

# 발효사료에 대한 보호처리한 Vitamin C + E 및 면실의 첨가가 반추위 발효특성과 거세한우의 육성성적 및 혈액성상에 미치는 영향

박병기\* · 홍병주\*\* · 김창혁\*\* · 라창식\*\* · 신종서\*\*

농촌진흥청 축산연구소\*, 강원대학교 동물생명과학대학\*\*

## Effects of Supplementing Coated Vitamin C + E with Cottonseed on Rumen Fermentation and Growth Performance and Blood Metabolites in Hanwoo Steers Fed Fermented Feedstuff

B. K. Park\*, B. J. Hong\*\*, C. H. Kim\*\*, C. S. Ra\*\* and J. S. Shin\*\*

National Livestock Research Institute, R.D.A.\*,  
College of Animal Life Sciences, Kangwon National University\*\*

### ABSTRACT

This study was conducted to examine the effects of supplementing coated vitamin C+E with cottonseed on rumen fermentation and body weight gain, blood metabolites and hormone concentrations in Hanwoo steers fed fermented feedstuff. Experiments were done with two treatment groups, T1 without any supplements and T2 supplemented with coated vitamin C+E and cottonseed. Ruminal pH was lower in T2 than in T1 at 3h after morning feeding ( $p<0.05$ ), but was higher in T2 than in T1 at 6 and 9h after morning feeding ( $p<0.05$ ). Ruminal ammonia concentration was higher in T2 than in T1 for 12h after morning feeding ( $p<0.05$ ). Concentrations of acetate, propionate, butyrate and total-VFA were higher in T2 than in T1 at 3h after morning feeding ( $p<0.05$ ), but were lower in T2 than in T1 at 9 and 12h after morning feeding ( $p<0.05$ ). Average daily gain and concentrations of blood metabolites and hormones between T1 and T2 were similar. Results indicate that supplementation of coated vitamin C+E and cottonseed to fermented feedstuff affects on ruminal pH, ammonia and VFA. But it has no influences on body weight gain and concentrations of blood metabolites and hormones in Hanwoo steers.

(Key words : Coated vitamin C + E, Cottonseed, Hanwoo, Rumen fermentation, Blood metabolites)

### I. 서 론

최근, 소비자들은 쇠고기 구매의 선택요인으로 육질 및 보수력과 시각적 요소인 육색을 구매의 중요한 판별사항으로 고려하고 있다(Sanders 등, 1997). 이러한 소비자의 욕구를 충족시키기 위해서는 육질 개선과 동시에 소비자들의 구매욕

을 자극할 수 있도록 쇠고기의 육색 및 지방색을 개선해야 할 필요성이 대두되고 있다. 따라서 거세한우의 육질 및 육색 개선을 위해 다양한 사료자원 및 첨가제들이 이용되고 있다.

이러한 노력의 일환으로 거세한우의 도체등급 향상을 목적으로 산업부산물인 맥주박과 옥수수 위주로 제조된 발효사료가 이용되고 있으

Corresponding author : J. S. Shin, Department of Animal Resources Science, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea.

Tel : 033-250-8628, Fax : 033-244-2532, E-mail : jsshin@kangwon.ac.kr.

나(신 등, 1994; 박 등, 2003), 맥주박과 옥수수 위주로 발효사료 제조시 조단백질 및 조지방 함량이 다소 낮은 특성이 있다. 따라서 단백질과 지방 함량이 높고 조사료 대체효과도 있을 뿐만 아니라 bypass ingredient로서의 가치도 높은 면실(Arieli, 1998)의 첨가는 발효사료에서 조단백질 및 조지방 함량을 높이는데 도움이 될 뿐만 아니라 조사료 섭취량이 적은 비육후기 거세한우에서의 이용가치 또한 높다고 할 수 있다. 실제로 면실의 건물 1kg당 net energy for lactation(NEL)은 9.2MJ 이며, 조단백질, 조지방 및 NDF 함량은 각각 23, 20 및 44% 정도인 것으로 보고되고 있다(NRC, 1989).

한편, 육질, 육색 및 지방색의 개선을 목적으로 vitamin C와 E가 일부 활용되고 있는데, 12~24개월령의 일본 화우에 vitamin C 급여시 대조구에 비해 근내지방도가 유의적으로 개선되었다고 보고된 바 있다(축산연구소, 2004). 또한 거세한우의 평균 육색은 4.7로서 홀스타인 비육우의 4.2 혹은 일본 화우의 3.8에 비해 육색이 짙은 경향을 보여 이에 대한 보완이 필요한 실정인데, 자연 항산화제인 vitamin E는 지방산화를 감소시켜 지방색 및 육색의 변화를 방지하므로(Sherbeck 등, 1995) 거세한우의 육색 개선에 대한 활용 가치가 높다고 할 수 있다. 실제로 비육우에게 vitamin E를 급여 후 도축한 신선육에서 육색소와 지방의 산화가 감소되는 것으로 보고된 바 있으며(Faustman 등, 1989), vitamin C를 E와 함께 처리시 상호작용으로 항산화 작용이 상승되는 것으로 보고된 바 있어(Halpner 등, 1998) 이들 vitamin의 개별적인 이용보다는 동시이용이 바람직하다.

그러나 vitamin C는 고도의 수용성 물질로서 별도의 보호처리를 하지 않을 경우 반추위에서 급속하게 분해된다. 반추가축에서 vitamin E의 흡수는 소장에서 일어나는데(Thompson과 Dietschy, 1981), vitamin E의 형태에 따라 다소 차이는 있지만 비육후기 거세우에서 소장에 도달하기 전에 39~52%의 vitamin E가 소실된다고 보고된 바 있다(Shin과 Owens, 1990). 또한 Alderson 등(1971)은 사료내 옥수수의 비율이 8~42%까지 증가함에 따라 vitamin E 소실율은 20~80%까

지 증가한다고 보고하여 반추위 분해율 감소 및 수분 함량이 높은 발효사료에 첨가시 산화를 방지시킬 수 있는 bypass 기술의 응용이 필요하다.

