

발효 팽이버섯폐배지의 볏짚 대체 급여가 사료의 면양 체내 이용성 및 거세한우의 성장에 미치는 효과

Jugdder Shinekhuu · 지병주 · Guang-Lin Jin · 최성호 · 송만강

충북대학교 농업생명환경대학 축산학과

Effects of Dietary Replacement of Rice Straw with Fermented Spent Mushroom (*Flammulium velutipes*) Compost on Availability of Feeds in Sheep, and Growth Performance of Hanwoo Steers

Jugdder Shinekhuu, Byung Ju Ji, Guang Lin Jin, Seong Ho Choi and Man Kang Song

Department of Animals Science, College of Agricultural, Life and Environmental Science,

Chungbuk National University, Cheong-Ju, Chungbuk, Korea.

ABSTRACT

Metabolic trial with 3 fistulated sheep was conducted in a 3 × 3 Latin square design and feeding trial with 24 Hanwoo steers in 12 month of age for 20 months was conducted to investigate the replacing effect of rice straw with fermented spent mushroom (*Flammulium velutipes*) compost (FSMC) on fermentation characteristics, ruminal effective degradability and whole tract digestibility of nutrients in sheep, and to examine the growth performance of Hanwoo steers. Experimental diets for the metabolic trial with sheep were commercial concentrates and rice straw in the ratio of 70 : 30 (CON, DM basis). Same concentrate with 30% FSMC and 70% rice straw (FSMC-30) and 60% FSMC and 40% rice straw (FSMC-60). Diets for Hanwoo steers in three treatments were same as for metabolic trial in replacing ratio of rice straw with FSMC. pH of rumen fluid in sheep was not affected by FSMC. Ammonia-N content in the rumen fluid was highest in the sheep fed FSMC-60 at 3h (P<0.045). The CON diet increased (P<0.001) acetate proportion at 1h and 3h post feeding compared to FSMC-60 diet while propionate proportion was highest in the sheep fed FSMC-60 diet for all the sampling times (P<0.027 ~ P<0.002). Increased proportion of butyrate was observed at 30 min prior to feeding (P<0.031), and 1h (P<0.011) and 6h (P<0.039) post feeding from sheep fed FSMC-30 diet compared to those from sheep fed other diets. Effective degradability in the rumen was not influenced by experimental diets. Whole tract digestibility of crude protein (P<0.031) and neutral detergent fiber (P<0.006) tended to be increased in the sheep fed CON diet while corresponding values were lowest in the sheep fed FSMC-60 diet. Total body weight gain of Hanwoo steers for 8 months was not different among diets, thus daily body gain was not influenced by the experimental diets.

(Key words : Fermented spent mushroom compost, Degradation, Digestibility, Sheep, Hanwoo steer)

I. 서 론

김 등 (2007a)은 국내에서 발생하는 버섯재배 부산물(폐 배지)의 발생량이 최소 167만 M/T이며 이중 병 재배 후의 폐 배지 발생량이 68%로 가장 많은 비율을 차지하며, 병 재배에 사용되는 배지는 주로 톱밥이 주원료이기 때문에 neutral detergent fiber (NDF)의 함량이 73.6%, acid detergent

fiber (ADF)는 55.0%이며, crude protein (CP)의 함량은 8.1%에 불과하여 조섬유 함량이 대부분이라고 하였다. 그러나 국내에서 발생하는 폐 배지의 적절한 이용 방법이 개발되지 못하여 환경오염을 유발하는 원인이 되기도 한다. Williams 등 (2001)에 의하면 일반적으로 버섯 폐 배지 내 영양소의 20% 정도만이 버섯에 의해 이용되기 때문에 사료적 가치가 남아 있다고 하였다. 또한 버섯이 재배되는

이 논문은 2008년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음.

Corresponding author : Dr. M. K. Song, Department of Animal Science, Chungbuk National University. Tel: 043-261-2544, E-mail: mksong@cbnu.ac.kr

과정에서 균사체가 cellulose 뿐만 아니라 lignin까지 분해할 수 있으며(윤, 1996), 균사체의 단백질 함량이 높기 때문에 조사료 자원으로 이용할 수 있는 반추가축에 단백질 공급 원으로도 이용될 수 있다고 지적한 바(Caswell, 1990) 있다.

그동안 해외에서 폐 배지는 원예농업 등의 퇴비(Ehaliotis 등, 2005)나 지렁이 생산용 배지(Edwards 등, 1985), 그리고 토양개량제(Statements, 2001) 등으로 활용된 바 있다. 그러나 목질계 섬유소의 특성과 버섯 특유의 냄새 등으로 팽이버섯 폐 배지를 이용성과 기호성이 좋은 조사료 대체용으로 사용하기에는 많은 문제가 내포되어 있다. 국내에서는 버섯재배 폐 배지의 사료화를 위한 연구로 여러 종류의 폐 배지에 대한 조사료 영양적 가치가 평가(배 등, 2006; 김 등, 2007a, b)와 면양을 대상으로 한 표고버섯 폐 골목의 폭기 처리 후 이용성 평가(송과 조, 1997) 그리고 효소 처리된 표고버섯 폐 배지의 영양소 이용성 조사(김 등, 2007c)와 복합 생균제 처리를 통한 버섯 부산물의 화학적 성분 변화 및 발효 저장성(김 등, 2008)이 조사된 바 있다. 이와 같이 버섯 폐배지에 대한 사료적 가치 평가 및 개선을 위한 시험과 체내 이용성 등에 관한 조사가 이루어졌지만 실제로 반추가축에 폐 배지를 급여하여 생산성을 조사한 시험은 셀레늄강화 버섯 폐 배지를 이용한 기능성 한우육 생산에 미치는 효과를 조사한(이 등, 2006) 정도에 불과하다.

