

퇴적발효 육계분의 면양에서의 조사료적 가치 평가

곽완섭 · 백용현 · 지경수

건국대학교 자연과학대학 생명자원환경과학부 축산학전공

Roughage Value of Deepstacked Rice Hulls-bedded Broiler Litter in Sheep

W. S. Kwak, Y. H. Baek and K. S. Ji

Animal Science, School of Life Resource and Environmental Sciences, College of Natural Sciences, Konkuk University, Danwol-dong 322, Chung-Ju, Chung-Buk, Korea 380-701

ABSTRACT

This study, in which sheep were used as models for beef cattle, was conducted to determine the effect of replacing 100% of rice straw with deepstacked broiler litter(BL) as a roughage source on total tract apparent digestibility, digestible nutrient intake, ruminal and blood parameters, and N balance of sheep. Under the conventional formulated mix-rice straw(60:40) feeding system(control), replacement of rice straw with BL resulted in similar($P > 0.05$) total tract apparent digestibilities of fiber and organic matter, similar($P > 0.05$) intake of digestible NDF, ADF and organic matter, and higher($P < 0.05$) intake of digestible crude protein. Feeding BL instead of rice straw resulted in lower($P < 0.05$) ruminal pH, higher($P < 0.05$) NH_3 -N concentration and similar($P > 0.05$) ruminal volatile fatty acid percentage and blood urea concentration. In a N balance study, increased($P < 0.05$) N intake for the BL-fed group induced higher($P < 0.05$) quantities(g/d) of fecal and urinary N excretion, bodily N absorption, and N retention.

It was concluded that deepstacked BL fiber was comparable to rice straw fiber as a roughage source and BL protein was also favorably utilized within the body of ruminant.

(Key words : Broiler litter, Rice straw, Sheep, Feed, Digestibility, N balance)

I 서 론

육계분(broiler litter, 이하 BL)은 40 여 년 전 부터 북미지역 및 유럽에서 가축사료로서 재이용되어져 왔다(Muler, 1980; Fontenot, 1991). 우리나라에서도 BL과 산란계분의 사료로의 이용 역사는 짧지 않다(Kwak 등, 2000; Ko 등, 2001). 축분은 사료로 이용되기 전에 병원성미생물을 사멸시키기 위해서 반드시 가공처리 되어야 한다(CAST, 1978). BL의 사료화 시 주로

이용되는 경제적이고도 실용적인 가공처리방법으로는 퇴적발효법을 들 수 있다. 퇴적발효법은 BL 내에 잔존가능한 병원성미생물을 사멸시키는데 매우 효과적이다(Ruffin과 McCaskey, 1990).

평사식 육계농장에서 배출되는 BL은 생분, 깔개, 깃털 및 흩어진 사료 등으로 구성된다. 이러한 BL은 섬유소, 단백질 및 광물질 함량이 높다. 특히 아시아 지역에서 주로 이용되는 왕겨 깔개의 BL은 미국에서 이용되는 대패밥, 톱

본 연구는 농림부 연구 지원에 의해 수행되었음.

Corresponding author : Kwak, Wan-Sup, School of Life Resource and Environmental Sciences, College of Natural Sciences, Konkuk University, Chung-Ju, Chung-Buk, 380-701, Korea. Tel : 82-43-840-3521, Fax : 82-43-851-8675, E-mail : wsk@kku.ac.kr

밥, 목chip 등 깔개의 BL(Ruffin과 McCaskey, 1990; Patil 등, 1993; Rossi 등, 1996) 보다 상대적으로 더 많은 섬유소를 함유하고 있으며, 입자도 또한 큰 편이다(Park 등, 2000; Kwak 등, 2004). 그러므로 왕겨 깔개 BL의 이러한 특성은 반추가축의 조사료 원으로서 더 적합할 것이다.

