

Nutrient analysis and *in vitro* rumen fermentation of commercial formulated concentrates for finishing Hanwoo steers

Hanbin Kim¹, Songhee Lee¹, Soohyun Jeong¹, Joongkook Park², Taeksoon Shin¹, Byungwook Cho¹, Seongkeun Cho¹, Byeongwoo Kim¹, Jakyoom Seo^{1*}

¹Life and Industry Convergence Research Institute, Department of Animal Science, Pusan National University, Miryang 50463, Korea

²Institute of Livestock, Nonhyup Co. Ltd., Ansong 17558, Korea

*Corresponding author: jseo81@pusan.ac.kr

Abstract

The objective of this study was to evaluate the nutritional value of commercial compound feeds for late finishing Hanwoo steers using detailed chemical analysis and an *in vitro* rumen fermentation trial. A total of 4 different feeds were selected and used to conduct a chemical analysis for their nutrient contents. The largest variation in nutrients contents among experimental feeds was found in ether extract and the smallest one was found in total digestible nutrients. Commercial feeds C and D had a higher energy value than the others. Even if C and D had a similar feed energy value, the components used to increase energy differed between them (non-fiber carbohydrate [NFC] for C; ether extract for D). In the *in vitro* trial, no significant difference was observed in dry matter *in vitro* digestibility and gas production between treatments. However, the highest ammonia concentration ($p < 0.05$) was observed in C and D feeds. The low acetate to propionate ratio observed in C feeds ($p < 0.01$) suggested that this feed had high starch based carbohydrates that NFC degrading bacteria used to produce more propionate. It is important to provide nutritional information to farmers so that they can select the appropriate commercial feeds to suit their own feeding strategies. This study might give supporting information to farmers for a more educated, and better, selection of feeds. Further *in vivo* studies should be conducted to evaluate the effects of different commercial feeds on growth performances in late finishing Hanwoo steers.

Keywords: finishing, formulated concentrates, Hanwoo, *in vitro*

Introduction

한우 사양에 있어 24월령 이후를 일컫는 비육후기는 근내지방의 발달이 빨라지는 시기로 사양 관리를 근내지방도 향상에 입각한 육질개선에 중점을 두어야 하는 시기이며, 이에 따라 사료 내 영양소 별 함량 역시 육성기, 비육전기 사료의 그것과 달라진다. 일반적으로 육성기 사료에 비해 비육후기의 사료는 단백질과 섬유질의 함량은 적으며, 에너지 함량은 높은데, 이는 한우의 성장이 24월령 이후부터 지방의 축적에 집중되기 때문이다. 비육우의 근내지방도는 대상 동물의 축



OPEN ACCESS

Citation: Kim HB, Lee SH, Jeong SH, Park JK, Shin TS, Cho BW, Cho SK, Kim BW, Seo JY. 2016. Nutrient analysis and *in vitro* rumen fermentation of commercial formulated concentrates for finishing Hanwoo steers. Korean Journal of Agricultural Science 43:802-809.

DOI: <https://doi.org/10.7744/kjoas.20160084>

Editor: Jung Min Heo, Chungnam National University, Korea

Received: June 30, 2016

Revised: August 24, 2016

Accepted: August 30, 2016

Copyright: ©2016 Korean Journal of Agricultural Science.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

중, 연령, 거세의 유무, 비타민 A와 같은 지방세포 분화 조절제, 사료의 에너지가 등에 의해 조절될 수 있으며, 비육 후기에 농후사료에 의한 사료 에너지의 증량 급여는 근내지방도 향상에 필수적인 방법으로 제시되고 있다(Harper and Pethick, 2004).