따라서 본 연구는 팽이버섯(*Flammuliua velutipes*) 폐 배지의 발효처리를 통해 기호성을 개선시킨 후 조사료 원인 볏짚의 일부를 발효 폐배지로 대체하여 사료의 반추위내 이용성을 조사하고 아울러 거세 한우의 생산성에 미치는 효과를 조사하고자 실시되었다.

II. 재료 및 방법

1. 시험동물, 시험사료 및 사양관리

(1) 면양 대사시험

팽이버섯 폐 배지를 발효처리한 다음 조사료 원으로서

체내에서의 이용성을 조사하고자 반추위 누관이 장착된 Corridale 면양 3두(평균체중 62 ± 2.5 kg)를 이용하여 3×3 Latin square 방법으로 시험을 실시하였다. 팽이버섯 폐 배지는 충북 제천 지역의 팽이버섯 재배 농장에서 배지로 사용된 후 3일 이내의 것을 본 시험에 이용하였다. 본 시험에서 면양에 시판 한우 비육 전기용 배합사료(70%)와 볏짚(30%, 건물 기준)를 급여하였으며(대조구, CON) 동일한 양의 배합사료를 급여하되 발효 팽이버섯 폐 배지(fermented spent mushroom compost, FSMC)를 대조구 볏짚 급여량의 30%(FSMC-30) 또는 60%(FSMC-60, 건물 기준) 수준으로 대체하여 급여하였다. 발효 팽이버섯 폐 배지는 팽이버섯 폐 배지와 밀기울을 70:30의 비율로 혼합하고(건물 기준), 폐 배지의 곰팡이 냄새를 줄이고 초기 발효를 촉진시키기 위하여 당밀과 효모(*Saccharomyces cerevisiae*)를 각각 0.5% 및 0.3%(건물 기준) 수준으로 첨가한 후 발효사료의 수분 함량이 35%가 되도록 물을 첨가한 다음 30℃에서 3일간 배양하여 제조되었다. 면양은 각각의 대사실에서 유지, 관리되었다. 사료는 조사료인 볏짚을 평균 4cm 크기로 세절하여 다른 사료 자원(배합사료 및 발효 폐배지)과 혼합한 후 면양에 1일 1.8kg(건물 기준)을 동일한 양으로 2회(08:00 및 18:00) 나누어 급여하였으며, 물과 미네랄 블록은 자유로이 섭취토록 하였다. 시험에 사용된 각각의 원료사료의 주요 영양소 함량은 Table 1에서 보는바와 같다.

(2) 한우 사양시험

한우농가에서 주요 조사료 원으로 사용되고 있는 볏짚에 대한 팽이버섯 폐 배지 대체효과를 조사하기 위해 거세한우를 이용한 사양시험을 실시하였다. 사양시험은 2007년 3월부터 충북 오창면의 개인 한우 농장에서 12개월령의 거세한우 24두(평균 체중 335.7 kg)를 이용하여 20개월령까지 8개월간 실시하였다. 시험축은 pen(4×6m) 당 처리별로 4두씩 2반복(pen)을 두어 사육하였다. 대조구 사료급여량은 한우사양표준(2007)의 영양소 요구량에 준하여 설정하였다. 그러나 시험에 시작되는 12개월령부터

Table 1. Chemical composition of feedstuffs for the present studies(% , DM basis)

Feeds	CP	EE	NDF	Ash
Grower	14.9	4.01	28.9	8.73
Finisher I	12.5	3.80	27.6	7.48
Rice straw	5.02	0.85	82.5	8.75
Spent mushroom compost	7.31	1.82	80.1	8.90
FSMC ¹⁾	11.3	2.88	62.6	7.36

¹⁾ Wheat bran was mixed with mushroom(*Flammuliua velutipes*) bedding residue in a ratio of 30:70 (DM basis), and mixed with *Sacharomyces cerevisiae* (0.3%) and molasses (0.5%, DM basis). Water was added the mixture to make 35% moisture. The moisturized mixture was fermented at 30℃ for 3 days.

14개월령까지는 한우 사육농가의 관행에 따라 시판되는 한우 육성기 (Grower) 배합사료를 급여하였고, 그 후 본 시험이 종료되는 20개월령까지는 비육 전기 (Finisher I) 배합사료를 급여하였다. 본 시험이 개시될 때 (12개월령) 모든 처리의 시험축에 배합사료를 1일 두당 평균 6kg (건물 기준) 급여하였으며, 대조구 (CON)의 경우 조사료로 볏짚을 1일 두당 평균 3kg (급여상태 기준)을 급여하였고 시험구 거세한우에는 대사시험에서와 같이 볏짚 급여량의 30%를 FSMC로 대체하여 (FSMC-30) 급여했거나 60%를 대체하여 (FSMC-60, 건물 기준) 급여하였다. 비육 전기가 시작되는 15개월령 부터는 대조구 한우에 볏짚을 1일 두당 평균 2kg (급여상태 기준) 급여하였고, 시험구 한우에는 육성기에서와 동일한 비율로 볏짚을 FSMC로 대체하여 급여하였다. 본 시험이 개시된 후 종료 시 (20개월령)까지 배합사료 급여량을 1개월 간격으로 0.3kg (건물 기준)씩 증량하여 급여하였다. 시험사료는 1일 급여량을 동량으로 나누어 2회 급여하였으며, 시험구 (FSMC-30 및 FSMC-60)의 한우에는 FSMC로 대체되지 않은 부분 (각 70% 및 40%) 만큼의 볏짚을 추가로 급여하였다. 시험구의 한우에 대한 FSMC는 top feeding 방법으로 급여하였다. 물과 미네랄 블록은 자유로이 채식토록 하였으며, 시험축 급여에 이용된 사료의 주요 성분 함량은 Table 1에서 보는 바와 같다.

