

육계분-제과부산물 발효 완전혼합사료(TMR)의 면양 체내에서의 영양소 이용성 평가

곽완섭*,윤정식*,정근기**

건국대학교 자연과학대학 생명자원환경과학부 축산학전공*

영남대학교 자연자원대학 생물자원학부 동물생명과학전공**

Nutrient Utilization of Broiler Litter and Bakery By-product Ration in Sheep

W. S. Kwak*, J. S. Yoon* and K. K. Jung**

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*

Dept. of Animal and Life Science, College of Natural Resources, Yeungnam University, Kyung-San,
Kyung-Buk, Korea 712-749**

ABSTRACT

This study was conducted to determine the effect of feeding a total mixed ration(TMR) of broiler litter(BL) and bakery by-product(BB) with additional BL or rice straw incorporated at 10% of dietary DM as a roughage source on behavior pattern, nutrient intake, digestibility, digestible nutrient intake, ruminal and blood parameters, and N balance of sheep. All the treatment diets were formulated to be isoenergetic[total digestible nutrients(TDN) 66.9%]. Compared with the conventional formulated feed - rice straw feeding system(control), feeding TMR with BL(T1) or rice straw(T2) at 10% of dietary DM resulted in reduced eating, ruminating and total chewing time($P < 0.05$), similar DM intake, low($P < 0.05$) digestible DM, OM, fiber and total nutrients intake, low($P < 0.05$) nutrients digestibilities except EE, similar ruminal characteristics(pH, VFA concentrations and ratios, efficiency of carbohydrate fermentation, NH_3-N), and favorable N digestion and retention. There were no differences in the above parameters between T1 and T2 with the exception of increased($P < 0.05$) eating, ruminating and total chewing time for T2. These results suggested that a TMR of BL and BB with or without rice straw may replace the conventional formulated feed and rice straw in ruminant diets successfully and furthermore feeding the TMR with rice straw made sheep behavior pattern more favorable.

(Key words : Broiler litter, Bakery by-product, Sheep, TMR, Digestibility, Ruemn, Blood, N balance)

I. 서 론

값싼 부존사료자원 또는 폐자원의 효율적 이용
과 사료비 절감 효과를 우선적으로 들 수 있
다. 우리나라는 가축사료의 대부분을 외국 수
반추가축용 TMR 제조의 주된 장점으로

본 연구는 농림부 기획연구 지원에 의해 수행되었음.

Corresponding author : Wan-Sup, Kwak, 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

입 사료에 의존하고 있는 상황에서 이에 대한 기술 보급의 필요성은 아무리 강조하여도 지나침이 없을 것이다.

이용 가능한 부존사료자원으로서 옥계분은 언제 어디서나 대량으로 쉽게 구할 수 있는 장점이 있다. 외국에서도 옥계분을 이용한 농축사료 또는 완전사료의 제조 연구가 활발하게 행하여져 왔다. 예를 들면 옥계분 발효사료 제조 시 사료 첨가물로서 옥수수알곡(Ruffin과 McCaskey, 1990), 청에 옥수수 작물, 수수, 사과박(Rankins, 1995), 화분과 목초(Rude와 Rankins, 1992), 굴피(Wanderley 등, 1995), 예초 파인애플(Carpenter 등, 1994) 또는 감자 부산물(Rankins와 Rude, 1996) 등이 성공적으로 이용되어져 왔다. 옥계분에 부족한 에너지 성분을 식품부산물인 고 에너지 제과부산물로 보충하여 TMR을 제조하는 것도 매우 바람직한 한 방법일 수 있다. 이미 본 연구팀은 앞 선 실험(곽 등, 2003a,b)에서 옥계분과 제과부산물을 이용한 TMR의 제조 기술 개발과 이에 따라 제조된 TMR의 동물 사양 연구를 행한 바 있다. TMR 제조 시 퇴적발효 또는 혐기발효 방법은 매우 효과적이었으며, 이를 육성 한우에게 급여하였을 때 생산성에 별 차이 없이 상당한 사료비 절감효과를 누릴 수 있음을 증명하였다. 그러나 이러한 생산성 효과에 덧붙여 반추가축 체내에서의 TMR 영양소의 보다 구체적인 이용 체계에 대한 연구 필요성이 대두되었다.

그리고, 몇몇 국내 사료업체에서는 무 볶짚 완전배합사료의 제조, 보급 활동이 이미 이루어지고 있다. 이럴 경우, 반추동물의 소화생리 상 큰 입자도의 조사료 급여 부족은 동물 생산성을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 각종 대사성 질병을 유발시킬 가능성이 있다. 그러므로 적당량의 건초를 급여하는 것은 이의 예방을 위해 효과적일 수 있다. 옥계분은 급여 시 특정 건초보다 digesta 이동 속도(passage rate)가 느려서(Brosh 등, 1993; Patil 등, 1993) 동물 생산성을 저하시킬 수 있기 때문에 유효 섬유소(effective

fiber) 공급원으로서의 입자도가 큰 건초를 최소 10% 이상 급여하는 것이 바람직하였다(Rankins, 1995; Rankins와 Rude, 1996). 이 경우 옥계분과 제과부산물만으로 제조된 무 볶짚 TMR과 여기에 여분의 볶짚을 첨가할 때 반추동물 체내에서의 사료 영양소 이용 효율에 대한 연구는 전무하다.

