 일당 증체량 및 도체중의 증가를 가져와 생산성은 증가되었으나 등지방두께의 증가 및 육질등급에서는 다소 저하를 가져오는 것으로 분석되었다. 따라서 한우 거세 비육우에 있어서도 사료 내의 물리적 유효 섬유 함량은 가축생산성과 도체특성에 영향을 미치고 있기 때문에 그에 대한 적정 함량의 규명이 필요할 것으로 판단된다.

V. 사 사

이 논문은 2013학년도 건국대학교의 연구년 교원 지원에 의하여 연구되었음.

VI. REFERENCES

- AOAC. 2007. Official Methods of Analysis. 18th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- Balch, C.C. 1971. Proposal to use time spent chewing as an index to which diets for ruminants possess the physical property of fibrousness characteristic of roughage. *British Journal of Nutrition*. 26:383-392.
- Beauchemin, K.A., Yang, W.Z. and Rode, L.M. 2003. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on chewing activity, ruminal fermentation, and milk production. *Journal of Dairy Science*. 86:630-643.
- 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. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 112:29-78.
- Galyean, M.L. and Abney, C.S. 2006. Assessing roughage value in diets of high-producing cattle. *Proceedings of the 21st Annual Southwest Nutrition and Management Conference*, pp. 127-144.
- Grant, R.J. 1997. Interactions among forages and nonforage fiber sources. *Journal of Dairy Science*. 80:1438-1446.
- Kononoff, P.J., Heinrichs, A.J. and Buckmaster, D.R. 2003. Modification of the Penn State forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements *Journal of Dairy Science*. 86:1858-1863.
- Mertens, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 80:1463-1482.
- Mertens, D.R. 2002. Measuring fiber and its effectiveness in ruminant diets. *Proceeding of Plains Nutrition Council Symposium*. pp. 40-66.

- Park, J.H., Kim, K.H., Park, P.J., Jeon, B.T., Oh, M.R., Jang, S.Y., Sung, S.H. and Moon, S.H. 2015. Effects of physically effective neutral detergent fibre content on dry-matter intake, digestibility and chewing activity in beef cattle fed total mixed ration. *Animal Production Science*. 55:166-169.
- SAS. 2008. SAS/STAT Software for PC. Release 9.2, SAS Institute Inc. Cary. NC. USA.
- Sudweeks, E.M., Ely, L.O., Mertens, D.R. and Sisk, L.R. 1981. Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminants diets: roughage value index system. *Journal of Animal Science*. 53:1406-1411.
- Van Soest, P.J. and Wine, R.H. 1967. Use of detergents in analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *Journal of the Association Official Analytical Chemistry*. 50:50-55.
- Shinde, S.G. 2008. Estimation of roughage value index on the kind of roughage and roughage:concentrate ratio of total mixed rations. Research Report of Technical Center for Animal Science of Hiroshima Province. pp. 29-33.
- Japanese Feeding Standard for Dairy Cow. 1999. National Agriculture and Feed Research Organizations. Japan Livestock Industry Association. Tokyo. pp. 189.
- Ahn, B.H., Lyu, J.S., Kang H.B., Ahn, D.W. and Chung, J.S. 2000. Effects of levels of roughage on performance and beef quality of Hanwoo steers. *Journal of Animal Science and Technology*. 42:619- 628.
- Cho, W.G., Lee, S.J., Ko, Y.H., Shung, J.S., Lee, S.S. and Moon, Y.H. 2013. Effects of dietary type during late fattening phase on the growth performance, blood characteristics and carcass traits in Hanwoo steers. *Journal of Animal Science and Technology*. 55:443-449.

(Received February 3, 2015 / Revised March 2, 2015 / Accepted March 3, 2015)