2. 조사항목 및 시료 분석

(1) 면양 대사시험

시험기간은 1 period당 14일이 소요되었는데, 이중 10일간은 시험사료 적응기간으로 하였고 나머지 4일간은 시료 채취 기간으로 설정하였다. 시료채취 기간 중 처음 2일 동안 반추위내 사료의 발효특성을 조사하기 위해 사료급여 30분전 및 사료 급여 후 1, 3 및 6시간 후에 휘발성지방산(VFA) 및 암모니아 농도 분석을 위해 반추위액을 채취하였으며, 채취 후 즉시 pH를 측정하고 다음 6점의 cheesecloth로 여과시켰다. 채취된 반추위액 4 ml에 1 ml의 25% phosphoric acid를 첨가한 후 혼합하여 냉동보관 하였으며, ammonia-N 농도를 측정하기 위하여 1 ml의 반추위액을 채취하여 분석 시까지 -20°C 에서 냉동보관 하였다. 그 후 2일간은 전분 채취법에 의한 전장소화율을 조사하기 위하여 저녁사료 급여 직전에 분을 전량 채취한 다음 무게를 기록하고, 분석용으로 매일 100g씩을 다시 채취하여 혼합한 다음 분석 시까지 냉동보관 (-20°C) 하였다. 또한 시험사료의 반추위 내 유효 분해율 (effective degradability, ED)은 dacron bag을 이용하여 조사하였는데, 1 mm 크기로 분쇄된 처리구별 시험사료를 bag (5 × 10cm, pore size 45 μm)에 약 5g (급여상태 기준) 정도 넣은 다음 반추위 내에

서 1, 3, 6, 12 및 24시간 배양하였다. 정해진 시간의 배양이 끝난 bag을 tap water로 깨끗이 세척한 후 건조기 (80 $^{\circ}\text{C}$)에서 2일간 건조시켜 칭량한 다음 일반 분석을 실시하였다. 또한 tap water로 깨끗이 세척함으로써 수용성 성분을 제거시키고 남은 사료를 0시간 배양으로 간주하였다. 1일 사료섭취량 조사를 위해 저녁사료 급여 전에 사료잔량을 수거하였으며, 사료 잔량의 건물 함량을 측정하고 1mm 크기로 분쇄한 후 주요 성분을 분석하였다.

시험사료, 반추위 내 배양 후 남은 사료 그리고 및 분과 사료 잔량의 일반성분은 AOAC (1995) 방법에 준하여 분석되었으며 시료의 NDF 함량은 Van Soest 등 (1991)의 방법에 따라 분석되었다. 사료의 반추위 ED 값은 Orskov와 McDonald (1979)의 방법에 따라 산출되었다. 반추위액의 ammonia-N의 농도는 Fawcett와 Scott (1960)의 방법을 이용하여 spectrophotometer (Berkman, DU-650)로 분석되었다. 반추위액의 VFA는 냉동 보관된 시료를 해동한 다음 1ml의 반추위액과 0.2 ml의 2% pivalic acid를 internal standard로 넣어 혼합하고 15,000 × g에서 15분간 원심분리한 후, 상층액을 취하여 30m의 capillary column (NUKOL™, 0.25 mm I.d., supelco Co.)이 장착된 gas chromatograph (GC, HP5890 serie II, Hewlett Packard Co.)로 분석되었다. 이동상으로는 헬륨 (He) 가스가 이용되었으며, 주입부 (injector)와 FID 검출기의 온도는 모두 200 $^{\circ}\text{C}$ 로 유지되었고 split ratio는 1 : 50으로 유지시켰다.

(2) 한우 사양시험

사양시험에 공시된 거세한우의 체중은 12개월령 시험이 시작되는 시점에서 측정하였으며, 이후 종료될 때까지 2개월 간격으로 측정하였고, 사료잔량은 3일 간격으로 조사하였다. 시험사료의 경우 체중 측정 시에 시료를 채취하였으며, 사료 잔량과 함께 대사시험에서와 동일한 방법으로 시료 성분을 분석하였다.

3. 통계 분석

조사된 일체의 성적은 SAS 통계 패키지 (1985)의 GLM procedure를 이용하여 분석하였으며, 처리간 성적은 S-N-K (Steel과 Torrie, 1980) 방법으로 비교하였다. 단, 대사시험의 경우 시험동물 개체 및 period 효과를 배제한 처리별 성적 비교이며, 사양시험의 경우 처리 당 2 pen, pen 당 4 두씩을 군사시켰지만 증체량은 처리구 별 개체 체중으로 비교하였으며, 사료 섭취량은 처리구 별 각 pen의 평균값으로 비교하였다.