따라서, 본 실험은 옥계분과 제과부산물로 제조된 TMR에 입자도가 각기 다른 여분의 옥계분 또는 볶짚을 diet dry matter(DM)의 10% 수준으로 혼합하여 기존의 배합사료와 볶짚 급여 체계를 100% 대체하였을 때 반추가축(면양)에 의한 영양소 섭취량, 체내 소화율, 반추위 성장, 혈액 성장 및 체내 질소 출납에 미치는 영향을 평가하고자 실시되었다.

II. 재료 및 방법

1. 실험동물 및 처리구

실험 설계는 평균 체중 50 kg의 숫 면양을 대사틀에 넣고 3×3 라틴 방격법(latin square)으로 3번의 시행에서 동일 면양이 특정 처리구에 반복 이용되지 않도록 하였다. TMR은 전 실험(곽 등, 2003a)에서 구체적으로 제시된 퇴적발효 방법으로 제조되었으며, 옥계분과 제과부산물은 육성기 면양의 에너지 요구량을 고려하여 TDN 69%[옥계분 TDN 55%(Muller, 1980), 제과부산물 TDN 89%(Ensminger 등, 1990)로 가정]가 되도록 혼합되었다(Table 1). 이때 옥계분과 제과부산물의 혼합비는 건물 기준으로 64 : 36이었다.

사료 배합비 설계를 위해 분석된 각 사료(배합사료, 볶짚, TMR, 옥계분)의 화학적 성분은 Table 1에 제시되었으며, 이들 성분은 사료 배합비 설계 시에 필수적으로 고려되었다. 제조된 TMR은 EE와 조회분 함량이 특히 높은 특징을 보였다.

Table 1. Chemical composition of feedstuffs fed to sheep¹⁾

| Item | Formulated feed | Rice straw | TMR ²⁾ | Broiler litter | Bakery by-product |
|--|-----------------|------------|-------------------|----------------|-------------------|
| % | | | | | |
| Dry matter | 90.7 | 90.1 | 86.3 | 87.3 | 90.8 |
| Organic matter | 91.8 | 87.6 | 80.0 | 77.4 | 98.1 |
| Ether extract | 3.4 | 0.9 | 6.9 | 1.1 | 4.6 |
| Crude protein | 16.7 | 3.7 | 17.4 | 20.4 | 7.9 |
| True protein | 71.7 | 86.5 | 60.0 | 48.1 | 69.7 |
| NPN | 28.3 | 13.5 | 40.0 | 51.9 | 30.3 |
| ADF-CP | 12.6 | 46.0 | 15.4 | 21.5 | - |
| Neutral detergent fiber | 32.2 | 75.5 | 24.4 | 53.6 | 2.3 |
| Acid detergent fiber | 16.9 | 44.5 | 17.4 | 31.0 | 3.1 |
| Hemicellulose | 15.3 | 31.0 | 7.0 | 22.6 | - |
| Crude fiber | 9.6 | 32.9 | 9.9 | 23.2 | 0.7 |
| Nitrogen free extracts | 62.1 | 50.1 | 45.8 | 32.7 | 84.9 |
| Crude ash | 8.2 | 12.4 | 20.0 | 22.6 | 1.9 |
| Total digestible nutrients ³⁾ | 78.4 | 48.0 | 69.0 | 55.0 | 89.0 |

¹⁾ On DM basis.

²⁾ Total mixed ration which is composed of broiler litter(64%) and bakery by-product(36%).

³⁾ Calculated values.

동일 에너지(isoenergetic) 기준(TDN 66.9%)으로 배합된 대조구와 시험구 diet의 배합비와 화학적 성분은 Table 2에 제시되어져 있다. 3개의 처리구 중 대조구(control)는 배합사료와 볏짚을 63.4 : 36.6의 비율(DM 기준)로 급여하였고, 시험구 1(T1)은 86.2% TMR과 13.8%의 육계분, 시험구 2(T2)는 89.6% TMR과 10.4%의 볏짚을 급여하였다. 영양소 요구량은 면양 NRC(1985) 기준을 충족시키는 수준이었다. 일일 사료 공급량은 모든 처리구에서 남기지 않는 수준으로 동일하게 제한하였다. 대조구(기준 배합사료, 볏짚 급여) 사료와 비교해서 TMR 급여구(T1, T2)의 화학적 성분은 CP와 EE 함량이 월등히 높은 특징이 있었는데, 이는 육계분의 높은 CP 함량과 제과부산물의 높은 EE 함량에 기인하였다. 또한 이들 급여구의 경우 높은 ash 함량은 육계분의 높은 ash 성분 때문이었으며, fiber 함량은 대조구 사료보다 낮은 편이었다.

