

이유 전 농후사료 (무조사료) 급여가 한우 송아지의 반추위 유두 발달에 미치는 영향

김완영¹ · 이성훈² · 황진호³ · 김성기¹ · 이성실³ · 여준모^{1*}

¹한국농수산대학, ²경상남도 축산진흥연구소, ³경상대학교

Effects of Concentrate Feeding on Rumen Papillae Development in Hanwoo Calves before Weaning

Wan Young Kim¹, Sung Hoon Lee², Jin Ho Hwang³, Seong Ki Kim¹, Sung Sill Lee³ and Joon Mo Yeo^{1*}

¹Korea National College of Agriculture & Fisheries, Hwaseong 445-760, Korea, ²Gyeongsangnamdo Livestock Promotion Research Institute, Sancheong 666-962, Korea, ³Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

ABSTRACT

The present study was conducted to investigate the effects of concentrate feeding on rumen papillae development in suckling Hanwoo calves before weaning (60 days of age). Twenty-four Hanwoo calves (12 heifers and 12 bulls) at six days of age were randomly assigned to one of three dietary treatments [hay and two levels (low and high) of concentrate feeding] and given each diet with free access to their dams for suckling until 60 days of age. At 60 days of age, two calves from each treatment were sacrificed and used for post-mortem examination of rumen papillae development. Feed intake between 31 and 60 days of age was significantly higher ($P<0.05$) for the high concentrate treatment (380.2 g/d) than for other treatments (58.3 and 76.9 g/d for hay and low concentrate treatments, respectively). Although feed intake showed a large difference between the low and high concentrate treatments, body weights at birth and 60 days of age were similar between the two treatments, suggesting that calves in the low concentrate feeding suckled more milk from their dams than those in the high concentrate feeding. The ratio of reticulo-rumen weight to body weight at 60 days of age was significantly increased ($P<0.05$) in the high concentrate (1.39%), compared with those in the hay (0.85%) and low concentrate (1.06%) treatments. Furthermore, the high concentrate feeding significantly increased both rumen papillae length and width, compared with the hay and low concentrate feeding group. This was also detected clearly by visual observation. The blood concentration of β -hydroxybutyrate was significantly higher for the high concentrate (176.4 $\mu\text{mol/L}$) than for other treatments (58.9 and 59.2 $\mu\text{mol/L}$ for the hay and the low concentrate group, respectively). In conclusion, the results of the present study showed that, to achieve a large development of rumen papillae before weaning (60 days of age) in suckling Hanwoo calves, the amount of concentrate intake should be important. And also the results implied that hay might not be included in the diet for suckling Hanwoo calves before weaning (60 days of age).

(Key words : Hanwoo calves, Rumen papillae, Concentrates, Weaning)

서 론

한우 번식우 경영에 있어서 건강한 송아지의 사육은 수익과 연관성이 높기 때문에 체계적인 사양관리가 필요하다. 영양 및 생리적인 측면의 한우 송아지 사양관리에서 어미소의 포유량은 생후 3주령 내외까지의 정상적인 발육에 필요한 영양소를 공급할 수 있지만, 송아지의 성장에 비하여 어미소의 비유량은 상대적으로 감소되기 때문에 부족한 영양소는 고행사료로 보충해 주어야 하며, 아울러 반추위 유두(papillae) 발달을 촉진할 목적으로도 고행사료의

급여가 필요하다(NIAS, 2007). 반추위 유두는 영양소를 흡수하는 조직으로서, 어린 송아지가 고행사료의 소화·흡수를 최대화하기 위해서는 이유 전 반추위 유두의 충분한 발달이 필요하다. 이러한 반추위 유두의 형성과 발달은 휘발성 지방산에 의하여 영향을 받으며, 특히 butyrate와 propionate가 반추위 유두를 크게 발달시키는 것으로 알려져 있다(Sander 등, 1959; Tamate 등, 1962). 즉, 반추위 유두 발달은 섭취하는 사료의 종류에 의해 큰 영향을 받는다. Holstein 송아지의 경우 이유 전 조사료의 급여는 반추위 유두 발달에 미치는 영향이 매우 낮고, 농후사료의 급여는 반추위 유두를

* Corresponding author : Joon Mo Yeo, Korea National College of Agriculture & Fisheries, Hwaseong 445-760, Korea. Tel: +82-31-229-5056, Fax: +82-31-229-5055, E-mail: yeoj@korea.kr