볏짚은 아시아 지역의 많은 나라에서 육우의 주 조사료 원으로 이용되고 있으나, 경우에 따라서 구입 시 가격이 높은 단점이 있다. 육우 사양 시 볏짚의 상당 부분을 값싼 퇴적발효 BL로 대체하였을 증체율과 사료 효율이 오히려 개선되었다(Kwak 등, 2000). 퇴적 발효한 왕겨 깔개의 BL의 *in situ* 영양소 특성 분석 결과, 볏짚과 비교해서 반추위에서의 섬유소 이용성은 비슷하였으며, 건물 이용성은 보다 우수하였다(Kwak 등, 2004). 그러나 이의 *in vivo* 동물 연구를 통한 반추동물 전체 소화기관 내에서의 구체적인 영양소 이용성에 대한 연구 결과는 전혀 없으며, 이에 대한 연구 노력은 왕겨 깔개 BL의 가축 사료로의 효율적인 이용을 위해서 필수적이다.

따라서, 본 연구에서는 반추동물의 조사료 원으로서 볏짚을 퇴적발효 BL로 100% 대체하였을 때 면양의 영양소 섭취량, 체내 소화율, 가스화 영양소 섭취량, 반추위 성장, 혈액 성장 및 체내 질소 출납에 미치는 영향을 평가하여, 최종적으로 BL의 조사료적 가치를 구명하고자 하였다.

II 재료 및 방법

1. 실험동물, 실험사료 및 처리구

실험 설계는 비슷한 체중(평균체중 : 46.2 kg)의 수 면양 6두를 대조구와 처리구에 각각 3두씩 완전 임의로 할당하여 각각 대사틀에 넣고 2번의 시행을 행하였으며, 2번째 시행에서는 switch-back 방식으로 동일 면양이 특정 처리구에 반복 이용되지 않도록 하였다.

퇴적발효 BL 제조를 위하여 충주시 소재의 육계농장에서 성계 생산 1회 후에 배출된 신선

한 계분 한 트럭분(4.5 metric ton)을 운송해 와서 전 실험(곽과 박, 2003)에서 구체적으로 제시된 퇴적발효 방법에 따라 처리하였으며, 발효기간은 1개월이었다.

실험에 이용된 각 사료(배합사료, 볏짚, BL)의 분석된 화학적 성분을 Table 1에 제시하였다. 볏짚과 비교해서 BL은 neutral detergent fiber(NDF) 함량은 훨씬 낮고, acid detergent fiber(ADF)와 조섬유는 큰 차이가 없으며, 조단백질과 조회분은 훨씬 높은 특징을 보였다. 시험 사료는 조농 비율이 4:6인 상태에서 대조구(배합사료와 세절한 볏짚)와 BL 급여구(배합사료와 BL)에게 공급하였으며, 대조구와 BL 급여구 공히 배합사료 공급량은 제한한 상태에서 조사료(볏짚 또는 BL)는 자유채식 시켰다. 즉 기호성이 좋은 배합사료(10분 이내에 완전 섭취)를 먼저 먹이고, 다 먹은 것을 확인한 후 볏짚 또는 BL을 무제한 공급하였고, 다음 사료 급여 전에 잔량을 측정하였다. 전체 사료의 공급량은 면양 생체중의 2% 정도로 면양의 영양소 요구량(NRC, 1985)을 만족시키는 수준(총가 소화영양소 62%, 조단백질 13%)에서 공급하였다. 각 시험 사료의 배합비와 화학적 성분은 Table 2에 제시하였다. 대조구 사료와 비교해서 BL 급여구 사료의 화학적 성분은 NDF 함량은 다소 낮았으나, ADF와 조섬유소 함량은 비슷하였고, 조단백질과 조회분 함량이 다소 높은 특징을 보였다.

Table 1. Chemical composition(% , DM basis) of feedstuffs

Item	Formulated mix	Rice straw	Broiler litter
Dry matter	89.4	89.1	84.2
Organic matter	91.4	90.7	75.0
Neutral detergent fiber	26.8	77.2	57.5
Acid detergent fiber	16.0	49.0	42.6
Crude fiber	13.3	39.0	39.7
Crude protein	17.3	5.6	14.1
True protein	75.0	75.6	53.9
NPN-CP	25.0	24.5	46.1
Crude ash	8.6	9.3	25.0

Table 2. Ingredient and chemical composition (% DM basis) of experimental diets consumed by sheep