Table 2. Ingredient and chemical composition of diets¹⁾

| Item | Control | T1 | T2 |
|--|---------|------|------|
| Ingredient composition (%) | | | |
| Formulated feed | 63.4 | - | - |
| Rice straw | 36.6 | - | 10.4 |
| Total Mixed Ration | - | 86.2 | 89.6 |
| Broiler litter | - | 13.8 | - |
| Chemical composition (%) | | | |
| Dry matter | 90.7 | 88.1 | 88.6 |
| Organic matter | 90.8 | 79.6 | 80.9 |
| Crude protein | 11.9 | 17.8 | 16.0 |
| Ether extract | 2.5 | 6.1 | 6.3 |
| Neutral detergent fiber | 48.0 | 28.4 | 29.7 |
| Acid detergent fiber | 27.0 | 19.3 | 20.2 |
| Hemiellulose | 21.0 | 9.1 | 9.5 |
| Crude fiber | 18.1 | 11.8 | 12.3 |
| Nitrogen free extracts | 57.8 | 43.9 | 46.2 |
| Crude ash | 9.7 | 20.4 | 19.2 |
| Total digestible nutrients ²⁾ | 66.9 | 66.9 | 66.9 |

¹⁾ On DM basis.

²⁾ Calculated values.

2. 시행 및 시료 채취

시행(Trial)은 3회에 걸쳐서 실시하였다. 각 시행은 대사를 적응기간 7일, 사료전환기 5일, 적응기간 14일, 시료채취기간 8일로 나누어졌으며, 대사를 적응기간 7일 동안은 매일 한 번씩 운동을 위해서 방사하였다. 시료채취기간 동안에 급여 사료, 분 및 뇨를 채취하였다. 24시간 간격으로 7일 동안 전량 채취한 분은 60°C dry oven에서 건조한 후 용기에 모아졌으며, 채취기간 종료 시에 철저히 혼합한 후 무게를 달고, 일정량을 채취하여 1mm 크기 이하로 분쇄하여 분석에 이용하였다. 뇨는 24시간 간격으로 50% H₂SO₄ 용액 15ml이 첨가된 플라스틱 용기 내에 수집하여, 총량을 측정 후 정확히 2% 용량을 매일 7일 동안 별도의 플라스틱 용기에 채취하여 향후 분석을 위해 냉장 보관하였다. 채취된 고형 시료들은 비닐 백에 넣은 후 바로 -20°C 냉동고에 보관하였다.

각 시행의 마지막 날에는 체중 측정, 위액 채취와 혈액 채취가 실시되었다. 위액은 사료 급여 2시간 경과 시에 구강을 통해서 stomach tube를 삽입하여 충분량을 채취하여 4겹의 gauze로 여과한 용액 중 일부는 pH를 측정하는데 이용되고, 나머지는 VFA와 NH₃-N 측정을 위하여 각각 처리되었다. 혈액은 사료 급여 6시간 경과 시에 정맥을 통하여 채취한 후 deproteinization 처리한 다음, 향후 urea-N 분석을 위해서 -20°C 냉동고에 보관하였다. 그리고 면양의 행동 양상을 분석하기 위해서 시행 2와 3에서 각각 시료채취기간 중 하루를 택하여 24시간동안 비디오 촬영하였다. 이를 근거로 면양의 일일 섭취시간, 음수시간, 반추시간, 총 저작시간, 수면시간, 휴식시간 등을 측정하였다.

3. 화학적 분석

시료는 분석을 위하여 냉장고에서 녹인 다음, DM은 60°C 건조 oven에서 48시간 건조한 후 측

정하였고, crude protein(CP), ether extract (EE), crude fiber(CF), 조회분은 AOAC(1990) 방법에 의하여 분석하였다. 특히 CP는 발효물의 풍건 상태에서 분석한 다음 DM 수치로 보정해 주었다. True protein은 5% trichloroacetic acid 용액에서 침전되는 양으로, non-protein N(NPN)은 CP에서 true protein을 뺀 양으로 구하였다. Acid detergent fiber(ADF)-CP는 시료의 ADF를 합쳐서 CP 성분(AOAC, 1990)을 분석하여 구하였다. Neutral detergent fiber(NDF), ADF는 Van Soest 등(1991)의 방법에 따라 분석하였다. Nitrogen-free extract (NFE)는 OM - (CP + EE + CF) 공식으로 구하였다. 전체 사료의 TDN 함량은 Schneider와 Flatt (1975)에 의해 제시된 공식에 따라 계산되었다. 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.

4. 통계 분석

모든 통계 분석은 General Linear Model을 이용한 two way analysis of variance를 이용하여 실시되었다(Statistix7, 2000). 평균간 비교를 위해서 orthogonal contrast를 실시하였으며, contrast는 Control vs T1과 T2, T1 vs T2이었다(Statistix7, 2000).