III. 결 과

1. 면양 대사시험

시험사료가 반추위액의 pH, 암모니아 농도 및 휘발성지방산 (volatile fatty acid, VFA)에 미치는 효과를 보면 Table 2에서와 같다. 반추위액의 pH는 전체 처리구에 걸쳐 사료 급여 후 3시간까지 점차 낮아지다가 다시 높아졌지만 발효 팽이버섯 폐 배지가 포함된 시험사료 (FSMC-30 및

FSMC-60)에 의한 영향을 받지 않았다. 반추위액의 암모니아의 농도는 전체 처리구에서 사료급여 1시간 후에 급격히 증가한 다음 3시간부터는 점차 감소하였지만 사료 급여 후 3에서 6시간의 60%를 FSMC로 대체하여 급여한 처리구 (FSMC-60)에서 암모니아 농도가 가장 높았다($P < 0.045$). 배합사료와 볏짚을 급여한 대조구에 비하여 볏짚에 대한 FSMC의 대체 급여 (FSMC-30 및 FSMC-60)로 인하여 사료급여 1시간 이후부터 총 VFA 농도가 다소 증가된 경향을 보였다. 주요 VFA의 조성 (molar proportion)의

Table 2. Replacement effect of rice straw with fermented spent mushroom (*Flammulium velutipes*) compost on fermentation characteristics in the rumen fluid of sheep

Items	Diets ¹⁾			SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
	CON	FSMC-30	FSMC-60		
----- 0.5 h -----					
pH	6.84	6.80	6.77	0.738	0.428
Ammonia-N, mg/100ml	6.31	6.44	5.90	0.639	0.107
Total VFA, mmoles/100ml	32.7	30.7	31.3	1.312	0.354
Proportion, mmole/100mmoles					
Acetate (C ₂)	51.6 ^{ab}	53.3 ^a	50.0 ^b	0.605	0.022
Propionate (C ₃)	24.1 ^{ab}	22.8 ^b	25.9 ^a	0.574	0.027
Butyrate	9.1 ^b	18.3 ^a	16.3 ^{ab}	0.429	0.031
C ₂ /C ₃	2.14 ^b	2.34 ^a	1.93 ^c	0.062	0.004
----- 1 h -----					
pH	5.93	5.87	5.67	0.355	0.515
Ammonia-N, mg/100ml	17.3	19.3	20.4	0.510	0.540
Total VFA, mmoles/100ml	49.2	48.0	54.3	4.168	0.313
Proportion, mmole/100mmoles					
Acetate	49.2 ^a	48.3 ^b	46.1 ^c	0.215	0.001
Propionate	27.0 ^b	27.5 ^b	30.1 ^a	0.261	0.049
Butyrate	14.9 ^b	18.1 ^a	16.9 ^{ab}	0.316	0.011
C ₂ /C ₃	1.82 ^a	1.76 ^a	1.53 ^b	0.038	0.003
----- 3 h -----					
pH	5.44	5.31	5.25	0.413	0.314
Ammonia-N, mg/100ml	12.7 ^b	14.5 ^{ab}	16.1 ^a	0.338	0.045
Total VFA, mmoles/100ml	46.8	52.9	54.4	3.410	0.097
Proportion, mmole/100mmoles					
Acetate	49.5 ^a	48.3 ^a	45.9 ^b	1.327	0.001
Propionate	26.7 ^b	26.1 ^b	31.5 ^a	0.825	0.002
Butyrate	16.1	18.3	15.9	2.790	0.107
C ₂ /C ₃	1.85 ^a	1.85 ^a	1.46 ^b	0.057	0.001
----- 6 h -----					
pH	5.80	5.54	5.62	0.301	0.664
Ammonia-N, mg/100ml	9.25	8.77	10.3	0.817	0.713
Total VFA, mmoles/100ml	43.5	46.3	44.8	4.512	0.543
Proportion, mmole/100mmoles					
Acetate	49.8	49.1	48.9	3.058	0.828
Propionate	25.8 ^b	23.8 ^c	28.3 ^a	0.598	0.021
Butyrate	17.1 ^{ab}	20.3 ^a	16.9 ^b	0.879	0.039
C ₂ /C ₃	1.93 ^{ab}	2.06 ^a	1.73 ^b	0.060	0.014

¹⁾ CON, feeding concentrate with rice straw; FSMC-30, fed the same amount of concentrate as CON but replaced 30% of rice straw with fermented spent mushroom compost; FSMC-60, fed the same amount of concentrate as CON but replaced 60% of rice straw with fermented spent mushroom compost.

²⁾ Standard error of the means.

³⁾ Probability levels.

^{a,b,c} Means in the same row with different superscripts differ.