크게 발달시키는 것으로 알려져 있다(Heinrichs, 2005). 따라서 Holstein 송아지의 농후사료 섭취량은 반추위 유두 발달의 간접적인 판단 및 이유시기를 결정하는 데 활용되고 있다(NRC, 2001). 반면에 한우 송아지의 반추위 유두 발달과 관련된 연구는 아직 이루어진 바 없다. 따라서 본 연구는 이유(생후 2개월) 전 농후사료(무조사료) 급여가 한우 어린송아지의 반추위 유두 발달에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

1. 시험동물, 시험사료, 사양관리 및 시험설계

본 시험은 전북 정읍시 소재 농가에서 진행하였으며, 시험축으로 초유떼기 한우 어린송아지(생후 6일령) 24두(수 12, 암 12)를 공시하였다. 시험설계상 갓 태어난 송아지를 이용하여야 되기 때문에 분만예정일이 비슷한 어미소를 처리구에 따라 고루 배치하였으며 시험축의 생년월일은 2011년 2월 19일~2011년 4월 16일로 분포되었다. 실험기간동안 각 송아지는 어미소의 사료와 물을 섭취할 수 없도록 분리하였으나, 어미젖은 자유롭게 포유할 수 있는 시설에서 사육하였다. 충분한 초유의 섭취를 위하여 생후 5일까지는 사료와 물을 급여하지 않았으며, 생후 6일째부터 60일령까지 각 처리구에 해당되는 사료(Table 1) 및 물을 자유 급여하였다. 농후사료는 시판되는 한우 어린송아지 스타터 사료[번식용 어린송아지사료; 제일사료(주)]를, 조사료는 티모시를 이용하였다.

처리구는 크게 농후사료구(무조사료구)와 조사료구로 구분하였고, 농후사료구는 농후사료의 섭취량에 따른 반추위 발달 양상을 조사하기 위하여, 사료섭취량을 기준으로 고농후사료급여구(high concentrate)와 저농후사료급여구(low concentrate)로 세분화하여, 총 3처리구(고농후사료급여구, 저농후사료급여구 및 조사료구)로 구분하였다. 본 실험에서는 일반적인 우리나라의 한우 송아지 사양방법인 어미젖 포유방법을 그대로 적용하였기 때문에, 어미소의 비유량에 따라 송아지의 사료섭취량이 큰 영향을 받을 수 있어 시험개시부터 농후사료구를 세분화하지 않았다. 따라서 농후사료 처리구들은 본격적인 사료섭취가 시작되는 생후 30일령 시점(NIAS, 2007)에서 조사한 한우 송아지의 농후사료 섭취량(원물)을 기준

Table 1. The chemical composition (as fed-basis, %) of the diets used in the experiment

	Concentrates	Timothy
Dry matter	87.2	88.9
Crude protein	20.9	6.9
Ether extract	6.0	2.0
Crude fiber	3.9	20.6
Crude ash	6.1	8.7
TDN ¹⁾	73.0	45.8

¹⁾ calculated values.

(고농후사료급여구: 1일 50g 이상, 저농후사료급여구: 1일 50g 이하)으로 처리구를 구분하였다.

2. 조사항목 및 분석방법

실험기간동안 송아지의 사료섭취량을 매일 측정하였고, 체중은 총 3회(생시, 30일령, 60일령) 측정하였다. 시험사료는 2주일 간격으로 채취하여 AOAC(1990) 방법에 준하여 일반성분을 분석하였다.

반추위의 유두 발달을 조사하기 위하여 시험 종료(60일령)시 처리구당 2(♂)두씩, 총 6두를 안락사(succinylcholine 1 ml 정정맥주사) 시켰다. 반추위 유두의 길이 및 두께는 Lesmeister 등(2004b)의 방법을 응용하여 측정하였다. 이를 요약하면, 소화 장관의 적출 전에 반추위의 중앙부위를 식별할 수 있도록 색실로 반추위의 중앙부위를 10 cm 간격으로 표시(stitch)한 후, icebox에 보관하여 실험실로 운반하였다. 반추위의 복낭, 맹낭 및 2위를 덮고 있는 장막을 분리한 후, 정중앙을 절개하여 위 내용물을 추출하였다. 절개된 반추위는 약하게 흐르는 수돗물로 소화물의 잔류가 없도록 세척한 후, 절개한 위를 펼쳐서 sampling을 실시하였다. 전복낭(cranial ventral sac), 전배낭(cranial dorsal sac), 후복맹낭(caudal ventral blind sac), 후배맹낭(caudal dorsal blind sac)의 각 중앙부위를 5 cm² 크기로 절단한 후 30% formaldehyde 용액에 보관하였다. 고정된 반추위 조직들은 다시 1 cm² 크기로 절단한 후, 이는 다시 1열씩 유두가 배치되도록 절단하여 표식자(5×5 mm)와 함께 사진을 촬영한 후, image analysis(i-Solution Ver7.2, IMT I-Solution Inc., BC, Canada) 방법을 통하여 유두의 길이 및 너비를 측정하였다.