Item	Diet	
	Rice straw	Broiler litter
Ingredient composition		
Formulated mix	62.5	58.7
Rice straw	37.5	
Broiler litter		41.3
Chemical composition		
Dry matter	89.3	87.3
Organic matter	91.1	84.6
Acid detergent fiber	28.4	27.0
Hemicellulose	17.3	12.5
Crude fiber	22.9	24.2
Crude protein	12.9	16.0
True protein	9.7	10.6
NPN-CP	3.2	5.4
Crude ash	8.9	15.4

2. 시행 및 시료 채취

2회의 각 시행은 대사틀 적응기간 7일, 사료 전환기간 5일, 적응기간 14일, 시료 채취기간 10일로 나누어졌으며, 대사틀 적응기간 7일 동안은 매일 한번씩 운동을 위해서 방사하였다. 시료 채취기간 동안에는 급여 사료, 분 및 뇨를 채취하였다. 24시간 간격으로 10일 동안 전량 채취한 분은 60°C 건조 oven에서 48시간 동안 건조한 후 용기에 모아졌으며, 채취기간 종료 시에 철저히 혼합한 후 무게를 달고, 일정량을 채취하여 1 mm 크기 이하로 분쇄하여 분석에 이용하였다. 뇨는 24시간 간격으로 50% H₂SO₄ 용액 15 ml이 첨가된 플라스틱 용기 내에 수집하여, 총량을 측정한 후 정확히 2% 용량을 매일 10일 동안 별도의 플라스틱 용기에 채취하여 향후 분석을 위해 냉장 보관하였다. 채취된 고형 시료들은 비닐백에 밀봉한 후 바로 -20°C 냉동고에 보관하였다.

각 시행의 채취기간 종료 후에는 위액 및 혈

액을 채취하였다. 위액은 사료 급여 2시간 경과 시에 구강을 통해서 stomach tube를 삽입하여 충분한 량(200 ml 이상)을 채취하여 4겹의 gauze로 여과한 용액 중 일부는 pH를 측정하는데 이용되고, 나머지는 volatile fatty acids(VFA)와 NH₃-N 측정을 위하여 각각 처리되었다. 혈액은 사료 급여 6시간 경과 시에 경정맥을 통하여 채취한 후 탈 단백질(deproteinization) 처리한 다음, 향후 urea-N 분석을 위해서 -20°C 냉동고에 보관하였다.

3. 화학적 분석

시료는 분석을 위하여 냉장고에서 녹인 다음, 건물은 60°C 건조 oven에서 48시간 건조한 후 측정하였고, crude protein(CP), ether extract (EE), crude fiber(CF), 조회분은 AOAC(1990) 방법에 의하여 분석하였다. 특히 CP는 발효물의 풍건 상태에서 분석한 다음 건물 수치로 보정해 주었다. True protein은 5% trichloroacetic acid 용액에서 침전되는 양으로, non-protein N(NPN)-CP는 CP에서 true protein을 뺀 양으로 구하였다. ADF-CP는 시료의 ADF를 합쳐서 CP 성분(AOAC, 1990)을 분석하여 구하였다. NDF와 ADF는 Van Soest 등(1991)의 방법에 따라 분석하였다. 반추위 pH는 pH meter(HI 9321, Hanna Instrument, Portugal) 상에서 측정하였다. 반추위 NH₃-N 농도는 Chaney와 Marbach(1962) 방법에 따라 분석하였다. 반추위 VFA 농도는 gas chromatography 상에서 분석하였고, 혈중 urea-N 농도는 Coulombe와 Favreau(1963) 방법으로 분석하였다. 반추위 탄수화물 발효 효율은 Orskov 등(1971)의 방법에 따라 계산하였다.

4. 통계 분석

모든 통계 분석은 General Linear Model을 이용한 two way analysis of variance를 이용하여 실시하였다(Statistix7, 2000). 평균간 비교를 위해서 studentized t-test를 이용하였다(Statistix7, 2000).