경우 VFA의 종류 및 채취 시간에 따라 처리간 차이를 보였다. 즉, acetate의 경우 사료 급여 후 1시간 및 3시간에서 벚짚대신 발효 팽이버섯폐배지를 60% 대치 급여한 처리구 (FSMC-60)에 비하여 벚짚을 급여한 대조구에서의 조성 비율이 더 높았다 ($P<0.001$). 이와는 반대로 propionate 조성 비율은 모든 반추위액 채취 시간에 걸쳐 FSMC-60 처리구에서 가장 높은 것으로 나타났다 ($P<0.027$ - $P<0.002$). Butyrate의 경우 타 처리구에 비하여 벚짚대신 발효 팽이버섯 폐 배지를 30% 대치 급여한 처리구 (FSMC-30)에서 사료 급여 30분 전 ($P<0.031$)과 급여 후 1시간 ($P<0.011$) 및 6시간 ($P<0.039$)에 높은 조성 비율을 보였다. Propionate에 대한 acetate의 비율 (C_2/C_3)은 FSMC-60 처리구에서 가장 낮은 것으로 나타났다.

시험사료 내 주요 성분의 반추위내 유효 분해율 (effective degradability, ED)을 조사한 결과, 시험사료의 건물 (EDDM), 조단백질 (EDCP), 조지방 (EDEE) 및 NDF (EDNDF) 유효 분해율은 벚짚에 대한 발효 팽이버섯 폐 배지 대치에 의한 영향을 받지 않은 것으로 조사되었다 (Table 3).

면양을 이용하여 각 사료의 전장 소화율을 조사한 바 Table 4에서 보는 바와 같다. 즉, 조단백질과 조지방의 전장 소화율은 시험사료에 의한 영향을 받지 않았으나 조단백질 ($P<0.031$)과 NDF ($P<0.006$)의 전장 소화율은 조사료로

서 벚짚만을 급여한 처리구에서 높은 반면 발효 팽이버섯 폐 배지를 벚짚의 60% 수준으로 대치 급여한 처리구 (FSMC-60)에서 가장 낮았다.

2. 한우 사양시험

12개월령의 거세한우를 8개월 (242일) 동안 발효 팽이버섯 폐 배지로 벚짚의 일부를 대체하여 급여한 후 한우 생산성을 조사한 결과는 Table 5에서와 같다. 시험 개시 시의 평균 체중이 335.7 kg이었고 8개월 후의 평균 종료 체중이 553.3 kg으로 평균 217.6 kg 증가한 것으로 나타났다. 대조구의 총 증체량이 211.9 kg 이었으며, 벚짚의 30%를 발효 팽이버섯 폐 배지로 대치 급여한 처리구 (FSMC-30)와 60%를 대치 급여한 처리구 (FSMC-60)의 총 증체량이 각각 219.4 kg 및 221.5 kg으로 조사되어 총 증체량 및 일당 증체량에서 처리간 차이가 없었다. 주요 영양소 섭취량을 보면, 발효 팽이버섯 폐 배지로 벚짚의 일부를 대체하여 급여한 거세 한우에서 대조구에 비하여 조단백질과 조지방의 섭취량이 다소 높았으나 NDF 섭취량에서는 다소 낮았다. 사료 효율 역시 발효 팽이버섯 폐 배지로 벚짚의 일부를 대체하여 급여한 처리구 (FSMC-30 및 FSMC-60)와 대조구간에 차이가 없었다. 따라서 모든 조사항목에서 발효 팽이버섯 폐 배지의 벚짚 대치 효과 및 대치 수준에

Table 3. Replacement effect rice straw with fermented spent mushroom (*Flammulium velutipes*) compost on effective degradability (%) of dry matter (EDDM), crude protein (EDCP), ether extract (EDEE) and NDF (EDNDF) of the experimental diets in the rumen of sheep

Items	Diets ¹⁾			SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
	CON	FSMC-30	FSMC-60		
EDDM	61.7	60.5	58.3	4.015	0.738
EDCP	73.8	75.7	73.0	5.142	0.903
EDEE	73.8	78.5	75.5	5.324	0.825
EDNDF	42.3	39.2	38.8	4.698	0.291

1), 2) and 3) Referred to table 2.

Table 4. Replacement effect of rice straw with fermented spent mushroom (*Flammulium velutipes*) compost on whole tract digestibility of the experimental diets in the sheep

Nutrients	Diets ¹⁾			SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
	CON	FSMC-30	FSMC-60		
DM	68.6 ^a	65.5 ^{ab}	64.67 ^b	2.880	0.031
CP	71.7	67.6	66.21	3.413	0.158
EE	78.1	73.4	75.5	6.249	0.186
NDF	47.2 ^a	40.0 ^b	38.5 ^c	2.310	0.006

1), 2) and 3) Referred to table 2.

Table 5. Replacement effect of rice straw with fermented spent mushroom (*Flammulium velutipes*) compost on growth, feed intake (DM basis) and feed efficiency of Hanwoo steers during 8 months of experimental period

Items	Diets ¹⁾			SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
	CON	FSMC-30	FSMC-60		
Initial body wt., kg	342.5	329.1	335.5	12.413	0.942
Final body wt., kg	554.4	548.5	557.0	10.188	0.126
Total body gain, kg	211.9	219.4	221.5	6.418	0.231
Mean daily gain, kg	0.88	0.91	0.91	0.152	0.413
Daily DM intake, kg	9.07	9.04	9.11	1.455	0.349
Daily nutrient intake, kg :					
Crude protein	1.04	1.08	1.12	—	—
Ether extract	0.29	0.30	0.31	—	—
Neutral detergent fiber	3.68	3.56	3.44	—	—
Daily body gain/DM intake	0.097	0.100	0.099	0.0012	0.381

^{1), 2), 3)} Referred to table 2.