III. 결과 및 고찰

1. 면양의 일일 행동 양상

처리에 따른 면양의 행동 양상을 보면(Table 3), 기존의 배합사료 - 볏짚 급여구(대조구) 면양과 비교해서 TMR 급여구들(T1, T2)의 면양

Table 3. Behavior pattern of sheep fed the different diets

| Item | Control | T1 | T2 | SE |
|-----------------------------------|-------------------|-----|-----|------|
| | min/d | | | |
| Eating time ^{a,b} | 104 | 42 | 81 | 0.6 |
| Ruminating time ^{a,b} | 648 | 531 | 612 | 2.5 |
| Total chewing time ^{a,b} | 752 | 573 | 693 | 2.4 |
| Drinking time ^{a,b} | 16 | 68 | 22 | 1.0 |
| Sleeping time | 193 | 212 | 208 | 7.7 |
| Resting time ^{a,b} | 479 | 587 | 517 | 10.3 |

^a Control differs from T1 and T2($P < 0.05$).

^b T1 differs from T2($P < 0.05$).

은 일일 섭취시간, 반추시간, 총 저작시간이 감소하였고($P < 0.05$), 수면시간은 비슷하였으며, 음수시간과 휴식시간은 증가하였다($P < 0.05$). 유효섬유소(effective fiber) 원인 볏짚 공급량 감소로 인한 총 저작시간(섭취시간 + 반추시간)의 감소 현상은 이미 예상된 결과였다. 특히 무 볏짚 TMR 급여구(T1)에 있어서 지나치게 증가한 음수시간(또한 음수량)은 뇨 배설량의 증가 현상을 동반하였다.

TMR 급여구들의 경우, 10% 볏짚 - 90% TMR 급여구(T2)가 무 볏짚 TMR 급여구(T1)와 비교해서 일일 섭취시간은 약 배정도 증가하였고($P < 0.05$), 반추시간도 증가하였으며($P < 0.05$), 그 결과 총 저작시간이 비례적으로 증가하였다($P < 0.05$). 수면시간은 비슷하였으며, 음수시간은 정상에 가깝게 감소하였으며, 휴식시간도 그만큼 감소하였다($P < 0.05$). 즉 TMR에 소량의(diet DM의 10%) 볏짚을 첨가해 줌으로서 면양의 저작시간이 훨씬 증가하였고, 음수시간도 1/3 정도로 감소하는 등의 정상에 가까운 행동양상이 유도되었다. Erdman(1988)과 Mertens(1997)은 저작 및 반추 시간은 사료의 입자도 및 절단 길이에 의해 영향을 받으며, 이는 타액 분비와도 높은 상관 관계가 있다고 보고하였다. 결과적으로 늘어난 총 저작시간은 타액 분비량을 증가시켜 반추위 발효 환경을 양호하게 만들어 줄 것이다.

2. 각종 영양소 섭취량, 소화율 및 가소화영양소 섭취량

면양에 의한 사료 영양소 일일 평균 섭취량에 있어서(Table 4), DM, OM 섭취량은 처리에 의한 유의적 영향을 받지 않았다. 이는 섭취량을 계획적으로 똑같이 제한하였기 때문이다. DM 섭취량을 체중 대비로 환산하였을 때도 처리간의 차이는 없었다. 그러나 대조구와 비교해서 TMR 급여구들에 있어서 CP, EE 섭취량은 높고($P < 0.05$), fiber(NDF, ADF, CF) 섭취량은 낮았으며($P < 0.05$), NFE 섭취량은 낮은 경향($P < 0.1$)이었는데, 이는 Table 2에 제시된 처리구 diet간의 화학적 성분상의 차이 때문인 것으로 사료되었다.

면양 체내에서의 영양소 소화율에 있어서, 대조구와 비교해서 TMR 급여구들은 DM 소화율이 10% 포인트 정도 낮았고($P < 0.05$), OM 소화율은 평균 4.7% 포인트 낮았으며($P < 0.05$), fiber(NDF, ADF, CF) 소화율도 모두 훨씬 낮았고($P < 0.05$), EE 소화율은 약간 높았고($P < 0.05$), NFE 소화율은 약간 낮은 경향($P < 0.06$)이었다. 그러나 CP 소화율은 차이가 없었다. 대조구와 TMR 급여구간의 DM 소화율의 현저한 차이는 TMR의 높은 조회분 함량이 상당한 영향을 끼친 것으로 판단되었다. 조회분을 제외시킨 OM 소화율의 유의적 차이($P < 0.05$)는 처리구들간에 훨씬 완화된 수준을 보였다. 대조구와 비교해서 TMR 급여구들의 낮은 fiber(NDF, ADF, CF) 소화율은 이들 급여구 diet들을 구성하는 육계분 fiber의 난분해적 특성과 체과부산물의 높은 EE 함량 때문인 것으로 추측되었다. 특히 비보호 지방은 반추위에서 섬유소 분해성 박테리아의 성장에 유해하게 작용하는 것으로 잘 알려져 있다.