하지만, 시중에는 국내 배합사료회사들이 각기 고유의 전략에 맞게 생산한 사육시기별 다양한 사료를 판매하고 있으며 가격 또한 천차만별이다. 이렇게 다양한 제품들 중 농가의 경영 목표에 적합한 사료의 선택이 이뤄져야 하나, 실제 농가에서 배합사료의 가치를 판단할 수 있는 기준이 불명확하고 각 배합사료 사이의 영양소 함량 차이에 대한 기본적인 자료가 없어 어려움을 겪고 있는 실정이다(Lee et al., 2015). 또한 한우 배합 사료에 대한 기존 연구는 영양소 성분 분석과 성분 분석치에 근거한 상대적 경제가치 평가에 머무르고 있어(Lee et al., 2015) 대상 사료의 소화율 평가에 대한 연구가 필요한 상황이다.

따라서, 본 연구의 목적은 국내 시판되는 한우 비육후기용 배합 사료 중 상위 4종의 영양적 가치를 평가하고 그 차이를 비교 분석하는 데 있다. 동일한 시기에 판매되는 한우 비육후기 배합사료를 확보하여 이들의 영양소 함량을 분석하고, *in vitro* 실험을 통해 소화율과 발효산물을 평가하였다.

Materials and Methods

공시 재료

본 연구를 수행하기 위해 먼저 국내 한우 배합사료 시장에서 점유율로 상위 10위권에 있는 사료회사 중 4개 회사를 선정하였고, 선정된 회사의 사료를 명시할 때, 상호를 밝히지 않고 A, B, C, D사로 표기하였다. 그리고 선정된 회사의 한우 비육후기용 사료를 동일한 시기에 확보하고 균일하게 채취한 뒤, 오차를 줄이기 위해 각 배합사료 1 kg을 1 mm의 체가 부착된 cyclone mill (Foss, Hillerød, Denmark)을 이용하여 분쇄하였다. 분쇄된 시료는 분석되기 전까지 -20°C에 냉동 보관되었다.

영양소 분석

공시 사료 4종의 건물(DM, #934.01), 조단백질(CP, #976.05), 조지방(EE, #920.39), 리그닌(ADL, #973.18), 조회분(ash, #942.05), 칼슘(Ca, #927.02), 인(P, 3964.06)은 AOAC (2005)에 제시된 방법에 따라 분석되었다. 섬유소 함량 평가를 위한 중성세제불용섬유소(NDF)와 산성세제불용섬유소(ADF)는 Van Soest et al. (1991)에 의해 분석되었으며 탄수화물 분획 중 Starch는 Hall (2009)이 제시한 방법에 의해 분석되었다. 가용성 단백질(SolP)을 분석하기 위해 Krishnamoorthy et al. (1982)이 제시한 방법을, 중성세제불용조단백질(NDICP), 산성세제불용조단백질(ADICP)을 분석하기 위해 Licitra et al. (1996)이 제시한 방법을 사용하였다. 상기의 분석항목을 이용하여 사료의 에너지를 평가하기 위해 NRC (2001)을 사용하였고, 가소화영양소총량(TDN), 유지정미에너지(NEm)와 성장정미에너지(NEg)로 표현하였다. 비섬유소탄수화물(NFC) 역시 NRC (2001)의 방법에 따라 계산되었다.

In vitro 발효 실험

1) 공시동물 및 사양관리

충청남도 청양 소재의 충남대학교 동물자원연구센터에서 반추위 캐놀라가 장착된 건유기 홀스타인 젖소 2두를 공시하였으며, 공시동물은 하루에 2회 오전(08:00)과 오후(17:30)에 6:4의 조농비율로 사료를 급여 받았으며 조사료 원으로 티모시를 선정하고, 배합사료원으로 상용 배합사료(12% CP, 3.5% EE, 26% NDF, 10% ash)를 선정하였다. 미네랄 블록 및 물은 자유 섭취토록 하였다.