따른 효과는 크지 않은 것으로 나타났다.

IV. 고 찰

일반적으로 버섯재배 부산물인 폐 배지는 영양소 함량 측면에서 섬유소 위주로 구성되어 (김 등, 2007a) 반추가축용 조사료로 활용될 수 있을 뿐이나 버섯 특유의 냄새로 인하여 기호성이 낮은 것으로 알려졌다. 실제로 본 시험에 앞서 소를 대상으로 팽이버섯 폐 배지의 섭취 상태를 조사했으나 섭취량이 매우 낮았던 것으로 확인된 바 있다. 따라서 기호성을 높이기 위한 조치가 요구되었으며, 이를 위해 팽이버섯 폐 배지를 밀기울과 혼합하고 당밀과 효모균(*S. cerevisiae*) 그리고 물을 첨가하여 배양하였다. 그 결과 기호성이 현저히 개선된 것을 확인할 수 있었다.

발효 팽이버섯 폐 배지로 볏짚의 일부 (30% 및 60%)를 대체하여 배합사료와 함께 급여한 결과 반추위 내에서 부분적으로 암모니아 농도와 총 VFA 농도가 증가된 것으로 나타났는데 (Table 2), 이는 팽이버섯 폐 배지에 상당량의 톱밥이 포함되어 있었지만 여기에 밀기울과 당밀이 혼합되어 있어 볏짚에 비하여 단백질 함량과 쉽게 발효될 수 있는 탄수화물 함량이 증가된 때문이며, 첨가된 효모의 작용도 반영된 결과로 볼 수 있다. 이러한 결과는 acetate 조성 비율이 조사료 자원으로 볏짚만을 섭취한 면양에서 높았던 반면 propionate 비율이 발효 팽이버섯 폐 배지와 볏짚을 섭취한 면양에서 더 증가된 점 (Table 2)과 무관하지 않다. 송과 홍 (1998)에 의하면 맥주박 발효사료나 yeast culture 급여로 인해 총 VFA 농도와 propionate 조성 비율

이 현저히 증가되었다고 보고한 바 있다.

한편, 배 등 (2006)의 조사에 의하면 톱밥 위주의 버섯 폐 배지가 폐면 위주의 경우에 비하여 NDF 함량이 더 높았고, *in vitro* 및 *in situ* 방법으로 분해율을 조사한 바 톱밥 분해율이 옥수수 속대와 폐면보다 현저히 낮았다고 보고하였다. 본 시험의 경우 팽이버섯 폐 배지의 NDF 함량 (80.1%)이 볏짚 (82.5%)보다 낮았다. 볏짚과 톱밥의 NDF 분해율이 직접 비교된 시험 결과는 없지만 반추위액의 acetate 조성 비율이 조사료 자원으로 볏짚만을 급여한 면양에서 더 높은 것으로 미루어 보아 볏짚 NDF 분해율이 톱밥의 경우에 비하여 더 높은 것으로 예상된다. 시험사료 주요 성분의 반추위 내 유효 분해율에서 처리간 유의적인 차이를 보이지 않았지만 배합사료와 볏짚을 급여한 대조구 (CON)에서 보다 볏짚의 일부를 발효 팽이버섯 폐 배지로 대체하여 급여한 처리구 (FSMC-30 및 FSMC-60)에서 건물 (EDDM)과 조단백질 (EDCP) 및 NDF(EDNDF)의 유효 분해율이 다소 낮았으며, 발효 팽이버섯 폐 배지 급여 수준이 더 높을수록 주요 성분 분해율이 더 낮았는데 (Table 3), 이는 분해되기 쉽지 않은 성분으로 구성되어 있는 팽이버섯 폐 배지의 특성 (배 등, 2006; 정, 2003) 때문인 것으로 보인다. 이러한 결과는 전장소화율에서도 비슷하게 나타났는데 (Table 4), 이러한 결과 역시 팽이버섯 폐 배지가 포함된 사료의 NDF가 반추위내 유효 분해율이 낮은데서 기인된 것으로 해석된다.

반추가축용 섬유질 사료로의 이용 가능성을 높이기 위한 다양한 시도가 이루어졌다. 정 등 (2003)과 양 등 (2001)은 섬유소 분해 효소를 다량 발현 할 수 있는 xylanase와

CMCase의 활성이 높은 균주인 *Bacillus spp.*를 선발하여 버섯 폐 배지에 첨가했을 때 사료적 가치가 개선되었다고 하였다. 또한 김 등 (2007c)은 팽이버섯 폐 배지를 섬유소 분해 효율이 높은 미생물인 *B. subtilis*, *B. cereus* 및 *Enterobacter ludwigii*를 첨가하여 발효물의 성장 및 효소활력에 미치는 영향을 조사하였으며, 아울러 면양을 대상으로 생균체로 처리된 버섯 폐 배지에 대한 대사적 반응을 조사한 결과, 광물질, 가용무질소물 및 섬유소의 전장소화율이 다소 증가되었고, 미생물로 처리된 버섯 폐 배지의 벧짚 대체수준이 증가될수록 전체 사료의 영양소 소화율이 증가되었다고 하였다.