시험 종료시 송아지의 정정맥에서 혈액을 채취한 후 1,171×g에서 20분간 원심 분리하였고, 상등액인 혈장을 이용하여 Williamson과 Mellanby(1974)의 방법에 따라 혈중 β-hydroxybutyrate 농도를 분석하였다.

3. 통계 분석

본 연구에서 얻어진 모든 종속변수의 통계분석은 SAS package program(SAS, 2000)의 PROC MIXED(ANOVA)를 이용하여 실시하였다. 본 연구의 종속변수는 사료섭취량, 체중, 증체량, 반추위 무게, 체중대비 반추위 무게 비율 및 반추위 유두 길이와 두께, 그리고 β-hydroxybutyrate이었고, 이들 중 사료섭취량, 체중, 증체량 및 β-hydroxybutyrate는 처리구당 송아지 8두의 결과에서, 송아지 도축 후 반추위 관련 변수, 즉, 반추위 무게, 체중대비 반추위 무게 비율 및 반추위 유두 길이와 두께는 처리구당 송아지 2두의 결과 평균값에서 도출되었다. 또한, 처리구 간 유의차는 확률값 5% 수준(P=0.05)에서 최소유의차검정(Least significant difference test)으로 실시하였다(Steel과 Torrie, 1980).

결과 및 고찰

1. 사료섭취량, 체중 및 반추위 무게

1일 사료 섭취량은 6~30일령 및 31~60일령 모두 고농후사료급여구가 다른 처리구들에 비하여 유의적 ($P<0.05$)으로 높은 건물섭취량을 나타내었다 (Table 2). 고농후사료급여구는 저농후사료급여구에 비하여 6~30일령에는 약 3배, 31~60일령에는 5배 정도 높은 건물섭취량을 나타내었다. 반면에 조사료만을 섭취한 조사료구의 1일 건물섭취량은 저농후사료급여구와 큰 차이가 없었다. 고농후사료급여구가 31~60일령에 섭취한 1일 TDN과 CP양은 각각 318 g과 91 g으로 계산되었다. 이는 NIAS (2007)에서 제시한 체중 60 kg (일당증체량 0.6 kg) 송아지가 하루 4.8 kg을 포유할 때 필요한 1일 TDN 및 CP양인 230 g과 18 g 보다는 높은 수준이었다. 반면 같은 기간 동안 저농후사료급여구의 1일 TDN과 CP 섭취량은 64 g과 19 g으로서 CP 섭취량은 충족된 반면, TDN 섭취량은 NIAS (2007)에서 제시한 양보다 크게 부족한 것으로 계산되었다. 그러나 고농후사료급여구와 저농후사료급여구의 영양소 섭취량은 큰 차이가 있었지만, 두 처리구의 60일령 체중은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 저농후사료급여구 어미소의 비유량이 고농후사료급여구보다 비교적 높아 성장에 부족한 영양분을 포유로 충족했던 것으로 사료된다. 한우 사양기준 (NIAS, 2007)에 의하면 송아지의 건물섭취량은 어미소의 비유량에 의해 영향을 받는 것으로 계산되고 있다. 즉, 어미소의 비유량이 증가할수록 송아지의 건물섭취량은 감소하는 것으로 제시하였다. 예를 들면, 체중 60 kg 송아지를 기준으로 어미소의 1일 비유량이 3.8 kg과 4.8 kg일 경우 0.6 kg의 일당증체량에 필요한 1일 건물섭취량은 각각 470 g과 320 g으로 제시하고 있다 (NIAS, 2007). 조사료구의 경우 NIAS (2007)에 비하여 사료섭취량 및 체중이 크게 낮은 것으로 조사되었는데, 이는

농후사료에 비하여 영양소 농도가 낮은 조사료 (1일 영양소 섭취량: TDN 30 g, CP 5 g)만을 섭취하였을 뿐만 아니라, 어미소의 비유량도 충분치 못하였기 때문인 것으로 사료된다.