따라서 본 연구는 발효사료에 대한 면실 및 vitamin C와 E의 가공에 적합한 fluidized bed coating system으로 제조하여 보호처리한 vitamin C+E의 첨가가 반추위 발효특성과 거세한우의 증체 및 혈액성상 변화에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시험기간, 장소 및 공시동물

반추위 발효특성 조사를 위한 시험은 강원대학교 부속 실험목장에서 반추위 cannula 장착 한우 2두(400 및 420 kg)를 이용하여 실시하였다. 사양시험은 2003년 4월부터 10월까지 6개월간 강원도 홍천군 서석면 소재 한우고급육사 육단지에서 평균체중  $550.4 \pm 42.8$  kg의 거세한우 2두를 공시하여 실시하였다.

### 2. 보호처리한 vitamin C + E(CVCE)의 제조

본 시험에 사용한 vitamin C 및 E는 (주)Roche Vitamin Korea에서 각각 순도 97.5%의 vitamin C(2.5% ethylcellulose 코팅 처리)와 순도 50%의 vitamin E를 구입하여 사용하였다. CVCE의 제조에 사용된 외부 코팅물질로는 ethylcellulose를 이용하였으며 코팅 비율은 10%였다.

본 시험에 사용한 core material인 vitamin C와 E는 2:1의 비율로 소형 사료배합기에서 혼합하여 사용하였다. 혼합된 시료의 적절한 코팅을 위해 fluidized bed coating system을 응용한 top-spray 방식의 코팅기를 자체 설계하여 경기도 이천 소재 (주)강원기계에서 제작하였다. 제작한 코팅기에 시료를 넣고 코팅액인 ethylcellulose로 코팅을 실시한 후 35°C에서 12시간 동안 건조를 실시하였다. 코팅액의 조성은 ethylcellulose 10 g, polyethylenglycol(PEG) 2 g, talc 0.5 g, ethanol 60 ml 및 acetone 140 ml 였다.

CVCE의 제조를 위한 coating 조건은 다음과 같다. Atomizing air spray gun(Seiki, Japan): 1.4~1.6 bar, nozzle size: 0.8 mm, spray rate: 10ml/min 및 inlet temperature: 40 ± 3°C. 제조된 비타민은 입자의 균일성을 위해 sieve No. 20을 통과한 CVCE만을 시험에 이용하였다.

3. 시험사료 제조, 시험설계 및 사양관리

시험사료는 면실과 CVCE를 첨가하지 않고 제조한 발효사료(fermented feedstuff, FF)와 면실과 CVCE를 첨가하여 제조한 발효사료(fermented feedstuff supplemented with CVCE and cottonseed, FFCC)의 2종류로 하였으며(Table 1), 발효사료는 혐기적인 조건을 위해 25 kg 용량의 비닐백에 담고 밀봉하여 30°C의 대형발효장치에서 48 시간 동안 발효를 실시하였다. CVCE의 첨가량은 vitamin E 500IU/animal/day를 기준으로 첨가하였는데, 이 기준에서 vitamin C의 첨가량은 1.95~2.00 g/animal/day였다. 시험사료로는 발효사료, 시판배합사료 및 볏짚을 이용하였으며, 시험사료는 일일 2회(오전 9시 및 오후 18시) 급여하였다.

시험구 처리는 발효사료(FF), 시판배합사료 및 볏짚을 급여하는 처리구(T1)와 CVCE와 면실첨가 발효사료(FFCC), 시판배합사료 및 볏짚을 급여하는 처리구(T2)의 2처리로 하였으며, 사양시험에서는 거세한우 24두의 체중을 고려하여 처리당 12두씩 임의배치하였다.

Table 1. Formula of fermented feedstuff

Ingredients (%)	FF <sup>1)</sup>	FFCC <sup>2)</sup>
Cottonseed	—	11
Cracked corn	60	53
Brewers grain	20	18
Molasses	6	6
Lupin	4	3
Alfalfa pellet	4	3
Wheat bran	4	4
Yeast	2	2

<sup>1)</sup> FF : fermented feedstuff without any supplements;

<sup>2)</sup> FFCC : fermented feedstuff supplemented with CVCE and cottonseed.

배합사료의 급여량은 처리에 관계없이 두당 5 kg 이었고, FF와 FFCC의 급여량은 사료의 수분 함량을 고려하여 FF의 급여량은 두당 5 kg (오전 2.5 kg 및 오후 2.5 kg) 그리고 FFCC의 급여량은 5.32 kg(오전 2.66 kg 및 오후 2.66 kg)으로 하여 사료 급여량을 동일한 수준으로 하였다. 볏짚은 3~4 cm 길이로 세절된 볏짚을 이용하였고, 물을 항상 자유음수토록 하였다. 시험사료의 화학적 조성은 Table 2와 같다.