III 결과 및 고찰

1. 각종 영양소 섭취량, 소화율 및 가스화영양소 섭취량

사료 영양소 섭취량, 영양소 소화율 및 가스화영양소 섭취량에 대한 처리 간 비교는 Table 3에 제시되어져 있다. 일일 또는 생체중 당 건물 섭취량은 BL 급여구에서 공히 높았는데($P < 0.05$), 이는 농후사료의 일일 급여량을 동일하게 제한한 상태에서 볏짚 또는 BL을 자유 채식하게 한 결과 BL의 섭취량이 증가한 때문이었다. 즉 처리 간 일일 유기물 섭취량이 비슷하였을 때, 대조구와 비교해서 BL 급여구는 일일 NDF 섭취량이 감소하였고($P < 0.05$), ADF 섭취량은 비슷하였으며($P > 0.05$), 조섬유소와 조단백질 섭취량은 증가하였다($P < 0.05$). 이러한 결과는 볏짚과 BL의 화학적 성분상의 직접적 차이에 기인하는 것이었다.

전체 소화기관 내에서의 영양소 소화율에 있어서, 볏짚과 비교해서 BL의 조단백질을 제외한 영양소의 소화율은 비슷하였다($P > 0.05$). 특히 NDF, ADF, 조섬유소 등의 섬유소 소화율은 처리 간에 비슷하였다. 즉 BL 내에 깔개 성분인 난소화성 왕겨가 상당량 존재함에도 불구하고 섬유소 이용률이 볏짚에 필적함은 육계사료 내의 비소화성 섬유소의 높은 이용 가치와 퇴적발효 중 화학적, 미생물학적 분해 작용에 의한 왕겨 섬유소의 가치 향상에 기인하는 것으로 추정되었다. 그러나 BL 급여구의 조단백질 소화율은 낮았는데($P < 0.05$). 이는 처리 간 사료 단백질 섭취량의 차이로 인해 BL 급여구 diet 단백질 총량에서 고소화성인 배합사료 단백질의 성분비가 줄어들고, BL 단백질의 성분비가 상대적으로 증가한 때문이었다.

가스화 영양소 섭취량에 있어서, 처리구별로 볏짚 또는 BL을 자유채식하게 한 결과 BL 급여구의 일일 가스화 NDF, ADF, 유기물 섭취량은 차이가 없었으며($P > 0.05$), 가스화 조섬유소와 가스화 조단백질 섭취량은 뚜렷이 증가하였다($P < 0.05$). 덧붙여, 양 처리구 간의 비슷한 유기물 소화율은 거의 동일한 일일 유기물 섭취

Table 3. Nutrient intake, total tract apparent nutrient digestibility, and digestible nutrient intake of diets fed to sheep

Item	Diet		SE
	Rice straw	Broiler litter	
Intake, g/d			
Dry matter	779 ^a	829 ^b	15.3
Organic matter	710	703	12.3
Neutral detergent fiber	356 ^a	331 ^b	9.4
Acid detergent fiber	220	226	6.3
Crude fiber	178 ^a	203 ^b	5.1
Crude protein	101 ^a	132 ^b	1.8
Apparent digestibility, %			
Dry matter	59.8	58.0	1.7
Organic matter	64.0	64.1	1.3
Neutral detergent fiber	44.9	45.2	1.8
Acid detergent fiber	42.9	43.9	3.0
Crude fiber	46.9	47.9	2.4
Crude protein	70.0 ^a	66.1 ^b	1.2
Digestible nutrient intake, g/d			
Dry matter	465	480	6.6
Organic matter	453	450	4.8
Neutral detergent fiber	159	149	4.3
Acid detergent fiber	94	99	3.2
Crude fiber	83 ^a	97 ^b	4.0
Crude protein	71 ^a	87 ^b	0.9
Intake, % of body weight			
Dry matter	1.69 ^a	1.79 ^b	0.22
Organic matter	1.54	1.51	0.02

^{a,b} Means with different superscripts within the same row differ ($P < 0.05$).

량과 가스화 유기물 섭취량과 연계되어졌다. 이와 관련하여 Ketelaars와 Tolkamp(1992)는 각종 조사료의 유기물 섭취량과 유기물 소화율은 서로 일직선으로 비례한다고 한 보고는 본 연구결과를 뒷받침해 주고 있다.