무 볏짚 TMR 급여구(T1)와 비교해서, 건물 10% 수준에서 급여된 볏짚 - TMR 급여구(T2)는 처리구들의 영양소 소화율과 TDN 함량에 전혀 영향을 미치지 않았다. 이는 대체된 볏짚

Table 4. Nutrient intake, apparent nutrient digestibility, and digestible nutrient intake of the different diets fed to sheep

| Item | Control | T1 | T2 | SE |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Intake (g/d) | | | | |
| Dry matter | 786 | 797 | 782 | 74 |
| Organic matter | 713 | 635 | 633 | 64 |
| Crude protein ^a | 94 | 142 | 125 | 11 |
| Ether extract ^a | 20 | 49 | 49 | 4 |
| Neutral detergent fiber ^a | 377 | 226 | 232 | 31 |
| Acid detergent fiber ^a | 212 | 154 | 158 | 18 |
| Crude fiber ^a | 142 | 94 | 96 | 12 |
| Nitrogen free extracts | 458 | 350 | 352 | 39 |
| Apparent digestibilityn (%) | | | | |
| Dry matter ^a | 69.3 | 59.7 | 59.3 | 0.6 |
| Organic matter ^a | 73.2 | 68.4 | 68.6 | 0.4 |
| Crude protein | 69.0 | 60.6 | 65.6 | 5.2 |
| Ether extract ^a | 83.4 | 86.9 | 87.1 | 1.2 |
| Neutral detergent fiber ^a | 59.3 | 41.9 | 42.3 | 3.9 |
| Acid detergent fiber ^a | 55.9 | 35.3 | 38.3 | 2.1 |
| Crude fiber ^a | 53.7 | 30.3 | 33.6 | 2.3 |
| Nitrogen free extracts | 80.0 | 79.4 | 76.2 | 0.9 |
| Total nutrients ^a | 68.8 | 61.1 | 62.2 | 0.5 |
| Digestible nutrient Intake (g/d) | | | | |
| Dry matter ^a | 545 | 476 | 464 | 27 |
| Organic matter ^a | 522 | 434 | 434 | 25 |
| Crude protein | 65 | 86 | 82 | 9 |
| Ether extract ^a | 17 | 43 | 43 | 3 |
| Neutral detergent fiber ^a | 224 | 95 | 98 | 17 |
| Acid detergent fiber ^a | 119 | 54 | 61 | 6 |
| Crude fiber ^a | 76 | 28 | 32 | 8 |
| Nitrogen free extracts | 366 | 278 | 268 | 34 |
| Intake (% of BW) | 2.00 | 1.87 | 1.84 | 0.36 |

^a Control differs from T1 and T2(P < 0.05).

^b T1 differs from T2(P < 0.05).

량이 통계적 유의성을 나타낼 정도로 충분하지 않은 소량이었기 때문일 것으로 사료되었다. 육계분-옥수수알곡 사료에의 건초 15% 첨가는 육성거세우의 영양소 소화율에 영향을 미치지 않았다는 결과(Rude와 Rankins, 1993)는 본 연구의 결과와 일치하였다. 그리고 Kwak 등

(2003)은 반추가축 사료에 상대적 소화율이 낮은 육계분이 혼합되면, 소장 후반부에 도달하는 난소화성 물질의 양이 그만큼 많아져서 대장 부위에서의 소화 흡수율이 높아지며, 결과적으로 hindgut(장 후반부)의 역할이 증대한다고 보고하였다. 처리구별 TDN 함량은 배합비

설계 시 예상된 수치(66.9%)보다 대조구는 1.9% 포인트 높은 수치를 보였고, TMR 급여구들은 4.7~5.8% 포인트 정도 낮은 수치를 보였다($P < 0.05$). 결과적으로 TMR의 예상된 TDN가는 평균 5.3% 포인트 정도 과대평가된 것으로 판명되었다. 실제 육계분의 TDN 함량은 46~62% 범위의 높은 변이도를 보여준다(Muller, 1980). 본 연구에서 이용된 육계분의 TDN 함량은 예상치인 55% 보다도 낮은 수준인 것으로 판단되었으며, T1 급여구의 경우, 제과부산물의 예상 TDN 값이 89%인 것으로 가정하였을 때, 계산된 육계분의 TDN 값은 48.6% 이었다.

일일 가소화 영양소 섭취량에 있어서, 대조구와 비교해서 TMR 급여구들은 가소화 DM, OM, fiber(NDF, ADF, CF) 섭취량은 낮았고($P < 0.05$), 가소화 NFE 섭취량은 낮은 경향($P < 0.1$)을 보였으며, 가소화 EE 섭취량은 높았고($P < 0.05$), 가소화 CP 섭취량은 높은 경향($P < 0.13$)을 보였다. 그러나 TMR에 여분으로 소량 급여된 육계분(T1) 또는 볶짚(T2)은 처리구들의 가소화 영양소 섭취량에 유의한 영향을 미치지 않았다.