4. 조사항목 및 분석방법

반추위 발효특성을 조사하기 위해 7일간의 사료적응기간 후 본 시험기간 중에는 오전 사

Table 2. Chemical compositions of experimental diets

Items (%)	Formula feed	FF	FFCC	Rice straw
Dry matter	91.46 ± 0.47	69.56 ± 0.65	65.22 ± 0.73	90.57 ± 0.36
..... % of dry matter .....				
Crude protein	13.75 ± 0.23	11.88 ± 0.71	15.70 ± 0.47	4.19 ± 0.10
Ether extract	3.24 ± 0.14	1.73 ± 0.17	2.63 ± 0.10	1.55 ± 0.10
Crude ash	6.77 ± 0.10	3.69 ± 0.19	4.55 ± 0.10	11.92 ± 0.09
NDF <sup>1)</sup>	34.56 ± 1.59	49.87 ± 0.64	47.47 ± 0.65	75.96 ± 1.04
ADF <sup>2)</sup>	14.25 ± 0.48	14.57 ± 1.40	10.97 ± 0.18	47.08 ± 0.74

Mean ± S.D.

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

료 급여전(0시간)과 사료 급여 후 3, 6, 9 및 12 시간에 반추위 cannula를 통해 반추내용물과 위액을 채취하여 4겹의 cheese cloth로 여과하여 반추위액을 분리한 후 pH를 측정하고, 휘발성 지방산 및 ammonia 분석을 위해 시간대별로 각 3개의 15 ml 원심분리 tube에 5 ml의 반추위액을 각각 분주한 후 휘발성 지방산 분석을 위한 tube에는 별도로  $HgCl_2$ (0.5 ml)와 25%  $HPO_3$  (1 ml)를 첨가하여  $-25^{\circ}C$ 에서 냉동 보관하였다. 휘발성지방산 및 ammonia의 분석을 위해  $3,000 \times g$ 에서 15분 동안 원심분리 후 상층액 1 ml를 채취하여 gas chromatography (Shimadzu Model GC-17A Ver. 3, Japan)를 이용하여 휘발성지방산 농도를 측정하였으며, ammonia 농도는 자동수질분석기(QuikChem 8000, USA)를 이용하여 측정하였다.

증체량은 시험기간 동안 2개월 간격으로 모든 공시축들을 대상으로 우형기를 이용하여 체중을 측정하여 계산하였으며, 혈액의 채취는 모든 공시축을 대상으로 체중 측정시 경정맥에서 10 ml vacutainer(Becton Dickinson Co., USA)를 이용하여 채혈하였고, 채취한 혈액을  $4^{\circ}C$ 에서 8시간 방치한 후  $3000 \times g$ 에서 30분간 원심분리

한 후 혈청을 분리하여  $-45^{\circ}C$  deep freezer에서 분석시까지 보관하였다. 혈액의 일반화학 성분은 자동 생화학 분석기(Vetex, Schiapparelli Biosystem Inc, Netherlands)를 이용하여 혈중 albumin, blood urea nitrogen(BUN), calcium, cholesterol, creatinine, glucose, high density lipoprotein(HDL)-cholesterol, low density lipoprotein (LDL)-cholesterol, total protein 및 triglyceride 농도를 측정하였다.

### 5. 통계분석

본 실험에서 얻어진 성적들은 SAS package (1999)를 이용하여 분산분석 및 t-검정을 실시하여 처리구간의 유의성( $p < 0.05$ )을 검증하였다.

### III. 결과 및 고찰

발효사료에 대한 보호처리한 vitamin C+E 및 면실 첨가가 반추위 pH, ammonia 및 휘발성지방산 농도에 미치는 영향은 Fig. 1, 2 및 3과 같다.

사료급여 후 3시간의 T1구 및 T2구의 pH는 각각 6.68 및 6.46으로 나타나 T1구에 비해 T2

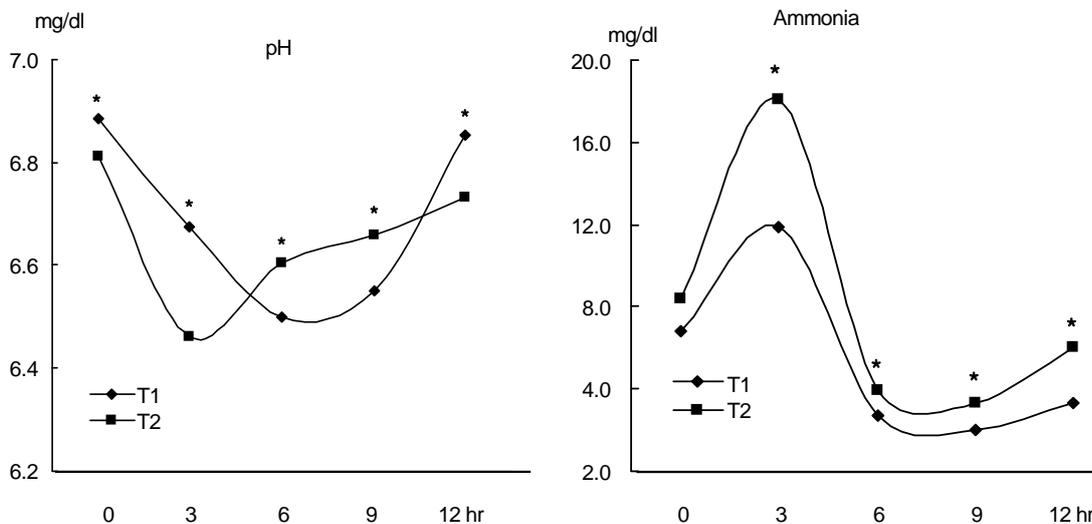


Fig. 1. Effects of supplementing coated vitamin C+E with cottonseed on ruminal pH and ammonia concentrations in Hanwoo fed fermented feedstuff. Asterisk indicates  $p < 0.05$  in comparison between T1 (feeding group of fermented feedstuff without any supplements) and T2 (feeding group of fermented feedstuff supplemented with coated vitamin C + E and cottonseed).