결과적으로 조사료 원으로서 볏짚을 대체하여 급여된 퇴적발효 BL은 반추동물 체내에서의 섬유소의 이용성이 볏짚의 섬유소에 필적하는 것으로 확인되었으며, 이는 전 실험(Kwak 등, 2004)에서의 퇴적발효 BL의 *in vitro* 및 *in*

situ 섬유소 소화율은 볏짚의 것과 차이가 없었다는 사실을 증명해 주고 있다.

2. 반추위 발효물 성상 및 혈액 성상

반추위 pH는 BL 급여구에서 0.2 포인트 낮았다($P < 0.05$)(Table 4). 그러나 양 처리구의 반추위 pH 수치는 바람직한 미생물단백질 합성과 섬유소 소화율을 위한 최소 수치인 6.2 (NRC, 2000) 이상을 유지하고 있었다. BL 급여구의 낮은 반추위 pH는 볏짚과 비교해서 BL의 작은 입자도로 인한 반추 및 저작 시간의 감소로 인해 타액의 분비량이 그 만큼 줄어들었기 때문인 것으로 예측되었다. 이와 관련하여 Erdman(1988)과 Mertens (1997)는 반추 및 저작 시간은 사료의 입자도 및 절단 길이에 의해 영향을 받으며, 이는 타액 분비와 높은 상관관계가 있다고 보고한 바 있다. 비슷한 연구(곽 등, 2003)에서 육계분-제과부산물 발효 TMR 급여는 기존의 배합사료-볏짚 급여 시와 비교해서 면양의 섭취, 반추 및 저작 시간을 감소시켰다는 보고는 본 연구 결과를 뒷받침해 주고 있다.

반추위 VFA의 성상을 보면, 대조구와 BL 급여구 공히 acetate, propionate, butyrate, valerate의 생성 비율에 있어서 비슷한 양상을 보였다. 그러나 BL 급여구는 대조구와 비교해서 isobutyrate, isovalerate의 낮은 생성 비율을 보여주었다($P < 0.05$). 이러한 측쇄(branched) VFA는 사료 내 측쇄 아미노산에서 발생되며, 반추위 발효 과정에서 섬유소 분해성 박테리아에 의한 측쇄 아미노산 합성에 중요한 구성 성분이 된다(NRC, 2000). 본 연구 결과는 생성된 측쇄 VFA의 미생물단백질로의 빠른 전환의 결과인 것으로 추정되었다. 왜냐하면 BL 급여구의 true protein 섭취량이 대조구보다 많기 때문에 측쇄 아미노산의 부족으로 인한 결과로는 보여지지 않았다. 또한 본 연구에서 주요 VFA의 생성을 차이로 나타낼 수 있는 탄수화물 발효 효율은 처리 간에 차이가 없었다($P > 0.05$).

반추위 $\text{NH}_3\text{-N}$ 생성량은 볏짚보다는 BL 급여 시에 약 3배 가까이 높아졌다($P < 0.05$). 이러한 현상은 BL의 상대적으로 높은 조단백질 및

Table 4. Ruminal and blood parameters of sheep fed the different diets

Item	Diet		SE
	Rice straw	Broiler litter	
Ruminal pH	6.54 ^a	6.34 ^b	0.09
Ruminal volatile fatty acids, Moles/100moles			
Acetate	63.2	63.7	1.3
Propionate	25.2	23.8	1.1
Isobutyrate	0.65 ^a	0.25 ^b	0.09
Butyrate	8.9	10.8	0.8
Isovalerate	0.99 ^a	0.60 ^b	0.10
Valerate	1.05	0.85	0.16
Ruminal Acetate/propionate	2.52	2.70	0.17
Efficiency of carbohydrate fermentation	76.0	75.5	12.6
Ruminal $\text{NH}_3\text{-N}$, mg/dl	7.0 ^a	19.8 ^b	5.0
Blood urea-N, mg/dl	10.4	15.5	3.1

^{a,b} Means with different superscripts within the same row differ($P < 0.05$).