생시체중은 각 처리구간 매우 비슷한 것으로 조사되었다 (Table 2). 60일령 체중은 조사료구가 49.5 kg으로서 가장 낮게 나타났고, 저농후사료급여구, 고농후사료급여구 순으로 높아졌으나 처리구간 유의적인 차이는 없었다. 생후~60일령 기간의 평균 일당증체량도 조사료구, 저농후사료급여구, 고농후사료급여구 순으로 높아졌으나 처리구간 유의적인 차이는 없었다. 한우송아지의 1개월령 및 2개월령 평균 체중 (NIAS, 2007)은 약 39~43 kg과 58~64 kg으로서, 본 실험에서 조사된 고농후사료급여구와 저농후사료급여구의 체중은 이와 비슷한 것으로 나타났다. 그러나 조사료구의 경우 1개월령 체중은 비슷하지만 2개월령 체중은 NIAS (2007) 보다 약 15% 정도 낮게 조사되었다. 이는 앞서 설명한 바와 같이 낮은 영양소 농도, 낮은 건물섭취량 및 어미소의 비유능력과 연관이 높을 것으로 사료된다. 한우 송아지의 생후 60일 기간 동안의 일당 증체량은 0.5~0.7 kg을 기준 (NIAS, 2007)으로 하고 있다. 체중과 마찬가지로 농후사료구들의 일당증체량은 NIAS (2007)의 수준과 비슷하지만 조사료구의 경우는 낮은 것으로 나타났다.

처리구별 2두씩 도살된 60일령 송아지의 체중 대비 반추위 무게의 비율은 고농후사료급여구가 평균 1.39%로서 다른 처리구들에 비하여 유의적 ($P<0.05$)으로 높았으며, 저농후사료급여구는 1.06%로서 조사료구 0.85% 보다 유의적 ($P<0.05$)으로 높게 나타났다 (Table 3). 개체별 자료 (Table 4)에 의하면 저농후사료급여구와 고농후사료급여구의 생시체중과 60일령 체중은 비슷하였다 (관1 vs 농1-2, 농2 vs 농1). 즉, 성장에 필요한 영양소는 포유 및 농후사료로부터 공급받을 수 있었지만 반추위의 발달은 농후사료에 의한 영향이 높았음을 시사하고 있다. 또한 개체 조5 (조사료구), 농2 (저농후사료급여구) 및 농1 (고농후사료급여구)의 생시체중과 60일령

Table 2. Feed intake and body weight of suckling Hanwoo calves given concentrates or hay as the sole diet until 60 days of age

	Treatment ²⁾			SEM ¹⁾	P value
	Hay ³⁾	Low concentrates	High concentrates		
Dry matter intake, g/d					
6~30 days	6.6 ^b	14.0 ^b	42.8 ^a	16.75	0.002
31~60 days	58.3 ^b	76.9 ^b	380.2 ^a	94.65	<0.001
Body weight, kg					
Birth	26.7	27.1	27.3	2.76	0.939
30 days	36.2	40.7	38.7	5.03	0.315
60 days	49.5	54.3	56.1	8.31	0.390
Daily gain, g/d					
Birth~60 days	0.38	0.45	0.53	0.10	0.077

^{a, b} Superscripts in the same row differ significantly ($P<0.05$).

¹⁾ Standard error of the means

²⁾ Observation no. : 8 for each treatment

³⁾ Timothy.

Table 3. Comparison of the ratio of reticulo-rumen weight to body weight on post-mortem examination at 60 days of age in suckling Hanwoo calves given concentrates or hay as the sole diet

	Treatment ²⁾			SEM ¹⁾	P value
	Hay ³⁾	Low concentrates	High concentrates		
Body weight at 60 days of age, kg	47.0	60.5	59.3	11.76	0.525
Weight of reticulo-rumen, kg	0.40	0.64	0.83	0.17	0.171
Ratio of reticulo-rumen weight to body weight, %	0.85 ^c	1.06 ^b	1.39 ^a	0.05	0.004

^{a, b, c} Superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

¹⁾ Standard error of the means

²⁾ Observation no. : 2 for each treatment

³⁾ Timothy.