구에서 낮았으나( $p<0.05$ ), 6 및 9시간에는 T1구에 비해 T2구에서 반추위 pH가 높았다( $p<0.05$ ). 반추위 ammonia 농도의 경우 사료급여 후 경과시간에 관계없이 T1구에 비해 T2구에서 높았으며( $p<0.05$ ), 특히 사료급여 후 3시간까지 T1구 및 T2구의 ammonia 생성 비율은 각각 1.70 및 2.61 mg/hr으로 T1구에 비해 T2에서 높았다.

사료급여 후 3시간까지 T1구에 비해 T2구에서 반추위 pH가 낮았던 원인은 면실의 첨

가에 기인한 것으로 판단되는데, 면실은 non-fiber carbohydrates (NFC; starch, sugar)를 10.0% (NRC, 2001) 정도 함유하고 있을 뿐만 아니라 면실의 외부를 둘러싸고 있는 면사는 순수 cellulose로서 반추미생물에 의해 거의 전량이 분해 및 이용되기 때문에 반추위 발효 초기에 면실의 NFC와 면사가 분해 및 이용되어 산 생성량이 상대적으로 높았기 때문인 것으로 판단된다 (Fig. 2 및 3).

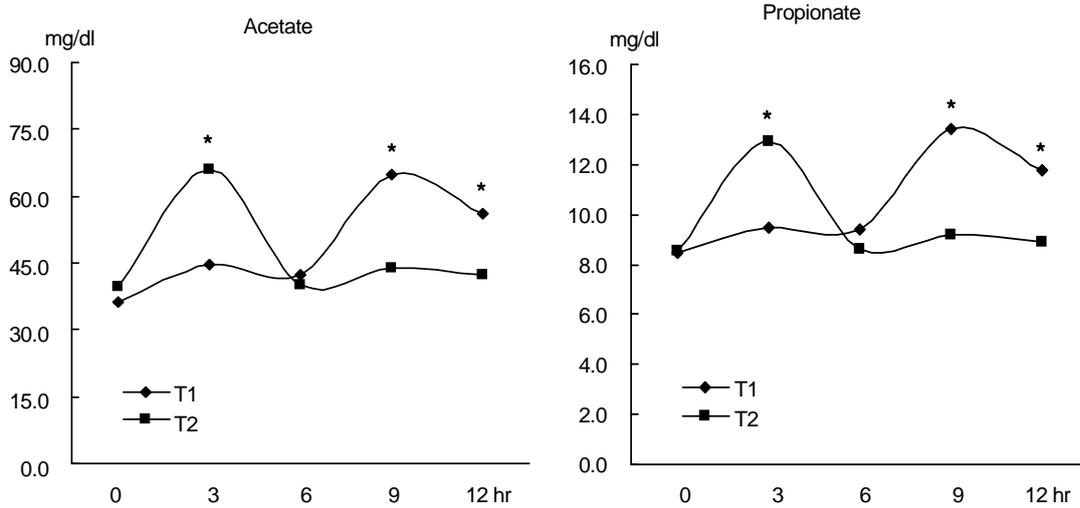


Fig. 2. Effects of supplementing coated vitamin C + E with cottonseed on ruminal acetate and propionate concentrations in Hanwoo fed fermented feedstuff. Asterisk indicates  $p<0.05$  in comparison between T1 and T2.

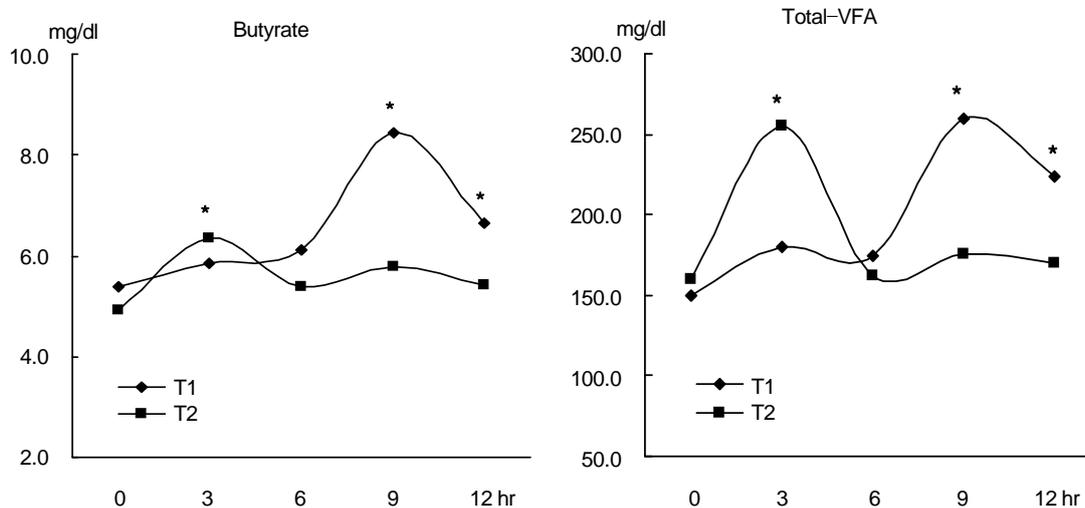


Fig. 3. Effects of supplementing coated vitamin C + E with cottonseed on ruminal butyrate and total-VFA concentrations in Hanwoo fed fermented feedstuff. Asterisk indicates  $p<0.05$  in comparison between T1 and T2.