2) 반추위액의 준비 및 *in vitro* 발효

반추위액은 당일 오전 사료급여 30분 전 반추위에 장착된 케놀라를 이용하여 채취된 뒤, 즉시 2 L 보온병에 보관되어 연구실로 옮겨졌다. 옮겨진 반추위액은 4겹의 cheese cloth에 걸러진 뒤 1 : 4의 비율로 *in vitro* buffer (Goering and Van Soest, 1970)에 희석되었다. 희석된 반추위액은 serum bottle에 접종될 때까지 O₂ free-CO₂에 bubbling시켜 완전 혐기 상태를 유지할 수 있도록 하였고 이를 rumen inoculum으로 사용하였다. 반추위 *in vitro* 발효는 총 4개의 시험구로 진행하였는데 각각의 시험구는 공시재료를 확보한 회사(A, B, C, D)로 명시하였다. 완전 혐기 상태에서 공시사료 0.5 g이 담겨진 125 mL serum bottle에 1 : 4의 비율로 buffer가 혼합된 반추위액을 50 mL씩 분주하고 butyl rubber stopper와 aluminum cap을 이용하여 완전 sealing 처리하였다. sealing된 serum bottle은 39°C incubator에서 0, 3, 6, 12, 24, 48시간 동안 배양 처리를 거친 다음 해당시간에 개봉되어 소화율과 각종 발효 산물을 측정하였고, 측정항목은 DM 소화율(%), gas 발생량(mL/DM g), pH, 암모니아(mg/100 mL), 휘발성지방산(VFA, mM), VFA 비율(%)이다.

3) 측정항목의 분석방법

각 배양시간에 해당되는 serum bottle은 개봉되기 전, gas 발생량을 측정하는데 Theodorou et al. (1994)의 방법을 이용하여 Gas 압력계(Sun Bee Instruments, Inc.)로 측정하였다. 소화물이 포함된 반추위액은 3,000 rpm × 10 min 간 원심분리 과정을 거친 후 상등액은 암모니아와 VFA 측정을 위해 일정량을 따로 -4°C에 보관하고, VFA 측정용 배양액 1 mL은 25% metaphosphoric acid 200 μL를 첨가시키고 vortexing 한 뒤 30분 정치하고 나서 보관하였다. 원심분리된 고형분은 Whatman No. 541 filter paper에 걸러 105°C dry oven에서 24시간 건조, 방랭 후 무게를 측정하여 DM 소화율을 측정하였다(Goering and Van Soest, 1970). 배양된 반추위액의 pH는 pH meter (S20 Seven Easy™, Mettler-Toledo)를 이용하여 측정하였다. 암모니아 측정은 Chaney and Marbach (1962)가 제시한 방법에 따라 측정하였다. 건물 분해율 측정 전 보관된 각 시료의 상등액을 13,000 rpm에서 10분 동안 재 원심분리 하였다. NH₃-N standard와 각각의 시료 0.02 mL은 phenol color reagent (phenol 50 g, sodium nitroferricyanide 0.25 g, distilled water 1 L)와 alkali-hypochlorite (sodium hydroxide 25 g, sodium hypochlorite 16.8 ml, distilled water 1 L) 1 mL씩 혼합하여 vortexing하였다. 그 다음 항온 수조(37°C)에서 15분간 반응시킨 후, 8 mL 증류수를 넣어 희석시키고, 희석된 시료는 spectrophotometer (Optizen UV2120, Mecasis, Korea)를 이용하여 630 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다. VFA의 측정은 Erwin et al. (1961)이 제시한 방법에 따라 측정되었다. 건물 분해율 측정 전 보관된 각각의 상등액을 13,000 rpm에서 10분 동안 재 원심분리 한 다음 상등액을 채취하여 VFA 분석을 위한 30 m 길이의 capillary column (NUKOL™, 0.25mm I.d., Supelco Co., USA)이 장착된 gas chromatography (HP-5890 series II, Agilent, CA, USA)을 이용하여 측정하였다.

통계분석

각 시료의 *in vitro* 실험 data는 SAS package 9.3 (SAS Institute Inc., Carey, NC, USA)의 GLM procedure에 의해 분석되었고, 처리구간 유의적 차이는 Tukey 검정에 의해 95% 유의수준으로 분석하였다.