NPN 성분에 의해 초래된 결과였다. 그러나 이 농도는 Orskov와 Miller(1988)가 제시한 반추위 미생물에 의한 $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 효과적인 활용을 위한 적정 수준인 2 ~ 20 mg/dl의 범위에 속하는 지극히 정상적인 수치였다. 면양에게 BL만을 100% 급여하였을 때 반추위 $\text{NH}_3\text{-N}$ 농도는 51 mg/dl를 상회하는 것으로 보고 되기도 하였다(Mavimbela와 van Ryssen, 2001).

혈중 urea-N 농도는 볏짚 급여 시와 비교해서 BL 급여로 인하여 유의성은 없었으나, 높아지는 경향($P < 0.13$)을 보였다. 다른 연구(Chaudhry 등, 1996)에서 더 많은 량의 발효 BL을 면양에게 급여하였을 때 반추위 urea-N 농도는 뚜렷이 증가하였다. 본 연구에서 면양 반추위에서 상대적으로 많이 생성된 $\text{NH}_3\text{-N}$ 은 혈중 urea-N 농도의 증가와 뇨 N 배설량의 증가(Table 5)로 귀결됨은 예상된 현상이었다. 이는 과도한 암모니아의 체내 detoxification 시스템이기도 하다.

결과적으로 본 연구에서는 반추동물에의 볏짚 대체 조사료로 이용된 BL은 상대적으로 높은 조단백질 성분으로 인해 체내에서의 N 이

용 경로에서 볏짚 급여 시보다 상대적으로 높은 N 흐름(flow) 현상을 보여주었다.

3. 체내 질소 균형

급여 사료의 체내 N balance는 Table 5에 제시하였다. 볏짚 급여구와 비교해서 BL 급여구는 BL 내의 높은 N 성분으로 인해 N 섭취량이 증가하였고($P < 0.05$), 이는 N의 분 배설량, 뇨 배설량 및 총 배설량을 증가시키는 결과를 초래하였다($P < 0.05$). 그리고 N의 체내 흡수량(소화량)과 축적량은 BL 급여구에서 더 많았다($P < 0.05$). 섭취량 대비 N 축적률은 처리 간에 차이가 없었고($P > 0.05$), 흡수량 대비 N 축적률 또한 차이가 없었다($P > 0.05$). BL 또는 산란계분 급여에 따른 높아진 N 섭취량은 분뇨 N 배설량의 증가 현상을 유도하였다는 결과(고 등, 1996; 광 등, 2003)는 본 연구 결과와 일치하였다.

이상의 연구 결과를 종합해 보면, 퇴적발효 한 왕겨 깔개의 BL 영양소는 반추동물의 체내에서 전반적으로 양호한 이용성을 보였으며, 볏짚과 비교해서 다소 낮은 반추위 pH 현상은 BL 급여구에 입자도가 상대적으로 큰 볏짚을 전체 사료 급여량의 10% 수준에서 첨가해 줌으로서 완화될 수 있을 것이다.

Table 5. Nitrogen balance of sheep fed the different diets

Item	Diet		SE
	Rice straw	Broiler litter	
Intake, g/d	16.11 ^a	21.17 ^b	0.29
Excretion, g/d			
Fecal	4.83 ^a	7.18 ^b	0.31
Urinary	3.78 ^a	4.64 ^b	0.21
Total	8.61 ^a	11.82 ^b	0.32
Absorption, g/d	11.28 ^a	13.99 ^b	0.38
Retention			
g/d	7.50 ^a	9.36 ^b	0.33
% / intake	46.54	44.18	1.46
% / absorbed	66.49	66.84	1.46

^{a,b} Means with different superscripts within the same row differ($P < 0.05$).