한편, 반추위 ammonia 농도는 사료의 단백질 함량이나 용해도와 그 밖의 물리 및 화학적 특성에 영향을 받으며 반추위내의 ammonia 농도는 사료의 소화속도와 어느 정도 일정한 경향을 나타내는 것으로 보고된 바 있는데(Church, 1988), 본 실험에서 T1구에 비해 T2구에서 ammonia 농도가 높게 나타났던 원인은 면실의 첨가로 인해 T1구에 비해 T2구에서 상대적으로 높은 사료의 조단백질 함량과 용해도 변화에서 기인된 것으로 판단된다.

사료급여 후 3시간의 acetate, propionate 및 butyrate 농도는 T1구에 비해 T2구에서 높았으나 ( $p<0.05$ ), 9 및 12시간에는 T2구에 비해 T1구에서 acetate, propionate 및 butyrate 농도가 높았다( $p<0.05$ ). 이로 인해 반추위 total-VFA 농도도 3시간에만 T1구에 비해 T2구에서 높았고 ( $p<0.05$ ), 9 및 12시간에는 T2구에 비해 T1구에서 높았다( $p<0.05$ ).

T1구에 비해 T2구에서 사료급여 후 3시간까지 개별 휘발성지방산 및 총 휘발성지방산 농도가 높았던 원인은 반추위 발효 초기에 반추 미생물에 의해 면실의 NFC가 분해 및 이용되었기 때문인 것으로 판단되고, T1구에 비해 T2구에서 사료급여 후 3시간까지 반추위 pH가 낮았던 결과(Fig. 1)도 이와 관련이 있는 것으로 생각되며, 보호처리한 vitamin C+E의 영향은 적은 것으로 판단된다. 그러나 T2구에 비해 T1에서 사료급여 3시간 이후로 개별 휘발성지방산 및 총 휘발성지방산 농도가 높았던 원인은 면실의 높은 지방 함량(23%)과 관련이 있는

데, 즉, 면실 첨가시 반추위 발효과정에서 면실을 둘러싸고 있는 면사가 분해된 후 내부 물질들이 분해되는 과정에서 면실의 지방으로 인해 일부 미생물 수가 감소하고(Homer 등, 1988; Mohamed 등, 1988) 이로 인해 butyrate 등의 휘발성지방산 농도가 감소(Keele 등, 1989; Malcolm과 Kiesling, 1990)하므로 본 실험에서도 면실의 첨가로 사료급여 3시간 이후로 휘발성지방산 농도가 감소된 것으로 판단되지만 이에 대한 추가적인 조사가 있어야 할 것으로 사료된다.

발효사료에 대한 보호처리한 vitamin C+E 및 면실의 첨가가 거세한우의 증체량에 미치는 영향은 Table 3과 같다.

T1구 및 T2구의 개시체중은 각각 544.44 및 546.43 kg이었으며, 종료시 체중은 각각 664.56 및 667.14 kg으로 나타나 T1구 및 T2구의 시험기간 동안 총증체량은 각각 110.11 및 120.71 kg이었다. 또한 T1구 및 T2구의 일당증체량은 각각 0.61 및 0.67 kg/d로 나타났다.

본 실험에서 보호처리한 vitamin C+E 및 면실 첨가에 따른 처리간에 증체량의 차이가 없었는데, 일본 화우의 vitamin C 첨가급여 시험에서 대조구 및 처리구의 개시 체중은 각각 223.8 및 225.3 kg, 종료시 체중은 699.0 및 695.8 kg, 일당증체량은 0.77 및 0.76 kg/d로 vitamin C의 첨가가 증체에 미치는 영향은 없었다는 보고(축산연구소, 2004)와 유사한 경향을 보였다. 또한 본 실험에서는 vitamin C 이외에도 추가적으로 vitamin E와 면실이 첨가되었음에도 불구하고 처리간에 증체량의 차이가 없어 이들 물질이

Table 3. Effects of supplementing coated vitamin C + E with cottonseed on average daily gain in Hanwoo fed fermented feedstuff

Items	T1 <sup>1)</sup>	T2 <sup>2)</sup>	Mean	SEM
Initial body weight (kg)	554.44	546.43	549.57	8.87
Final body weight (kg)	664.56	667.14	666.13	3.82
Total gain (kg)	110.11	120.71	116.57	5.66
ADG <sup>3)</sup> (kg/d)	0.61	0.67	0.64	0.04

Means in a row did not different significantly ( $p>0.05$ ).

<sup>1)</sup> T1 : feeding group of fermented feedstuff without any supplements.

<sup>2)</sup> T2 : feeding group of fermented feedstuff supplemented with coated vitamin C + E and cottonseed.

<sup>3)</sup> ADG : average daily gain.

거세한우의 증체에 미치는 영향은 적은 것으로 판단된다.

발효사료에 대한 보호처리한 vitamin C+E 및 면실의 첨가가 거세한우의 혈중 대사물질 및 호르몬 농도에 미치는 영향은 Table 4 및 5와 같다.

혈중 대사물질 중 albumin 농도는 3.96~4.04 g/dl, BUN 농도는 12.28~13.15 mg/dl, calcium 농도는 8.11~8.22 mg/dl, cholesterol 농도는 185.58~211.08 mg/dl, creatinine 농도는 1.43~1.44 mg/dl, glucose 농도는 56.46~56.50 mg/dl 였다. 또한 HDL-cholesterol 농도는 50.56~54.86 mg/dl, LDL-cholesterol 농도는 139.31~144.74 mg/dl, total protein 농도는 8.03~8.07 g/dl, triglyceride 농도는 27.58~29.69 mg/dl로 나타났다.

혈중 albumin은 근육에서 단백질 합성이 증

가함에 따라 감소되는데, Friesian 중 9개월령 수소와 거세우에서 충분한 에너지를 공급하여 사육했을 때 수소의 혈중 albumin 농도가 현저하게 감소한 것은 근육에서 단백질 축적을 위해 albumin이 단백질 전구물질로 이용되기 때문이라고 보고된 바 있다(Galbraith 등, 1978).