Table 4. Individual data from suckling Hanwoo calves given concentrates or hay as the sole diet for post-mortem examination at 60 days of age

	Hay		Low concentrates		High concentrates	
	조1	조5	관1	농2	농1	농1-2
DM intake, g						
6~30 days	20.2	1.6	7.3	18.8	59.8	63.9
31~60 days	128.5	29.2	112.2	105.5	568.6	496.2
Body weight, kg						
Birth	25.0	26.0	31.0	27.5	26.5	32.0
60 days	41.5	52.5	69.0	52.0	49.0	69.5
Weight of reticulo-rumen, kg	0.35	0.45	0.72	0.56	0.65	1.01
Ratio of reticulo-rumen weight to body weight, %	0.84	0.85	1.04	1.07	1.32	1.45

체중은 비슷하였지만, 반추위 무게는 조사료구가 농후사료구들에 비하여 약 25~45%까지 낮았다. 개체 조5의 조사료 섭취량은 매우 낮았기 때문에 성장에 필요한 영양소는 대부분 포유에 의존한 것으로 판단할 수 있다. 즉, 우유는 반추위 발달에 미치는 영향이 매우 낮음을 제시하고 있다. 뿐만 아니라 개체 조1은 조5에 비하여 조사료 섭취량은 높았으나 체중 대비 반추위 무게 비율은 비슷하게 나타나, 조사료가 반추위 발달에 미치는 영향도 매우 낮은 것으로 나타났다.

2. 반추위 유두 발달

처리구별 반추위의 유두 길이는 고농후사료급여구가 다른 처리구

들보다 유의적 (P<0.05)으로 높게 나타났다 (Table 5). 고농후사료 급여구의 반추위 유두 길이는 저농후사료급여구보다 약 2.1배, 조사료구보다 3.4배 정도 긴 것으로 나타났다. 저농후사료급여구의 반추위 유두 길이는 조사료구보다 1.6배 정도 긴 것으로 조사되었으나, 유의적인 차이는 없었다. 한우 송아지의 반추위 유두 발달에 관한 연구가 이루어진 바가 없기 때문에 본 실험 결과의 직접적인 비교가 어려운 점이 있다. 품종이 다른 Holstein 송아지의 반추위 유두 길이 (Lesmeister 등, 2004a)와 비교하여 보면, 우유와 농후사료만 급여한 송아지를 35일령에 이유하였을 경우 반추위 유두 길이는 1.2~1.5 mm로 조사되었다. 이는 본 실험의 저농후사료 급여구보다는 약간 길지만 고농후사료 급여구보다는 낮은 수준이다. 이때 Holstein 송아지의 체중은 약 55~59 kg, 1주령~5주령 평균 1

Table 5. Comparison of rumen papillae length and width on post-mortem examination at 60 days of age in suckling Hanwoo calves given concentrates or hay as the sole diet

	Treatment ²⁾			SEM ¹⁾	P value
	Hay ³⁾	Low concentrates	High concentrates		
Papillae length, mm	0.65 ^b	1.04 ^b	2.21 ^a	0.20	0.009
Papillae width, mm	0.38 ^b	0.53 ^b	0.80 ^a	0.06	0.013

^{a, b} Superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

¹⁾ Standard error of the means

²⁾ Observation no. : 2 for each treatment

³⁾ Timothy.

일 농후사료 건물 섭취량은 약 280~325 g 이었다.

처리구별 반추위의 유두 두께는 반추위 유두 길이와 마찬가지로 고농후사료급여구가 다른 처리구들보다 유의적 ($P<0.05$)으로 높게 나타났다. 고농후사료급여구의 반추위 유두 두께는 저농후사료급여구보다 1.5배, 조사료구보다 2.1배 정도 두꺼운 것으로 나타났다. 저농후사료급여구의 평균 반추위 유두 두께는 조사료구 보다 1.4배 정도 두꺼운 것으로 조사되었으나, 유의적인 차이는 없었다. 35일령에 이유했한 Holstein 송아지의 반추위 유두 두께 (Lesmeister 등, 2004a)는 0.7~0.9 mm로서 본 실험의 고농후사료급여구와 비슷한 것으로 조사되었다.

농후사료급여에 의한 한우 송아지의 반추위 유두 발달은 정량적인 분석(길이 및 두께) 뿐만 아니라 정성적인 분석에서도 큰 차이를 보였다(Fig. 1 and 2). 다른 처리구들과는 달리 고농후사료급여구의 경우 반추위 벽이 보이지 않을 정도로 반추위 유두가 발달되어 있었다. 또한 고농후사료급여구의 반추위 유두 모양은 원기둥 형태를 뚜렷이 형성하고 있는 반면, 조사료구의 경우 길이를 측정할 수 없을 정도로 모양이 작았고, 저농후사료급여구의 반추위 유두 모양은 조사료구보다 뚜렷하였지만 고농후사료급여구에 비하여 두께와 길이가 현저히 낮은 것을 관찰할 수 있었다. 정량적인 분석에서도 저농후사료급여구와 조사료구간의 반추위 유두 길이 및 두께는 큰 차이가 있었으나 통계적 유의성이 없었는데, 이는 적은 반복수(2두) 때문인 것으로 사료된다.