Results and Discussion

공시 재료의 영양소 분석

본 연구에서 사용된 공시 재료의 영양소 함량 평가 결과를 Table 1에 나타내었다. 영양소의 화학적 함량 분석은 대량 사료의 영양적 가치를 평가하기 위한 간편하면서도 보편적인 방법으로 상기 분석을 통해 배합사료에 사용된 기본적인 원료를 예측할 수 있다는 장점이 있다(Lee et al., 2015). 또한 본 연구에서는 기존 많이 사용되던 일반성분분

석 항목(DM, CP, EE, ash, NDF)에 더하여 ADF, lignin, NDICP, ADICP 등을 추가로 분석하였는데 이는 한우용 배합 사료의 영양적 가치를 더욱 정밀히 측정하고 NRC (2001)에서 제시하고 있는 TDN 계산법을 이용하기 위함이었다. 동일한 사양시기를 대상으로 하는 배합사료라도 그 성분에 차이가 있음을 각 영양소의 변이계수(CV, Table 1)를 통해 확인할 수 있는데, 변이계수가 클수록 영양소 성분의 변이가 크다는 것을 의미한다. 실험에 사용된 4종의 배합사료 중 가장 많은 변이를 보인 성분은 EE로 나타났고 이어서 NDICP, Ca, ADF 순으로 측정되었으며 제조사에 따른 영양소 성분의 변이가 가장 적은 항목은 DM을 제외하고 TDN (2.3%)으로 측정되었다.

Table 1. Chemical composition obtained for experimental feeds used *in vitro*.

	Item ^x	A	B	C	D	CV ^z (%)
DM	%	86.10	87.50	87.10	86.10	0.8
CP	% DM	14.50	14.20	14.60	15.70	4.5
SolP	% DM	4.10	4.90	4.20	4.40	8.1
NDICP	% DM	2.07	2.59	2.97	2.04	18.5
ADICP	% DM	1.57	1.30	1.51	1.38	8.5
NDF	% DM	27.40	30.00	23.10	27.90	10.7
ADF	% DM	14.10	13.50	10.30	14.80	15.1
Lignin	% DM	2.76	2.48	2.71	2.92	6.7
Sugar	% DM	8.80	8.90	7.80	8.00	6.6
Starch	% DM	38.70	36.90	43.10	36.00	8.2
EE	% DM	3.81	3.13	4.53	5.14	21.0
Ash	% DM	7.80	8.09	8.00	7.28	4.7
NFC ^y	% DM	48.50	47.10	52.70	46.10	6.0
Ca	% DM	1.12	1.34	1.12	0.84	18.5
P	% DM	0.44	0.44	0.48	0.49	5.7
TDN ^y	%	74.50	73.30	77.10	76.40	2.3
NEm ^y	mcal/kg DM	1.76	1.71	1.84	1.82	3.4
NEg ^y	mcal/kg DM	1.13	1.09	1.20	1.20	4.7

^xDM: dry matter, CP: crude protein, SolP: soluble protein, NDICP: neutral detergent fiber insoluble protein, ADICP: acid detergent fiber insoluble protein, NDF: neutral detergent fiber analyzed with heat stable α -amylase, ADF: acid detergent fiber, EE: ether extract, NFC: non-fiber carbohydrates, TDN: total digestible nutrients, NEm: net energy for maintenance, NEg: net energy for growth.

^yAll energy values and a nutrient composition of NFC were calculated by the methods suggested from NRC (2001).

^zCV: Coefficient of variation.

CP의 총량은 D사가 15.7% DM으로 가장 높았고 C사(14.6), A사(14.5), B사(14.2)의 순으로 나타났다. D사의 사료는 가장 높은 CP 함량을 보이는 반면 가장 낮은 NDICP 함량을 보였는데, 이는 D사가 반추위에서 빨리 분해되는 단백질 공급원을 타 사료회사에 비해 많이 이용한 결과로 보인다. 일반적으로 팜박이나 야자박과 같은 섬유소 함량이 높은 단백질 원료는 NDICP와 NDF를 동시에 증가시키는 경향이 있으며 주정박과 같은 열처리 단백질의 첨가는 NDICP는 증가시키되 NDF의 함량증가는 높지 않은 경향을 보인다(Lee et al., 2015). 따라서 높은 NDICP, NDF 함량을 동시에 나타낸 B사의 사료는 팜박이나 야자박 류의 단백질 원료를 사용하고 가장 높은 NDICP의 함량에 비해 상대적으로 낮은 NDF 함량을 나타낸 C사의 제품은 열처리과정을 거친 단백질 공급원을 사용했을 가능성이 높을 것으로 추정된다.