본 실험에서 비록 통계적인 유의성은 없었으나 T1구에 비해 T2구에서 혈중 albumin 농도는 낮은 경향을 보였으나, 보호처리한 vitamin C+E와 면실의 첨가가 혈중 albumin 농도에 미치는 영향은 적어 체조직에서 단백질 합성의 차이도 적을 것으로 생각되며, 처리간에 증체량(Table 3)의 차이가 없었던 결과와도 연관이 있는 것으로 판단된다.

Wheeler 등(1987)은 Chianina 종과 Crossbred 중

Table 4. Effects of supplementing coated vitamin C + E with cottonseed on blood metabolite concentrations in Hanwoo fed fermented feedstuff

Items	T1	T2	Mean	SEM
Albumin (g/dl)	4.04	3.96	4.00	0.03
BUN <sup>1)</sup> (mg/dl)	12.28	13.15	12.70	0.53
Calcium (mg/dl)	8.11	8.22	8.16	0.11
Cholesterol (mg/dl)	185.58	211.08	198.84	8.42
Creatinine (mg/dl)	1.43	1.44	1.44	0.03
Glucose (mg/dl)	56.46	56.50	56.48	2.18
HDL <sup>2)</sup> -cholesterol (mg/dl)	50.56	54.86	52.63	2.30
LDL <sup>3)</sup> -cholesterol (mg/dl)	144.74	139.31	142.13	6.07
Total protein (g/dl)	8.07	8.03	8.05	0.08
Triglyceride (mg/dl)	29.69	27.58	28.68	1.70

Means in a row did not different significantly (p>0.05).

<sup>1)</sup> BUN : blood urea nitrogen ; <sup>2)</sup> HDL : high density lipoprotein ; <sup>3)</sup> LDL : low density lipoprotein.

Table 5. Effects of supplementing coated vitamin C + E with cottonseed on blood hormone concentrations in Hanwoo fed fermented feedstuff

Items (nmol/L)	T1	T2	Mean	SEM
Cortisol	59.82	57.78	58.80	10.69
T <sub>3</sub> <sup>1)</sup>	2.63	2.71	2.67	0.08
T <sub>4</sub> <sup>2)</sup>	95.57	110.67	103.12	6.18

Means in a row did not different significantly (p>0.05).

<sup>1)</sup> T<sub>3</sub> : triiodothyronine ; <sup>2)</sup> T<sub>4</sub> : thyroxine.

의 비교시험에서 Chianina 종에 비해 도체의 지방 함량이 많은 Crossbred 종의 혈청 cholesterol 농도가 높았으며, 도체 지방 함량과 혈청 cholesterol 농도와의 상관관계는 0.71이고, 배최장근의 지방과 혈청 cholesterol 농도와의 상관관계는 0.63이었다고 제시하여 혈중 cholesterol과 근내지방도와의 연관성을 보고한 바 있다.

본 실험에서 비록 통계적인 유의성은 없었으나 T1구에 비해 T2구에서 혈중 cholesterol 농도가 높은 경향을 보였는데, 박 등(2006)이 보호처리한 vitamin C+E 및 면실의 첨가로 인해 근내지방도가 유의적으로 개선되었다는 결과와도 어느 정도 관련이 있을 것으로 판단된다. 또한 본 실험에서 처리간 HDL-cholesterol 및 LDL-cholesterol 농도의 차이가 없었던 결과도 혈중 cholesterol 농도의 차이가 없었던 원인 중의 하나인 것으로 사료된다.

Creatinine은 고에너지 인산의 중요한 저장형으로 근육량의 지표가 되며 주로 근육과 간장에 저장되는 것으로 보고된 바 있다(Eisemann 등, 1989). 한편, 탄수화물은 반추동물의 사료 중 많은 양을 차지하지만 반추위 미생물에 의해 분해되어 휘발성지방산으로 전환되기 때문에 소화기관에 직접 흡수되는 양은 적어 체내에서 이용되는 대부분의 glucose는 propionate, lactate, glycerol, amino acid와 같은 전구체로부터 gluconeogenesis에 의해 공급된다(Danfaer 등, 1995).

본 실험에서는 근육량의 지표가 되는 혈중 creatinine 농도의 처리간 차이는 없어 보호처리한 vitamin C+E 및 면실의 혈중 creatinine 농도에 대한 영향은 적은 것으로 생각되며, 처리간에 증체량의 차이가 없었던 결과(Table 3)도 이와 관련이 있는 것으로 판단된다. 또한 본 실험에서는 처리간에 혈중 glucose 농도의 차이가 없었는데, Lykos 등(1997)은 반추위 탄수화물의 분해차이에 관한 실험에서 비구조탄수화물의 반추위 분해 정도는 혈중 glucose 농도에 영향을 주지 않았다고 보고한 바 있다. 본 실험에서도 면실의 첨가로 인해 반추위 발효 초기에 반추위 미생물들에 의한 탄수화물 분해 증가로 일시적으로 휘발성지방산 농도가 증가

하는 현상을 보이기는 했지만(Fig. 2 및 3), 혈중 glucose 농도 변화에 미치는 영향은 적은 것으로 판단된다.

이상의 혈액성분 이외에도 본 실험에서는 혈중 total protein 및 triglyceride 농도의 처리간 차이도 없는 것으로 나타났으며, 전반적으로 보호처리한 vitamin C+E 및 면실의 첨가가 거세한우의 혈중 대사물질 농도 변화에 미치는 영향은 적은 것으로 판단된다.