IV 결 론

본 연구 결과, 반추동물의 조사료 원으로서 퇴적발효 왕겨 깔개 BL 섬유소는 볏짚 섬유소에 필적하는 반추위 이용성 및 소화성을 보여주었고, BL 단백질 또한 양호한 체내 이용성 및 축적성을 보여주었다. 볏짚과 비교해서 육계분의 *in situ* 면양 반추위 건물 소실율과 분해율이 상대적으로 높았고, 섬유소 소실율과 분해율은 비슷하였다는 결과를 반추할 때(Kwak 등, 2004), 본 *in vivo* 생체 실험의 결과, 면양의 전체 소화기관 내에서의 건물과 섬유소 소화율은 BL과 볏짚 간에 차이가 없는 것으로 나타났다. 그럼에도 불구하고 육성 육우의 사양 실험(Kwak 등, 2000)에서 나타난 볏짚의 BL로의 대체에 따른 증체율 및 사료효율 향상은 본 실험에서 밝혀진 바와 같이 BL 단백질 섭취량의 상대적 증가와 BL 단백질의 양호한 체내 이용성 및 축적으로 그 원인을 설명할 수 있었다.

덧붙여 육계농장에서 육계분의 청소 빈도수가 낮을수록 난분해성 왕겨의 성분이 적어져서 결과적으로 BL의 종합적 사료 영양적 가치는 높아지고 아울러 반추동물의 생산성 향상에 더 도움이 될 수 있다는 사실을 유념할 필요가 있겠다.

V 요 약

본 연구는 반추동물의 조사료 원으로서 볏짚을 퇴적발효 BL로 100% 대체하였을 때 면양(육우의 모델로 이용)의 영양소 섭취량, 체내 소화율, 가소화 영양소 섭취량, 반추위 정상, 혈액 정상 및 체내 질소 출납에 미치는 영향을 평가하고자 실시하였다. 볏짚을 BL로 대체함에 따라 면양의 섬유소 및 유기물 소화율은 비슷하였고($P > 0.05$), 가소화 섬유소(NDF, ADF) 및 유기물 섭취량 또한 비슷하였으며($P > 0.05$), 가소화 단백질 섭취량은 증가하였다($P < 0.05$). 볏짚을 BL로 대체함에 따라 반추위 pH의 감소($P < 0.05$)와 반추위 $\text{NH}_3\text{-N}$ 농도의 증가($P < 0.05$) 현상이 나타났고, VFA 생성율과 혈중 urea-N

농도는 유의적 차이가 없었다($P > 0.05$). BL의 볏짚 대체로 인한 사료 단백질 섭취량의 증가($P < 0.05$)는 분뇨로의 단백질 배설량, 단백질 체내 흡수량과 체내 축적량의 증가 현상을 초래하였다($P < 0.05$).

결과적으로 반추동물의 조사료 원으로서 퇴적발효 BL 섬유소는 볏짚 섬유소에 필적하는 체내 이용성을 보여주었고, BL 단백질 또한 양호한 체내 이용성을 보여주었다.

VI 사 사

본 연구는 농림부 기획연구 지원에 의해 수행되었다. 저자들은 화학 분석을 부분적으로 지원해 준 건국대학교 폐자원사료실의 김영일 군, 배지선 양과 보람을 함께 하고자 한다.