3. 반추위 발효물 성상 및 혈액 성상

처리에 따른 반추위 pH와 VFA 생성, 탄수화물 발효 효율, 반추위 $\text{NH}_3\text{-N}$, 혈중 urea-N에 대한 효과는 Table 5에 제시되어져 있다. 사료 섭취 2시간 후에 측정된 반추위 pH는 처리와 상관없이 6.4대로서 비슷한 수준이었다. 즉 TMR 급여구들에 있어서, 긴 입자도의 볶짚 공급 부족으로 인한 저작시간 감소와 타액 분비량 감소 결과로 초래될 수 있는 반추위 pH 하락 현상은 나타나지 않았다. 이는 TMR 특히 육계분의 높은 염기 성분이 pH 완충 효과를 유도한 때문인 것으로 추측된다. 본 연구에서의 모든 처리구의 반추위 pH는 정상적인 반추위 발효 활동을 유도할 수 있는 수준이었다. NRC(1996)에 의하면, 반추위 pH는 바람직한 미생물

Table 5. Ruminal and blood parameters of sheep fed the different diets

| Item | Control | T1 | T2 | SE |
|--|---------|-------|-------|------|
| Ruminal pH | 6.40 | 6.48 | 6.41 | 0.33 |
| Ruminal total VFA ($\mu\text{moles/ml}$) | 83.1 | 119.4 | 101.4 | 11.9 |
| Moles/100moles | | | | |
| Acetate | 46.0 | 41.5 | 54.7 | 6.9 |
| Propionate | 36.3 | 29.5 | 28.0 | 4.8 |
| Isobutyrate | 1.4 | 2.0 | 0.5 | 0.6 |
| Butyrate | 12.0 | 21.9 | 13.8 | 4.9 |
| Isovalerate | 2.1 | 2.2 | 1.1 | 0.9 |
| Valerate | 2.2 | 2.9 | 1.9 | 1.0 |
| Acetate/propionate | 1.3 | 1.6 | 2.0 | 0.5 |
| Efficiency of carbohydrate fermentation | 81.8 | 80.3 | 78.1 | 2.1 |
| Ruminal $\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/dl) | 21.2 | 19.2 | 17.4 | 2.2 |
| Blood urea-N (mg/dl) | 16.3 | 18.7 | 17.8 | 4.1 |

^a Control differs from T1 and T2($P < 0.05$).

^b T1 differs from T2($P < 0.05$).

단백질 합성과 섬유소 소화율을 위해서는 최소한 6.2 이상을 유지하여야 하는 것으로 발표하였다.

사료 급여 2시간 후의 반추위 VFA 생성량과 생성 비율, 탄수화물 발효 효율, 반추위 $\text{NH}_3\text{-N}$ 농도 등이 처리에 따른 유의적 차이가 없음은 TMR 급여는 반추위 환경에 현저한 영향을 미치지 않았음을 의미한다. 즉 TMR은 반추위에서의 반추위에서 정상적으로 발효됨을 알 수 있었다. 또한 TMR들의 높은 단백질 함량에 따른 높은 단백질 섭취량 결과는 사료 급여 2시간 후의 반추위 $\text{NH}_3\text{-N}$ 농도와 사료 급여 6시간 후의 혈중 urea-N 농도의 증가를 초래하지는 않았다. 즉 이는 TMR 단백질의 체내 활용이 대조구에서와 같이 정상적으로 이루어 졌음을 의미한다. 볶짚 10% 첨가 시(T2)에도 무첨가 시(T1)와 비교해서 상기한 반추위 성상과 혈중 요소 농도에 영향을 미치지 않았다. 비슷한 연구(Rude와 Rankins, 1993)에서 육계분-옥수수 알곡 사료에의 건초 15% 첨가는 육성거세우의

반추위 $\text{NH}_3\text{-N}$ 농도와 혈중 urea-N 농도에 영향을 미치지 않았다는 결과는 본 연구 결과와 비슷하였다. 그러나 이들 실험에서 관찰된 건조 첨가에 따른 반추위 acetate/propionate ratio 증가 현상은 본 연구에서의 보다 적은 량의 볏짚 급여 시에는 유의하게 나타나지 않았다.

4. 체내 N balance

급여 사료의 체내 N balance는 Table 6에 나타나 있다. 대조구와 비교해서 TMR 급여구들의 높은 N 섭취량($P < 0.05$)은 분 N($P < 0.05$), 뇨 N($P < 0.1$), 총 N 배출량($P < 0.05$)의 증가 현상을 초래하였다. 대조구와 비교해서 TMR 급여구들은 일일 N 흡수량과 일일 N 축적량은 높은 경향이였으나($P < 0.1$), 섭취량 대비 또는 흡수량 대비 N 축적율은 차이가 없었다. 즉 이는 대조구의 배합사료 - 볏짚 단백질과 비교해서 TMR 단백질은 반추동물 체내에서 정상적으로 활용되었으며, 그 결과 양호한 N balance 현상을 초래한 것으로 사료되었다. 옥수수 - 산란계분 silage 급여 시 산란계분의 혼합비율이 증가할수록 높아진 N 섭취량은 분 N 배설량과 뇨 N 배설량의 증가 현상을 유도하였다는 결과(고 등, 1996)는 본 연구 결과와 일치하였다.