혈중 호르몬 중 cortisol 농도는 57.78~59.82 nmol/L, triiodothyronine(T<sub>3</sub>) 농도는 2.63~2.71 nmol/L, thyroxine(T<sub>4</sub>) 농도는 95.57~110.67 nmol/L로 나타났다.

Cortisol은 단백질을 분해하기 때문에 혈중 cortisol 농도는 성장률 및 조직단백질 축적과는 부의 상관관계가 있으며(Gettys 등, 1988), 갑상선 호르몬의 경우에도 근육내 단백질 침착을 변화시키기 때문에(Buttery, 1983) 혈중 cortisol 혹은 갑상선 호르몬은 조직 단백질 침착 및 증체와 밀접한 관련이 있다.

갑상선 호르몬 중에서 T<sub>3</sub>는 단백질 침착(Brown 등, 1983)을 촉진하고, somatotropin 및 IGF-I의 생산 및 생리적인 작용에 영향을 미치며(Cabello와 Wrutniak, 1989), 생리적인 수준의 T<sub>3</sub> 농도는 성장과 단백질 침착을 위해 필수적이지만 과도한 양의 T<sub>3</sub>는 단백질의 합성보다는 오히려 분해를 초래하여 체단백질 및 체중 손실을 초래하는 것으로 보고된 바 있다(Goldberg 등, 1980). 또한 T<sub>4</sub> 농도와 비육우의 성장률과는 정의 상관관계가 있으나(Bobek 등, 1980), T<sub>4</sub>가 직접적으로 증체에 관여하기보다는 T<sub>3</sub>로 전환된 후 증체에 관여하는 것으로 보고된 바 있다(Kahl 등, 1992).

Takasu 등(2005)은 일본 흑모 화우에서 정상적으로 성장하는 개체들에 비해 성장지연우들에서 혈중 cortisol, T<sub>3</sub> 및 T<sub>4</sub> 농도가 낮았다고 보고한 바 있는데, 본 실험에서 처리간의 혈중 cortisol, T<sub>3</sub> 및 T<sub>4</sub> 농도 차이는 없는 것으로 나타나 보호처리한 vitamin C+E 및 면실의 첨가가 이들 혈중 호르몬에 대한 영향은 없었으며, 이로 인해 처리간의 증체(Table 3)의 차이도 없었던 것으로 판단된다.

#### IV. 요약

본 연구는 발효사료에 대한 보호처리한 vitamin C+E 및 면실의 첨가가 반추위 발효특성과 거세한우의 증체, 혈중 대사물질 및 호르몬 농도에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다. 시험구 처리는 발효사료를 급여하는 T1구와 보호처리한 vitamin C+E 및 면실 첨가 발효사료를 급여하는 T2구의 2처리로 하였다. 사료급여 후 3시간의 반추위 pH는 T1구에 비해 T2구에서 낮았으나( $p<0.05$ ), 6 및 9시간에는 T1구에 비해 T2구에서 높았다( $p<0.05$ ). 사료급여 후 12시간 동안 반추위 ammonia 농도는 T1구에 비해 T2구에서 높았다( $p<0.05$ ). 사료급여 후 3시간의 acetate, propionate, butyrate 및 total-VFA 농도는 T1구에 비해 T2구에서 높았으나( $p<0.05$ ), 9 및 12시간에는 T1구에 비해 T2구에서 낮았다( $p<0.05$ ). 일당증체량과 혈중 대사물질 및 호르몬의 농도는 처리간에 차이가 없었다. 이상의 결과에서 발효사료에 대한 보호처리한 vitamin C+E 및 면실의 첨가는 반추위 pH, ammonia 및 휘발성지방산 농도에는 영향을 미치지 않지만, 거세한우의 증체와 혈중 대사물질 및 호르몬 농도에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다

#### V. 사 사

본 연구는 강원대학교 동물자원연구소의 실험기자재를 이용하여 실험분석을 하였기에 이에 감사드립니다.

#### VI. 인용 문헌

1. Alderson, N. E., Mitchell, G. E., Little, C. O., Warner, R. E. and Tucker, R. E. 1971. Preintestinal disappearance of vitamin E in ruminants. *J. Nutr.* 101:655-659.
2. Arieli, A. 1998. Whole cottonseed in dairy cattle feeding: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 72: 97-110.
3. Bobek, S., Kacinska, M. and Zapletal, P. 1980. Thyroxine and triiodothyronine concentration in the serum of bull-calves and its dependence season of birth and relationship to body weight gain. *Zentralbl. Veterinarmed.* 27:697-701.
4. Brown, J. G., Van Bueren, J. and Millward, D. J. 1983. The effect of tri-iodothyronine administration on protein synthesis in the diabetic rat. *Biochem. J.* 214:637-640.
5. Buttery, P. J. 1983. Hormonal control of protein deposition in animals. *Proc. Nutr. Soc.* 42:137-148.
6. Cabello, G. and Wrutniak, C. 1989. Thyroid hormone and growth: relationships with growth hormone effects and regulation. *Reprod. Nutr. Dev.* 29:387-402.
7. Church, D. C. 1988. *The ruminant animal. Digestive physiology and nutrition.* Prentice Hall. Englewood Cliffs. New Jersey.
8. Danfaer, A., Tetens, V. and Agergaard, N. 1995. Review and an experimental study on the physiological and quantitative aspects of gluconeogenesis in lactating ruminants. *Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol.* 111:201-10.
9. Eisemann, J. H., Hammond, A. C., Rumsey, T. S. and Bauman, D. E. 1989. Nitrogen and protein metabolism and metabolites in plasma and urine of beef steers treated with somatotropin. *J. Anim. Sci.* 67:105-115.
10. Faustman, C., Cassens, R. G., Schaefer, D. M., Buege, D. R., Williams, S. N. and Scheller, K. K. 1989. Improvement of pigment and lipid stability in Holstein steer beef by dietary supplementation with vitamin E. *J. Food Sci.* 54:858-863.
11. Galbraith, H., Dempster, D. G. and Miller, T. B. 1978. A note on the effect of castration on the growth performance and concentrations of some blood metabolites and hormones in British Friesian male cattle. *Anim. Prod.* 26:339-342.
12. Gettys, T. W., Henricks, D. M. and Schanbacher, B. D. 1988. An assessment of the relationship between tissue growth patterns and selected hormone profiles among sex phenotypes in cattle. *Anim. Prod.* 47:335-343.
13. Goldberg, A. L., Tischler, M., DeMartino, G. and Griffin, G. 1980. Hormonal regulation of protein degradation and synthesis in skeletal muscle. *Fed.*