반추위 유두는 영양소의 흡수 및 전달, 그리고 VFA의 대사에 관여하는 중요한 조직으로서, 이러한 반추위 유두의 발달은 반추위 내 발효산물인 VFA에 의하여 영향을 받는다(Sander 등, 1959; Tamate 등, 1962). 따라서 어린 송아지가 우유만 섭취할 경우, 우유는 반추위를 거치지 않고 4위로 유입되기 때문에 반추위 유두 발달은 매우 낮다(Heinrichs, 2005). 한편, VFA의 종류에 의해서도 반추위 유두 발달 차이가 나타나는데, 반추위내에 직접 propionate와 butyrate를 공급하였을 경우 반추위 유두가 크게 발달하였으나, acetate는 큰 영향을 미치지 못하였다(Sander 등, 1959; Lane과 Jesse, 1997). 이는 반추위 유두 발달이 급여하는 사료의 종류에 의해 큰 영향을 받을 수 있음을 나타내고 있다. 즉, 조사료는 반추위 유두 발달에 미치는 영향이 매우 낮고, 농후사료는 반추위 유두를 크게 발달시킬 수 있음(Heinrichs, 2005)을 나타내고 있다. 본 실험의 결과는 이와 일치하고 있으며, 이유 전 반

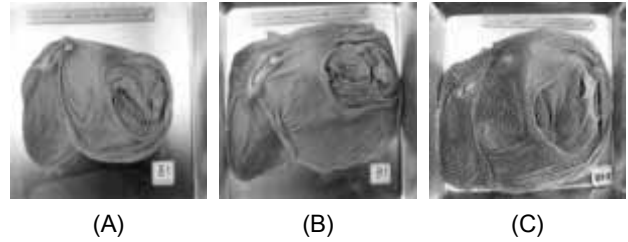


Fig. 1. Rumen papillae development at 60 days of age in suckling Hanwoo calves given concentrates or hay as the sole diet; (A) hay, (B) low concentrates and (C) high concentrates.

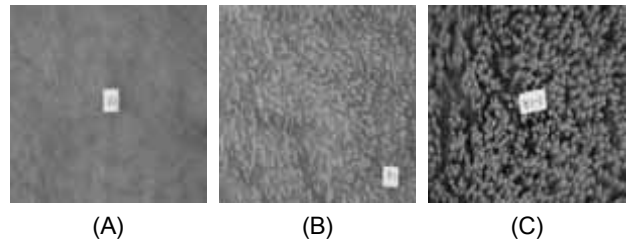


Fig. 2. Rumen papillae development at 60 days of age in suckling Hanwoo calves given concentrates or hay as the sole diet (photomicrography); (A) hay, (B) low concentrates and (C) high concentrates.

추위 발달을 위해서는 한우 송아지의 농후사료 섭취량이 매우 중요하며, 농후사료 섭취량이 충분할 경우 60일령에 이유했 가능할 수 있음을 제시하고 있다.

3. 혈중 β -hydroxybutyrate 농도 ($\mu\text{mol/L}$)

고농후사료급여구의 혈중 β -hydroxybutyrate 농도는 다른 처리구들에 비하여 약 3배 정도 유의적 ($P<0.05$)으로 높게 나타났으며, 조사료구와 저농후사료급여구간에는 유의적 차이가 없었다(Table 6). 이유 전 42일 동안 우유와 옥수수 플레이크만 급여한 Holstein 송아지의 혈중 β -hydroxybutyrate 농도는 191 $\mu\text{mol/L}$ 이었다(Lesmeister and Heinrichs, 2004). 이는 본 실험에서 조사된 고

Table 6. Blood concentration of β -hydroxybutyrate ($\mu\text{mol/L}$) in suckling Hanwoo calves given concentrates or hay as the sole diet at 60 days of age

	Treatment ²⁾			SEM ¹⁾	P value
	Hay ³⁾	Low concentrates	High concentrates		
β -hydroxybutyrate, $\mu\text{mol/L}$	58.9 ^b	59.2 ^b	176.4 ^a	83.38	0.020

^{a, b} Superscripts in the same row differ significantly ($P<0.05$).

¹⁾ Standard error of the means

²⁾ Observation no. : 8 for each treatment

³⁾ Timothy.