Table 6. Nitrogen balance of sheep fed the different diets

| Item | Control | T1 | T2 | SE |
|--------------------------------|---------|------|------|-----|
| Intake (g/d ^a) | 15.0 | 22.7 | 20.0 | 1.7 |
| Excretion (g/d) | | | | |
| Fecal ^a | 4.7 | 8.9 | 6.9 | 1.2 |
| Urinary ^b | 1.3 | 2.2 | 1.9 | 0.3 |
| Total ^a | 6.0 | 11.0 | 8.8 | 1.5 |
| Absorption (g/d ^b) | 10.3 | 13.8 | 13.2 | 1.4 |
| Retention | | | | |
| g/d ^b | 8.9 | 11.7 | 11.3 | 1.4 |
| % intake | 60.2 | 50.9 | 56.2 | 5.6 |
| % absorbed | 87.3 | 83.7 | 85.6 | 2.3 |

^a Control differs from T1 and T2 ($P < 0.05$).

^b Control differs from T1 and T2 ($P < 0.1$).

그리고 Kwak 등(2003)의 연구에서도 관찰된 바와 같이 처리구 간의 뇨 N 배설량은 혈중 urea-N 농도와 일관되게 비례하는 양상을 보여주었다.

결과적으로 면양에 있어서 TMR로 기존의 배합사료와 볏짚 급여 체계를 대체하였을 때 가소화 OM, fiber 섭취량과 EE를 제외한 영양소 소화율은 낮았으나, 반추위에서의 발효는 정상적으로 일어났으며, 특히 단백질 체내 활용성(소화율 및 축적율)은 양호한 것으로 나타났다. 그리고 무 볏짚 TMR 급여구(T1)와 비교해서 10% 볏짚 - TMR 급여구(T2)는 토양으로의 질소 배설량이 줄어드는 바람직한 경향을 보였다($P < 0.2$).

IV. 결 론

본 연구 결과들은 기존의 배합사료 - 볏짚 사양체계와 비교해서 육계분 - 제과부산물로 제조된 TMR의 급여는 반추가축의 영양소 섭취량, 반추위 및 혈액 정상, 체내 질소 축적율 등에 현저한 영향을 미치지 않았으나, 영양소 소화율과 가소화 영양소 섭취량은 뚜렷하게 감소하였다. 이는 TMR의 주 성분인 육계분의 TDN 함량을 과소평가한 때문이었다. 실제 측정된 육계분의 TDN 함량은 48.6% 정도로서 예상보다 훨씬 낮았으며, 향후 본 연구 결과의 현장 적용 시 육계분의 에너지 수준을 적절하게 고려할 때 보다 향상된 동물 생산성을 유도할 수 있을 것이다. 그리고 무 볏짚 TMR에 입자도가 큰 볏짚 10%만 첨가해도 무 첨가 시의 저작시간 감소와 음수시간 증가 등의 다소 비정상적인 행동 양상이 상당히 완화되어, 대조구와 같은 정상적인 상태에 근접하게 되며, 질소 배설량 또한 줄어들어 축사 바닥이 보다 청결하게 되는 등의 환경친화적인 현상을 초래할 것이다. 향후 본 TMR의 구성원인 제과부산물이 함유하는 높은 비보호 지방(unprotec-

ted fat) 성분이 반추동물체내에서 미칠 수 있는 영양소 이용성에 대한 연구 수행이 요구된다.

V. 요약

본 실험은 육계분과 제과부산물로 제조된 TMR(TDN 69%)에 입자도가 각기 다른 여분의 육계분과 볏짚(diet DM의 10% 수준)을 혼합하여 기존의 배합사료와 볏짚 급여 체계(대조구)를 100% 대체하였을 때 면양에 의한 행동 양상, 영양소 섭취량, 체내 소화율, 가소화 영양소 섭취량, 반추위 성장, 혈액 성장 및 체내 질소 출납에 미치는 영향을 평가하고자 실시하였다. 대조구와 비교해서 TMR 급여구들은 일일 섭취시간, 반추시간, 총 저작시간이 감소하였고($P < 0.05$), 음수시간은 증가하였으며($P < 0.05$), 사료 DM 섭취량이 비슷한 상황에서 가소화(digestible) DM, OM, fiber 및 총 영양소 섭취량은 낮았으며($P < 0.05$), EE를 제외한 영양소 소화율 또한 낮았으나($P < 0.05$), 반추위 발효 성장(pH, VFA 생성량 및 비율, acetate/propionate 비율, 탄수화물 발효 효율, 반추위 $\text{NH}_3\text{-N}$)과 혈중 urea-N 농도는 별 차이 없이 정상적이었으며, 특히 사료 단백질의 체내 활용성(소화율 및 축적율)은 양호한 것으로 나타났다. TMR에 입자도가 작은 육계분을 입자도가 큰 볏짚으로 diet DM의 10% 수준을 대체하였을 때, 일일 섭취시간, 반추시간, 총 저작시간은 증가하였으며($P < 0.05$), 음수시간은 정상에 가깝게 감소하였고($P < 0.05$), 그 외의 상기한 parameter에는 전혀 영향을 미치지 않았다. 결과적으로 육계분과 제과부산물로서 적정 사료 에너지 수준을 고려하여 제조된 TMR은 반추동물의 기존 배합사료 - 볏짚 급여 체계를 대체할 수 있는 잠재적 가능성을 시사하였으며, 특히 TMR 급여 시 소량의(건물 10% 수준) 볏짚 공급은 면양의 행동 양상을 보다 양호하게 만들었다.