- Proc. 39:31-36.
14. Halpner, A. D., Hanndelman, G. J., Belmont, C. A., Harris, J. M. and Blumberg, J. B. 1998. Protection by vitamin C of oxidant-induced loss of vitamin E in rat hepatocytes. *J. Nutr. Biochem.* 9:355-359.
  15. Horner, J. L., Coppock, C. E., Moya, J. R., Labore, J. M. and Lanham, J. K. 1988. Effect of niacin and whole cottonseed on ruminal fermentation, protein degradability, and nutrient digestibility. *J. Dairy Sci.* 71:1239-1247.
  16. Kahl, S., Rumsey, T. S., Elsasser, T. H. and Kozak, A. S. 1992. Plasma concentrations of thyroid hormone in steers treated with Synovex-S and 3,5,3'-triiodothyronine. *J. Anim. Sci.* 70:3844-3850.
  17. Keele, J. W., Roffler, R. E. and Beyers, K. Z. 1989. Ruminal metabolism in nonlactating cows fed whole cottonseed or extruded soybeans. *J. Anim. Sci.* 67:1612-1622.
  18. Lykos, T., Varga, G. A. and Casper, D. 1997. Varying degradation rates of total nonstructural carbohydrates: effects on ruminal fermentation, blood metabolites, and milk production and composition in high producing Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 80:3341-3355.
  19. Malcolm, K. J. and Kiesling, H. E. 1990. Effect of whole cottonseed and live yeast culture on ruminal fermentation and fluid passage rate in steers. *J. Anim. Sci.* 68:1965-1970.
  20. Mohamed, D. E., Satter, L. D., Grummer, R. R. and Ehle, F. R. 1988. Influence of dietary cottonseed and soybean on milk production and composition. *J. Dairy Sci.* 71:2677-2688.
  21. National Research Council. 1989. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. National Academy Press, Washington, DC.
  22. National Research Council. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. National Academy Press, Washington, DC.
  23. Sanders, S. K., Morgan, J. B., Wulf, D. M., Williams, S. N. and Smith, G. C. 1997. Vitamin E supplementation of cattle and shelf-life of beef for the Japanese market. *J. Anim. Sci.* 75:2634-2640.
  24. SAS. 1999. *SAS/STAT Software for PC*. Release 6.11, SAS Institute, Cary, NC, U.S.A.
  25. Sherbeck, J. A., Wulf, D. M., Morgan, J. B., Tatum, J. D., Smith, G. C. and Williams, S. N. 1995. Dietary supplementation of vitamin E to feedlot cattle affects beef retail display properties. *J. Food Sci.* 60:250-252.
  26. Shin, I. S. and Owens, F. N. 1990. Ruminal and intestinal disappearance of several sources of vitamin E. *J. Anim. Sci.* 68(Suppl. 1):544(Abstr.).
  27. Takasu, M., Hagiwara, Y., Ohba, Y., Nishii, N., Hosoda, I., Kitoh, K., Katoh, K. and Kitagawa, H. 2005. Endocrine patterns in two strains of Japanese black cattle with growth retardation. *J. Vet. Med. Sci.* 67:1149-1153.
  28. Thompson, A. B. R. and Dietschy, J. M. 1981. Intestinal lipid absorption: Major extracellular and intracellular events. In: L. R. Johnson(Ed.) *Physiology of the Gastrointestinal Tract*. p. 1147. Raven Press, New York.
  29. Wheeler, T. L., Davis, G. W., Stoecker, B. J. and Harmon, C. J. 1987. Cholesterol concentration on longissimus muscle, subcutaneous fat and serum of two beef cattle breed types. *J. Anim. Sci.* 65:1531-1537.
  30. 박병기, 길준민, 김종복, 홍병주, 라창식, 신중서. 2003. 맥주박 발효사료 및 대두의 급여가 한우 거세우의 육성성적 및 도체등급에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지.* 45:397-408.
  31. 박병기, 성대경, 김창혁, 권웅기, 오상집, 신중서. 2006. 맥주박과 옥수수 위주의 발효사료에 대한 Coated Vitamin C+E 및 면실의 첨가가 거세한 우의 육조성분, 육색 및 도체등급에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지.* 48:227-236.
  32. 신중서, 김종복, 성경일, 여인서, 김기은, 홍병주. 1994. 고품질 쇠고기 생산을 위한 한우 사육기술. 2. 소 성장호르몬과 알코올 발효사료의 처리가 도체품질 및 조성에 미치는 영향. *한영사지.* 18:373-381.
  33. 축산연구소. 2004. 비타민C의 사료첨가가 비육우의 육질에 미치는 영향. *축산시험연구보고서.* pp. 784-793.
- (접수일자 : 2006. 9. 11. / 채택일자 : 2006. 12. 8.)