공시 재료의 에너지를 비교해 볼 때, C와 D사의 사료는 타 사료에 비해 높은 NEm과 NEg를 보였는데, 에너지를 증가시키기 위한 영양소의 구성은 서로 달랐다. C사의 경우 낮은 NDF와 높은 Starch의 비율로 전분질 원료를 이용하여 에너지의 함량을 증가시킨 반면, D사의 사료는 높은 EE 값을 가짐으로, 지방을 중심으로 한 에너지 함량 증가가

이뤄졌음을 알 수 있다(Table 1). 사료 내 에너지의 함량과 종류, 단백질과 에너지의 비는 우육의 근내지방도를 결정하는 중요한 요소로 작용하며(Harper and Pethick, 2004), 각 회사별로 사료 내 에너지 함량이 다르고 유사한 에너지 함량에서도 특정 영양소 성분이 다르다는 것은 각 회사에서 추구하는 사양 관리의 목표가 다르다는 것을 알려준다. 예를 들어, 에너지가 다른 회사의 사료에 비해 높은 C사와 D사는 근내지방도를 증가시키기 위한 방편으로 사료 내 에너지 함량 증가를 선택하였다는 것에서 유사한 사양목표를 가지나, 두 사료의 영양소 구성이 다르다는 점은 근내지방도에 영향을 미치는 에너지 영양소의 종류(전분질 원료 vs 지방질 원료)를 다르게 판단하고 있다는 것을 나타낸다.

사료 별 Ca의 함량은 D사(0.84% DM)를 제외하고 유사하였다. Ca과 P은 골격 형성에 있어 함께 작용하기에 일반적으로 Ca:P의 비율을 고려하며 NRC (2000)에서는 인의 함량이 충분할 경우 칼슘과 인의 비율은 1:1에서 7:1의 범위까지 사양성적에 영향이 없다고 보고하고 있다. NFC는 비섬유소 탄수화물로 sugar, starch, β -glucan, galactan, 그리고 pectin 등으로 구성된다. 분석결과에 따르면, NFC는 C사가 52.7% DM으로 가장 높고, A사 48.5% DM, B사 47.1% DM, D사 46.1% DM의 순서로 나타났으며(Table 1), 이는 C사의 사료가 타 사료에 비해 높은 starch 함량을 가짐에 따른 것으로 보인다. 또한, NFC 중 sugar와 starch의 함량은 평균 95% 이상으로 측정되었다. 일반적으로 곡류사료는 조사료에 비해 NFC의 함량이 높으며 NFC 내에서도 starch와 sugar가 차지하는 비율은 곡물 원료가 무엇이냐에 따라 달라진다(Ha et al., 2013). 본 연구에서 사용된 배합사료의 NFC 중 sugar와 starch가 95% 이상을 차지한다는 것은 배합사료 내 원료의 주성분은 전분성 곡류일 것을 의미한다.

공시 재료의 *in vitro* 발효 평가

사료 내 각 영양소의 화학성분분석은 해당 사료의 영양적 가치를 판단하는 일반적이고도 손쉬운 기준이 되기는 하지만, 사료에 따른 영양소의 소화율과 여러 영양소의 대사적 상호작용이 대상 동물마다 다르기 때문에 정확한 영양적 가치 판단을 위해서는 생물학적인 평가가 요구된다(Han et al., 2012). 따라서 대사적 비육후기 배합사료의 반추위 내 소화율과 발효성상을 평가하기 위해 *in vitro* 발효 시험을 수행하였다. 제품 별 비육후기 배합사료의 배양시간 별 *in vitro* DM 소화율은 Fig. 1로 나타내었다. 각 사료의 소화율은 배양이 지속됨에 따라 유의적으로 증가하였고($p < 0.05$, Fig. 1) 소화율의 증가 추세는 배양 24시간 이후 감소하였다. 또한 배양 12, 24, 48시간에서 각각 C, A, B사의 사료가 수치적으로 가장 높은 소화율을 나타내었으나, 처리 별 유의적인 차이는 보이지 않았다($p = 0.9315$, Fig. 1).