농후사료급여구의 수치와 비슷하였으나 저농후사료급여구 및 조사료구와는 큰 차이를 나타내었다. 송아지의 혈중 β -hydroxybutyrate 농도는 사료섭취량이 증가할수록 증가할 수 있다(Quigely 등, 1991). 고농후사료급여구의 혈중 β -hydroxybutyrate 농도가 가장 높게 조사된 결과는 높은 사료 섭취량 결과와 일치하는 것을 나타내고 있다. 또한 butyrate가 반추위 유두 발달을 촉진시키는 역할을 고려하면 고농후사료급여구에서 두드러진 반추위 유두 발달이 이루어진 결과와도 일치하고 있다.

반추위에서 생성된 propionate와 butyrate는 상피세포로 흡수된 후, 그대로 문맥으로 이동되는 것이 아니라 상피세포 내에서 VFA에 대한 대사작용이 일어난다(Baldwin 등, 2004). 반추위 상피세포 내에서, acetate의 경우에는 거의 대사작용이 일어나지 않으며, propionate의 경우 lactate와 pyruvate로 약 3~15% 전환되며, butyrate의 경우 acetoacetate 및 β -hydroxybutyrate로 85~90% 전환된다(Weigland 등, 1975; Beck 등, 1984). 따라서 혈중 β -hydroxybutyrate는 반추위내에서 생성되는 butyrate가 β -hydroxybutyrate로 전환되는 것을 나타내며, 또한 반추위 상피세포의 대사활동을 측정할 수 있는 지표로 활용되고 있다(Lane 등, 2000). 아직까지 휘발성 지방산이 반추위 유두 발달에 관한 작용기전을 분명하게 밝히지는 못하였으나, butyrate 및 propionate가 반추위의 혈액공급을 증가시킬 수 있다는 가능성(Sander 등, 1959) 및 반추위 상피세포의 유두 발달 관련 유전자발현과 연관이 있음이(Wang 등, 1996) 보고되었다.

본 연구의 결과를 종합하면, 이유 전(생후 2개월) 한우 송아지의 농후사료(무조사료) 섭취량 증가는 육안으로 관찰할 수 있을 정도로 반추위 유두 발달을 크게 증가시킨 반면, 농후사료 섭취량이 낮을 경우에는 상대적으로 반추위 유두의 발달이 매우 낮았으며, 특히 조사료만을 급여했을 경우에는 유두의 발달이 거의 이루어지지 않았다. 즉, 조사료를 급여할수록 반추위 발달이 더더지고, 농후사료의 섭취가 증가할수록 반추위 발달이 증가하였다. 따라서 본 연구의 결과는 이유 전 한우 송아지의 반추위 발달이 농후사료 섭취량에 의하여 크게 영향을 받으며, 우유와 조사료는 반추위 발달에 미치는 영향이 매우 낮음을 제시하였다.

요 약

본 연구는 이유(생후 2개월) 전 농후사료(무조사료) 급여가 한우 어린 송아지의 반추위 유두 발달에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수행하였다. 총 24두(수 12두, 암 12두)의 생후 6일령 한우 어린송아지를 3처리구에 배치하였고, 각각 어미젖을 포유할 수 있는 시설에서 사육하였다. 처리구는 크게 농후사료구(무조사료구)와 조사료구로 구분하였고, 농후사료구는 농후사료의 섭취량에 따른 반추위 발달 양상을 조사하기 위하여, 사료섭취량을 기준으로 고농후사료급여구와 저농후사료급여구로 세분화하였다. 31~60일령의 1일 사료 섭취량은 고농후사료급여구(380.2 g/d)가 저농후사료급여구(76.9 g/d) 및 조사료구(58.3 g/d)에 비하여 유의적($P<0.05$)으로

높았다. 고농후사료급여구와 저농후사료급여구의 1일 사료섭취량은 큰 차이를 보였지만 생시체중 및 60일령 체중은 비슷하게 나타나, 저농후사료급여구의 성장에 부족한 영양분은 어미소의 포유로부터 충족된 것으로 사료되었다. 60일령의 체중 대비 반추위 무게의 비율은 고농후사료급여구(1.39%)가 저농후사료급여구(1.06%) 및 조사료구(0.85%) 보다 유의적($P<0.05$)으로 높게 나타났다. 뿐만 아니라 고농후사료급여구의 반추위 유두 길이 및 두께도 다른 처리구들에 비하여 유의적($P<0.05$)으로 높았다. 이는 육안으로도 그 차이를 뚜렷이 구분할 수 있었다. 60일령 혈중 β -hydroxybutyrate의 농도도 고농후사료급여구(176.4 $\mu\text{mol/L}$)가 저농후사료급여구(59.2 $\mu\text{mol/L}$) 및 조사료구(58.9 $\mu\text{mol/L}$) 보다 유의적($P<0.05$)으로 높았다. 본 연구의 결과는 이유 전(생후 2개월) 한우 송아지의 반추위 발달이 농후사료 섭취량에 의하여 크게 영향을 받으며, 우유와 조사료는 반추위 발달에 미치는 영향이 매우 낮음을 제시하였다.