VI. 사 사

본 연구는 농림부 기획연구 지원에 의해 수행되었다. 저자들은 화학 분석을 부분적으로 지원해 준 건국대학교 폐자원사료실의 백용현, 김영일, 지경수 군들에게 감사를 표한다.

VII. 인용 문헌

1. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.
2. Brosh, A., Holzer, Z., Aharoni, Y. and Levy, D. 1993. Intake, rumen volume, retention time and digestibility of diets based on poultry litter and wheat straw in beef cows before and after calving. *J. Agric. Sci.* 121:103-109.
3. Carpenter, J. R., Peterson, S. J., Iha, S. Y. and Niino, R. Y. 1994. Determination of fermentation characteristics and nutrient composition of various poultry litter and pineapple greenchop silages. *J. Anim. Sci.* vol. 72(Suppl. 1):114(Abstr.).
4. Chaney, A. L. and Marbach, E. P. 1962. Modified reagents for the determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.* 8:130-132.
5. Coulombe, J. J. and Favreau, L. 1963. A new semi-micro method for colorimetric determination of urea. *Clin. Chem.* 9:102-108.
6. Ensminger, M. E., Oldfield, J. E. and Heinemann, W. W. 1990. Feed and Nutrition (2nd Ed.). The Ensminger Publishing Company, Clovis, California, USA.
7. Erdman, R. A. 1988. Dietary buffering requirements of the lactating dairy cow: a review. *J. Dairy Sci.* 71:3246-3266.
8. 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-Aus. J. Anim. Sci.* Vol. 16: in press.
9. Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:1463-1481.
10. Muller, Z. O. 1980. Feed from Animal Wastes: State of Knowledge. FAO Animal Production and Health Paper. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome, Italy.
11. National Research Council. 1985. Nutrient Requirements of Sheep. 6th rev. ed., National Academy Press, Washington, D. C., USA.
12. 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. Technol.* 44:251-263.
13. Rankins, D. L. Jr. 1995. Processing options for broiler litter. *Feed Mix* 3(1):8-11.
 14. Rankins, D. L. Jr. and Rude, B. J. 1996. Optimizing broiler litter utilization by ruminants. Proceedings of the 52nd southern pasture and forage crop improvement conference. Held at Oklahoma City, Oklahoma March 30-April 2.
 15. Rude, B. J. and Rankins, D. L. Jr. 1992. Digestibility of johnsongrass ensiled with broiler litter. *J. Anim. Sci.* 70(Suppl.):305(Abstr.).
 16. Rude, B. J. and Rankins, D. L. Jr. 1993. Evaluation of bermudagrass(*Cynodon dactylon*) and johnsongrass (*Sorghum halepense*) as alternatives to corn forage (*Zea mays*) for ensiling with poultry litter. *Anim. Feed Sci. Technol.* 44:101-111.
 17. Ruffin, B. G. and McCaskey, T. A. 1990. Broiler litter can serve as a feed ingredient for beef cattle. *Feedstuffs* 62(15):13-17.
 18. Schneider, B. H. and Flatt, W. P. 1975. *The Evaluation of Feeds through Digestibility Experiments.* The University of Georgia Press, Athens, USA.
 19. Statistix7. 2000. User's Manual. Analytical Software, Tallahassee, FL, USA.
 20. 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.
 21. Wanderley, R. C., Silva, A. G., Pedroso, A. F. and Ashbell, G. 1995. Ruminant digestion kinetics of silages of orange peel and sugar cane mixed with poultry litter. *J. Anim. Sci.* 73(Suppl.):288(Abstr.).
 22. 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. *한영사지* 20(5):453-458.
 23. 곽완섭, 윤정식, 정근기. 2003a. 육계분과 제과부산물을 이용한 반추가축용 완전혼합사료(TMR) 제조 시 가공처리 방법이 물리화학적 특성에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 45(4):593-606..
 24. 곽완섭, 윤정식, 정근기. 2003b. 육계분-제과부산물 완전혼합사료(TMR) 급여가 육성 거세 한우의 생산성, 경제성 및 육 특성에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 45(5): 게재 중.
- (접수일자 : 2003. 2. 24. / 채택일자 : 2003. 5. 14.)