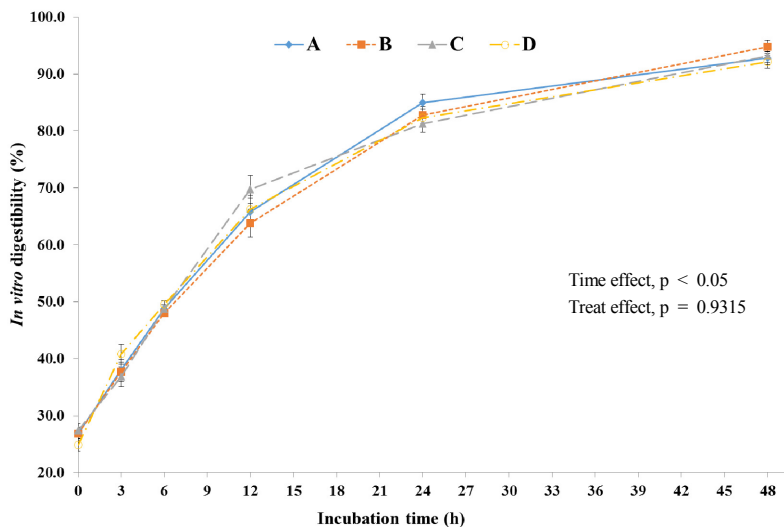


Fig. 1. *In vitro* rumen digestibility (%) variation according to treatments and incubation time (h). Each treatment was noticed to A, B, C, and D.

제품별 비육후기 배합사료의 배양 24시간 발효 성상은 Table 2로 나타내었다. 처리구 간 *in vitro* 소화율의 유의적인 차이가 없었던 것과 유사하게 가스발생량 역시 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p = 0.7481$, Table 2). 일반적으로 가스 발생량은 소화물의 용해성 탄수화물의 함량에 따라 증가하는 것으로 알려져 있다(Seo et al., 2009). C사의 사료는 타 배합사료에 비해 가장 많은 NFC를 함유하고 있어 가스발생량도 가장 높을 것으로 예상되었으나 24시간 배양에서 가스발생량은 유의적인 차이를 보이지 않았다. C사료의 배양시간 별 소화율이 12시간에 급속히 증가하였다가 24시간에서 다른 처리 구에 비해 수치적으로 낮은 소화율을 보임에 미뤄볼 때(Fig. 1), C사료에 포함된 높은 함량의 NFC가 24시간 이전에 다량 소화되었고 그에 따라 24 시간 가스발생량은 처리 구 간에 차이를 보이지 않은 것으로 추정된다. 한편, 암모니아 발생량은 C와 D사의 사료에서 유의적으로 높았는데($13.2 \text{ mg}/100 \text{ mL}$, Table 2), 이는 C와 D사의 사료가 타 사료에 비해 높은 CP함량을 가짐에 의한 것으로 보인다. 사료 내 단백질이 반추위에서 미생물에 의해 분해되어 최종산물로 발생하는 암모니아 유래 질소는 미생물의 단백질 이용성과 암모니아의 미생물 전환 효율과 밀접한 관계가 있다(Firkins et al., 2007). 반추 미생물이 효율적으로 암모니아를 이용하지 못할 경우, 단백질 분해에 의한 암모니아가 축적되어 반추위액에서 암모니아의 농도가 증가할 수 있다. 그러나 본 연구에서 총 VFA의 생산량을 고려해볼 때, 반추 미생물의 발효 특성은 정상으로 추정되었으며 따라서 반추 미생물 활력 저하에 의한 암모니아의 축적은 아닌 것으로 생각된다.

Table 2. Fermentation characteristics after 24 h *in vitro* incubation of the experimental diets using strained rumen fluid.