버섯 폐 배지의 사료적 가치를 개선시키기 위해 다양한 형태의 기초 및 대사적 연구가 수행되었지만 실제 한우를 대상으로 한 버섯 폐 배지의 이용 효과관련 시험은 셀레늄강화 버섯 폐배지를 이용하여 기능성 한우육 생산을 조사한 이 등 (2006)의 시험 외에는 거의 발견할 수 없다. 본 시험에서는 팽이버섯 폐 배지의 기호성을 높이기 위한 방법으로 당밀과 *S. cerevisiae*를 첨가하여 발효시킨 다음 육성기와 비육 전기의 거세 한우를 대상으로 8개월에 걸쳐 발효 팽이버섯 폐 배지의 벧짚 대체 효과를 조사하였다. 그 결과, 조사료로 벧짚만을 급여한 처리구의 한우와 비슷한 증체 효과를 보였는데 (Table 5), 이러한 효과는 사료적인 측면에서 보면 조단백질과 조지방 섭취량과 관련이 있을 뿐 NDF 섭취량과는 무관한 것으로 보인다 (Table 5). 특히, 면양을 이용하여 조사한 결과 시험사료 대부분의 전장소화율이 발효 팽이버섯 폐 배지로 벧짚을 대체 급여한 처리구 (FSMC-30 및 FSMC-60)에서 오히려 다소 낮았다는 (Table 4) 점에서 발효 팽이버섯 폐 배지의 소화율 측면보다는 첨가된 밀기울과 당밀 및 *S. cerevisiae*에 의한 발효 효과가 더 크게 작용한 것으로 보인다. Peppler (1982)는 *S. cerevisiae*를 반추가축용 사료에 첨가할 경우, 효모 그 자체로 단백질과 미지성장인자의 공급원이 될 수 있다고 하였으며, Cartwright 등(1986)은 *S. cerevisiae*가 장내 유해세균총의 성장을 억제시키는 기능이 있는 것으로 발표한 바 있다.

이상의 결과로 미루어 보아 팽이버섯 폐 배지를 발효처리 할 경우 기호성이 개선될 뿐만 아니라 한우의 주요 조사료 자원인 벧짚의 상당 부분을 대체하여 일정기간 급여하여도 벧짚 급여와 비슷한 증체효과를 기대할 수 있는 것으로 여겨진다. 이에 따라 발효 팽이버섯 폐 배지는 조사료 소요량이 많은 한우 육성기와 비육 전기에 벧짚의 60%까지 성공적으로 대체할 수 있는 것으로 사료된다. 단, 팽이버섯 폐 배지의 기호성과 이용성을 개선시키기 위한 다양한 방법이 요구되는 바, 이를 위한 처리 및 가공비의 절감을 위한 대책이 필요한 것으로 여겨진다.

V. 요 약

본 연구는 팽이버섯 재배 후 폐기물로 방치되어온 팽이버섯 폐 배지를 거세한우 사육용 조사료로의 사료적 가치를 규명하기 위해 반추위 누관이 장착된 면양 3두를 이용한 대사시험과 12개월령의 거세한우 24두를 이용하여 20개월령까지 8개월간 사양 실험을 실시하였다. 대사시험의 경우 시판 한우 비육 전기용 배합사료 (70%)와 벧짚 (30%, 건물 기준)을 급여하였으며 (대조구, CON) 시험구의 경우 발효 팽이버섯 폐 배지 (fermented spent mushroom compost, FSMC)를 대조구 벧짚 급여량의 30% (FSMC-30) 또는 60% (FSMC-60, 건물 기준) 수준으로 대체하여 급여하였다. 거세한우를 대상으로 한 사양시험 사료 역시 대사시험과 동일한 방법으로 제조된 발효 팽이버섯 폐 배지를 동일한 비율로 벧짚을 대체하여 급여하였다. 면양 반추위액의 pH는 발효팽이버섯 폐 배지가 포함된 시험사료 (FSMC-30 및 FSMC-60)에 의한 영향을 받지 않았다. 반추위액의 암모니아의 농도는 사료 급여 후 3시간에서 벧짚의 60%를 FSMC로 대체하여 급여한 처리구 (FSMC-60)에서 암모니아 농도가 가장 높았다 ($P<0.045$). Acetate 조성비율은 사료 급여 후 1시간 및 3시간에서 벧짚대신 발효팽이버섯 폐 배지를 60% 대체 급여한 처리구 (FSMC-60)에 비하여 벧짚을 급여한 대조구에서 더 높았다 ($P<0.001$). 이와는 반대로 propionate 조성 비율은 모든 반추위액 채취 시간에 걸쳐 FSMC-60 처리구에서 가장 높은 것으로 나타났다 ($P<0.027 \sim P<0.002$). Butyrate의 경우 타 처리구에 비하여 벧짚대신 발효팽이버섯 폐 배지를 30% 대체 급여한 처리구 (FSMC-30)에서 사료 급여 30분 전 ($P<0.031$)과 급여 후 1시간 ($P<0.011$) 및 6시간 ($P<0.039$)에 높은 조성 비율을 보였다. Propionate에 대한 acetate의 비율 (C_2/C_3)은 FSMC-60 처리구에서 가장 낮은 것으로 나타났다. 시험사료의 건물 (EDDM), 조단백질 (EDCP), 조지방 (EDEF) 및 NDF (EDNDF) 유효 분해율은 벧짚에 대한 발효팽이버섯 폐 배지 대체에 의한 영향을 받지 않은 것으로 조사되었다. 조단백질 ($P<0.031$)과 NDF ($P<0.006$)의 전장 소화율은 조사료로서 벧짚만을 급여한 처리구에서 높았지만 발효팽이버섯 폐 배지를 벧짚의 60% 수준으로 대체 급여한 처리구 (FSMC-60)에서 가장 낮은 것으로 나타났다. 거세한우의 총 증체량 및 평균 일당증체량은 시험사료에 의한 영향을 받지 않았다.