(주제어: 한우 어린송아지, 반추위 유두 발달, 농후사료, 이유)

사 사

본 연구는 한구자조금관리위원회의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

인 용 문 헌

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Baldwin, R. L., McLeod VI, K. R., Klotz, J. L. and Heitmann, R. N. 2004. Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and post-weaning ruminant. *J. Dairy Sci.* 87 (ESuppl.):E55 - E65.
- Beck, U., Emmanuel, B. and Giesecke, D. 1984. The ketogenic effect of glucose in rumen epithelium of ovine and bovine origin. *Comp. Biochem. Physiol.* 77B:517-521.
- Heinrichs, J. 2005. Rumen Development in the Dairy Calf. *Advances in Dairy Technology.* 17:179-187.
- Lane, M. A. and Jesse, B. W. 1997. Effects of volatile fatty acid infusion on development of the rumen epithelium in neonatal sheep. *J. Dairy Sci.* 80:740-746.
- Lane, M. A., Baldwin, R. L. and Jesse, B. W. 2000. Sheep rumen metabolic development in response to age and dietary treatments. *J. Anim. Sci.* 78:1990-1996.
- Lesmeister, K. E. and Heinrichs, A. J. 2004. Effects of corn processing on growth characteristics, rumen development, and rumen parameters in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 87: 3439-3450.
- Lesmeister, K. E., Heinrichs, A. J. and Gabler, M. T. 2004a. Effects of supplemental yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) culture on rumen

- development, growth characteristics and blood parameters in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.*, 87:1832-1839.
- Lesmeister, K. E., Tozer, P. R. and Heinrichs, A. J. 2004b. Development and analysis of a rumen tissue sampling procedure. *J. Dairy Sci.* 87:1336-1344.
- National Institute of Animal Science, RDA. 2007. Korean Feeding Standard for Hanwoo. Sangrok. Korea. pp. 29-38.
- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, Seventh Revised Ed. Washington, D.C.: National Academy Press. pp. 214-229.
- Quigley, III, J. D., Caldwell, L. A., Sinks, G. D. and Heitmann, R. N. 1991. Changes in blood glucose, nonesterified fatty acids, and ketones in response to weaning and feed intake in young calves. *J. Dairy Sci.* 74:250-257.
- Sander, E. G., Warner, H. N., Harrison, H. N. and Loosli, J. K. 1959. The stimulatory effects of sodium butyrate and sodium propionate on the development of rumen mucosa in the young calf. *J. Dairy Sci.* 42:1600-1605.
- SAS. 2000. SAS/STAT[®] User's guide (Release 8.1 ed.). Statistics, SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1980. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach (2nd Ed.). McGraw-Hill Book Co., New York.
- Tamate, H., McGilliard, A. D., Jacobson, N. L. and Getty, R. 1962. Effects of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. *J. Dairy Sci.* 45:408-420.
- Wang, L-Q., Baldwin VI, R. L. and Jesse, B. W. 1996. Identification of two cDNA clones encoding small proline-rich proteins expressed in sheep ruminal epithelium. *Biochem. J.* 317:225-233.
- Warner, R. G., Flatt, W. P. and Loosli, J. K. 1956. Dietary factors influencing the development of the ruminant stomach. *Agric. Food Chem.* 4:788-792.
- Weigland, E., Young, J. W. and McGilliard, A. D. 1975. Volatile fatty acid metabolism from cattle fed hay and grain. *J. dairy Sci.* 58:1294-1300.
- Williamson, D. H., and Mellanby, J. 1974. D(-)-3-Hydroxybutyrate. In *Methods of Enzymatic Analysis*. Vol. 4 H. U. Bergmeyer, ed. Acad. Press, London, UK. pp. 1836-1840.

(Received Jul. 16, 2012; Revised Oct. 19, 2012; Accepted Oct. 24, 2012)