Item	A	B	C	D	SEM	p-value
Gas, mL/g DM	187.1	186.4	183.5	185.6	2.42	0.748
pH	6.17b	6.13c	6.23a	6.24a	0.004	< 0.01
NH ₃ -N, mg/100 mL	12.5ab	11.5b	13.2a	13.2a	0.31	< 0.05
Total VFA ^y , mM	105.3	101.7	100.2	101.7	5.32	0.918
Acetate, %	55.5ab	55.9a	54.9b	55.7a	0.17	< 0.05
Propionate, %	27.4b	27.3b	28.4a	27.2b	0.09	< 0.01
Butyrate, %	12.9a	12.5b	12.5b	12.7ab	0.08	< 0.05
A:P ratio ^z	2.03a	2.05a	1.93b	2.05a	0.01	< 0.01

^yVFA: volatile fatty acids.

^zA:P ratio: acetate to propionate ratio.

Means in the same row with different letters differ significantly.

반추위액의 pH는 시료가 반추위 미생물에 의해 발효되면서 발생하는 여러 발효산물에 의해 영향을 받으며, 탄수화물 분해에 의해 발생하는 VFA와 lactate의 농도가 증가할수록 pH는 감소한다(Ha et al., 2013). 배합사료 별 *in vitro* 발효성상에서 총 VFA 발생량은 유의적인 차이가 없음에도 불구하고 pH는 C와 D사료에서 유의적으로 높았는데($p < 0.01$, Table 2), 이는 C와 D 사료에서 측정된 높은 암모니아에 의한 양성자 농도 감소에 기인한 것으로 추정된다. 반추위 미생물의 성장 및 발효활성에 적절한 가용 pH는 5.8 - 7.2로 알려져 있으며(Hiltner and Dehority, 1983) 본 연구에서 측정된 pH(6.13 - 6.24)는 모두 가용 범위에 포함되어 산도 저하에 의한 반추 미생물의 활성 저하는 없었을 것으로 보인다. 총 VFA 생산량은 반추위 미생물의 안정적인 발효 여부에 따라 결정되는데 본 연구에서 총 4종의 시료 모두 총 VFA 생산량에서 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 이는 4개의 처리구 모두 미생물 활성에 부정적인 영향을 미치지 않는다는 것을 의미한다. 개별 VFA의 비율은 사료 내 성분에 따라 달라지게 되는데 이는 반추위 미생물이 선호하는 사료 성분이 다르기 때문이다(Dehority, 2003). 사료 내 섬유질의 함량이 높을 경우, 섬유소 분해 박테리아에 의해 최종산물 중에서 acetate의 비율이 증가하며, 전분성 탄수화물의 함량이 높으면 전분 분해 박테리아에 의해 propionate의 비율이 증가한다. 본 연구에서 측정된 A : P ratio 중, 유의적으로 낮은 수치를 보인 사료는 C사의 사료

였으며($p < 0.01$), 이는 C사료가 가장 많은 NFC를 함유하고 있어 타 사료에 비해 propionate 발생의 비율이 높음에 의한 것으로 추정된다.