VII 인용 문헌

1. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis(15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C., USA.
2. CAST. 1978. Feeding Animal Waste. Council Agric. Sci. Technol. Rep. 75.
3. Chaney, A. L. and Marbach, E. P. 1962. Modified reagents for the determination of urea and ammonia. Clin. Chem. 8:130-132.
4. Chaudhry, S. M., Fontento, J. P., Naseer, Z. and Ali, C. S. 1996. Nutritive value of deep stacked and ensiled broiler litter for sheep. Anim. Feed Sci. Technol. 57:165-173.
5. Coulombe, J. J. and Favreau, L. 1963. A new semi-micro method for colorimetric determination of urea. Clin. Chem. 9:102-108.
6. Erdman, R. A. 1988. Dietary buffering requirements of the lactating dairy cow: a review. J. Dairy Sci. 71:3246-3266.
7. Fontenot, J. P. 1991. Recycling animal wastes by feeding to enhance environmental quality. Prof. Anim. Scientist 4(7):1-7.
8. Ketelaars, J. J. M. H. and Tolcamp, B. J. 1992. Toward a new theory of feed intake regulation in ruminants 1. Causes of differences in voluntary feed intake: Critique of current views. Livestock Prod. Sci. 30:269-296.
9. Ko, Y. D., Kim, J. H. and Kim, C. H. 2001. Influence of whole crop corn silage ensiled with poultry manure on the performance and carcass quality of Hanwoo steers. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 14(8):1133-1137.
10. Kwak, W. S., Fontenot, J. P. and Herbein, J. H. 2003. Digestion and nitrogen utilization by sheep fed diets supplemented with processed broiler litter. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 16(11):1634-1641.
11. Kwak, W. S., Park, J. M., Park, K. K. and Kim, W. Y. 2004. Ruminant dry matter and fiber characteristics of rice hulls-bedded broiler litter compared with rice straw. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 17(2):207-212.
12. Kwak, W. S., Roh, S. C. and Park, J. M. 2000. Feeding of poultry wastes to cattle in Korea. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 13(Suppl.):175-177.
13. Mavimbela, D. T. and van Ryssen, J. B. J. 2001. Effect of dietary molasses on the site and extent of digestion of nutrients in sheep fed broiler litter. South African J. Anim. Sci. 31(1):33-39.
14. Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. J. Dairy Sci. 80:1463-1481.
15. Muller, Z. O. 1980. Feed from Animal Wastes: state of knowledge. FAO Animal Production and Health Paper, Rome, Italy.
16. National Research Council. 1985. Nutrient Requirements of Sheep. 6th rev. ed., National Academy Press, Washington, D. C., USA.
17. National Research Council. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 8th rev. ed., National Academy Press, Washington, D. C., USA.
18. Orskov, E. R., Fraser, C. and McDonald, I. 1971. Digestion of concentrations in sheep. 3. Effects of rumen fermentation and efficiency of volatile fatty acid formation in ruminants. J. Dairy Sci. 51:1429.
19. Orskov, E. R. and Miller, E. L. 1988. Protein evaluation in ruminants. In: Feed Science. World Science Series, B4, Ed. Orskov, E. R., Elsevier Science, Amsterdam. pp. 103-127.
20. Park, K. K., Yang, S. Y., Kim, B. K. and Jung, W. H. 2000. Effects of bedding materials and season on the composition and production rate of broiler litter as a nutrient resource for ruminants. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 13:1598-1603.
21. Patil, A. R., Goetsch, A. L., Galloway, D. L. Sr. and Forster, L. A. Jr. 1993. Intake and digestion by Holstein steer calves consuming grass hay supplemented with broiler litter. Anim. Feed Sci. and Technol. 44:251-263.
22. Rossi, J. E., Goetsch, A. L., Patil, A. R., Kouakou, B., Park, K. K., Wang, Z. S., Galloway, D. L. and Johnson, Z. B. 1996. Effects of forage level in broiler litter-based diets on feed intake, digestibility and particle passage rate in Holstein steers at different live weights. Anim. Feed Sci. Technol.

- 62:163-177.
23. Ruffin, B. G. and McCaskey, T. A. 1990. Broiler litter can serve as a feed ingredient for beef cattle. *Feedstuffs* 62(15):13-17.
24. Statistix7. 2000. User's Manual. Analytical Software, Tallahassee, FL, USA.
25. Van Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583.
26. 고영두, 류영우, 강한석, 김재황, 유성오, 강경록. 1996. 옥수수 - 산란계분 SILAGE의 면양체내 소화율과 질소출납 및 반추위 성장에 관한 연구 I. 옥수수 - 산란계분 SILAGE의 영양소 함량과 소화율 및 질소 출납. *한국영양사료학회지* 20(5): 453-458.
27. 박완섭, 박종문. 2003. 육계분 험기 또는 퇴적 발효 사료 제조 시 당밀 첨가 및 펠렛화가 사료영양적 가치 및 사료 적응기의 한우 기호성 개선에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 45(1):87-100.
28. 박완섭, 윤정식, 정근기. 2003. 육계분 - 제과부산물 발효 완전혼합사료(TMR)의 면양 체내에서의 영양소 이용성 평가. *한국동물자원과학회지* 45(3): 607-616.
- (접수일자 : 2003. 12. 31. / 채택일자 : 2004. 3. 2.)