VI. 인 용 문 헌

1. AOAC. 1995. Official Methods of Analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
2. Cartwright, C. P., Jurosz, J. R., Beavan, M. J., Ruby, F. M.

- S., de Morris, S. M. and Rose, A. H. 1986. Ethanol dissipates the proton motive force across the plasma membrane of *Saccharomyces cerevisiae*. *J. General Microbiol.* 134:369-377.
3. Caswell, L. E. 1990. Fungal additives. *Feed management.* April 41:9-13.
 4. Edwards, C. A., Burrows, I., Fletcher, K. E. and Jones, B. A. 1985. The use of earthworms for composting farm wastes. pp.229-242. In: J. K. R. Gasser (ed). *Composting of agricultural and other wastes.* Elsevier Applied Science Publishers, London.
 5. Ehaliotis, C., Georgios, I. Z. and Karavitis, P. 2005. Residues and by-products of olive-oil mills for root-zone heating and plant nutrition in organic vegetable production. *Scientia Horticulturee.* 106:293-308.
 6. Fawcett, J. K. and Scott, J. E. 1960. A rapid and precise method for the determination of urea. *J. Clin. Pathol.* 13:156.
 7. Ørskov, E. R. and McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 92:499.
 8. Pepler, H. J. 1982. Yeast extracts. In: Rose, A. H. (ed.) *Fermented Foods.* p. 293. Academic Press, London.
 9. SAS. 1985. *SAS User's Guide.* Statistical Analysis System Institute, Inc., Cary, N. C.
 10. Statements, P. 2001. Mycova: Helping the ecosystem through mushroom cultivation. <http://www.fungi.com/bioremediation/index.html> (June 29, 2001)
 11. Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1980. *Principles and Procedures of Statistics.* McGraw Hill Book Co., N. Y.
 12. Van Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
 13. Williams, B. C., McMullan, J. T. and Mccahey, S. 2001. An initial assesment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. *Bioresource Technology* 79:227-230.
 14. 김영일, 석준상, 광완섭. 2008. 복합생균제 첨가가 버섯부산물물의 화학적 성분 변화와 발효저장성에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 50:831-838.
 15. 김영일, 배지선, 정세형, 안문환, 광완섭. 2007a, 버섯폐배지의 발생량 조사 및 새송이, 느타리, 팽이 버섯 폐 배지의 버섯종류별과 재배방식별의 물리화학적 특성평가. *한국동물자원과학회지* 49:79-88.
 16. 김영일, 배지선, 허정원, 광완섭. 2007b. 버섯의 분지재배 및 병재배 시 재배 단계별 배지의 사료 영양적 성분, 독성중금속 및 잔류농약 모니터링. *한국동물자원과학회지* 49:67-78.
 17. 김영일, 정세영, 양시용, 허정원, 광완섭. 2007c. 버섯부산물 퇴적발효 시 섬유소 분해균 접종이 섬유소 분해성 효소 활력과 면양의 영양소 이용성에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 49:667-676.
 18. 배지선, 김영일, 정세형, 오영균, 광완섭. 2006. 느타리, 새송이 및 팽이버섯 폐 배지의 반추동물 조사료원으로서의 사료 영양적 가치평가. *한국동물자원과학회지* 48: 237-246.
 19. 송만강, 조남석. 1997. 볏짚에 대한 자기가수분해 처리 표고버섯 폐골목의 대치가 면양에서의 대사적 반응과 성장에 미치는 효과. *한국영양사료학회지* 21:525-532.
 20. 송만강, 홍성구. 1998. 면양에 의한 효모발효 사료의 반추위내 발효 및 소화특성. *한국영양사료학회지* 22:201-208.
 21. 양시용, 송민동, 김언현, 김창원. 2001. Probiotics용 복합효소 분비 *Bacillus sp.*의 분리 및 원료사료를 이용한 균주 생산을 위한 배지 조건의 최적화. *한국미생물생명공학회지* 29:110-114.
 22. 윤승락. 1996. 표고버섯 재배 톱밥 폐배지의 가축 조사료 이용. 월간 축산인. 2월호. p. 124.
 23. 이성훈, 박범영, 여준모, 김완영. 2006. 셀레늄강화 버섯 폐배지의 급여기간이 비육후기 거세한우의 혈중 글루타치온 과산화효소활성 및 조직내 셀레늄 축적에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 48:897-906.
 24. 정원형, 양시용, 송민동, 하종규, 김창원. 2003. Xylanase, Cellulase의 생산성이 높은 *Bacillus sp.*의 분리 및 효소생산을 위한 배지조건의 최적화. *한국미생물생명공학회지* 31:383-388.
 25. 정근기. 2003. 한우 경쟁력 제고 기술개발. 농림부 최종보고서.
 26. 한우사양표준. 2007. 한국사양표준 한우. 축산과학원, 농촌진흥청.
- (접수일자 : 2009. 6. 2. / 수정일자 : 2009. 6. 15. / 채택일자 : 2009. 6. 16.)