Conclusion

본 연구에서는 국내에서 유통되는 한우 비육 후기용 배합사료 4종의 영양적 가치를 평가하고자 항목을 다양화한 화학적 성분 분석과 *in vitro* 발효 시험을 수행하였고, 사료 별 차이를 비교 분석하였다. 동일 영양소에 대해 각 사료 별 차이는 변이 계수로 표현되었는데, DM을 제외한 영양소 항목 중에서 가장 큰 차이를 보인 영양소는 EE였고, 가장 낮은 항목은 TDN이었다. 각각의 배합사료가 영양소 함량에서 차이를 보이는 이유는 제조사별로 선호하는 사료 원료의 종류가 다르고 비육 후기의 사양 전략이 다르기 때문인 것으로 추정된다. 실제 각 배합사료의 반추위 소화 특성을 평가하기 위해 *in vitro* 발효 시험을 수행하였고, DM 소화율은 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 그러나 pH, 암모니아, acetate와 propionate 비율은 유의적인 차이를 나타내었는데 이는 각 사료가 가진 영양소 함량의 차이에 의한 것으로 보인다. 각 사료회사는 비육후기용 배합사료의 제조에 있어 고유의 사양전략과 단미사료의 선택이 있기 때문에 위와 같은 차이를 보이고 있는 것으로 사료된다. 농가의 사료 선택은 생산비 절감을 통한 수익의 증대에 큰 영향을 미치므로 매우 중요하다. 하지만, 실제 농가에서 사료를 선택함에 있어 사료의 영양적 가치에 대한 정보가 부족한 것은 가격 이외의 영양소 성분의 비교를 통한 사료의 선택을 매우 어렵게 하고 있다. 상용 사료 4종에 대한 영양소 분석을 실시한 이번 연구는 농가의 사양 목표에 따른 가장 적합한 사료를 선택하는 데에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각되며, 실제 비육후기 사양 성적에 미치는 영향을 평가하기 위해서 추가적으로 *in vivo* 사양 실험과 도축 성적 평가가 추가적으로 수행되어야 할 것이다.

Acknowledgements

이 논문은 부산대학교 기본 연구 지원 사업(2년)에 의하여 연구되었음.

References

- AOAC. 2005. Official methods of analysis of AOAC international. Association of official analytical chemists international, Gaithersburg, MD, USA.
- Chaney AL, Marbach EP. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry* 8:130-132.
- Dehority BA. 2003. Rumen microbiology. Nottingham University Press, UK.
- Erwin ES, Marco GJ, Emery EM. 1961. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. *Journal of Dairy Science* 44:768-771.
- Firkins JL, Yu Z, Morrison M. 2007. Ruminant nitrogen metabolism: Perspectives for integration of microbiology and nutrition for dairy. *Journal of Dairy Science* 90:E1-16.
- Goering HK, Van Soest PJ. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). U.S. Agricultural Research Service.
- Ha JK, Kim CH, Moon YS, Baik MG, Seo S, Lee SS, Lee SY, Lee WS, Chang JS, Choi NJ. 2013. Ruminant nutrition and physiology. SNU Press, Korea. [in Korean]

- Hall MB. 2009. Analysis of starch, including maltooligosaccharides, in animal feeds: A comparison of methods and a recommended method for AOAC collaborative study. *Journal of AOAC International* 92:42-49.
- Han IK, Baik IK, Ha JK, Chae BJ, Kim BG, Kim SW, Kim IH, Moon YS, Seo S, Yang CJ, Yoon CH, Choi NJ, Choi YH. 2012. *Animal nutrition*. SNU Press, Korea. [in Korean]
- Harper GS, Pethick DW. 2004. How might marbling begin? *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44:653-662.
- Hiltner P, Dehority BA. 1983. Effect of soluble carbohydrates on digestion of cellulose by pure cultures of rumen bacteria. *Applied Environmental Microbiology* 46:642-648.
- Krishnamoorthy U, Muscato TV, Sniffen CJ, Van Soest PJ. 1982. Borate-phosphate procedure as detailed in nitrogen fractions in selected feedstuffs. *Journal of Dairy Science* 65:217-225.
- Lee J, Seo J, Park J, Seo S. 2015. Analysis of economic feed value of commercial compound feeds for Hanwoo on the basis of their nutritional value. *Korean Journal of Agricultural Management and Policy* 42:19-36.
- Licitra G, Hernandez TM, Van Soest PJ. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science & Technology* 57:347-358.
- NRC. 2000. *Nutrient requirements of beef cattle*. National Academy Press, Washington, DC.
- NRC. 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. National Academy Press, Washington, DC.
- Seo S, Lee SC, Lee SY, Seo JG, Ha JK. 2009. Degradation kinetics of carbohydrate fractions of ruminant feeds using automated gas production technique. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 22:356-364.
- Theodorou MK, Williams BA, Dhanoa MS, McAllan AB, France J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science & Technology* 48:185-197.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3597.