

최 종  
연구보고서

한우 비육용 TMR 사양시스템 개발  
The Development of TMR Feeding System  
for Fattening Hanwoo

연구기관

농협중앙회 축산연구소  
서울대학교 농업생명과학대학

농 립 부

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “한우 비육용 TMR 사양시스템 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2004 년 8월 21일

주관연구기관명 : 농협중앙회

총괄연구책임자 : 황 재 문

연 구 원 : 고 종 열

협동연구기관명 : 서울대학교

협동연구책임자 : 하 종 규

# 요 약 문

## I. 제 목

한우 비육용 TMR 사양시스템 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

유전 개량에 의해 우리나라 한우의 능력은 계속 높아지고 있는 추세이나 현실적으로 양질의 조사료 부족과 사양관리 기술의 미흡으로 이러한 높은 유전능력을 충분히 발휘시키지 못하고 있는 실정이다. 가장 큰 문제는 섭취량 부족에 의한 에너지 결핍 문제를 대개의 경우 고농후사료 급여로 해결하려는 데 있다. 이와 같이 조사료가 부족하여 배합사료 위주로 사육하다 보니 소화장애, 산 중독증 등과 같은 대사성 질병 다발 및 사료섭취량 감소로 비육말기 증체, 비육 Marbling 문제, 생산비 증가 등의 문제가 초래된다. 또한 육성기에 조사료를 충분치 섭취하지 못하면 한우의 체격과 장기의 발달도 충분치 못해 고급육 생산에 필수적인 장기 비육이 어렵게 된다.

우리나라는 사료의 원료를 대부분 수입에 의존하고 있으므로 사료적 가치가 높은 국내 부존 사료자원을 개발하고 이를 TMR 원료로써의 이용을 높이고 이용체계를 구축하여 원료의 수입대체 및 원가절감을 기대할 수 있을 것이다.

농산부산물 중 특히 가공부산물 중에는 사과, 복숭아, 감귤 등 당과 섬유성이 풍부한 과일 가공부산물과 비지, 맥주박 등의 곡류 가공부산물이 우리나라 가공산업의 발달과 함께 생산되고 있는데, 이들 가공부산물을 TMR 원료사료로 이용한다면 공장에서는 폐기물 처리비용이 줄어들고 농가에서는 사료비를 절감할 수 있어 한우의 가격경쟁력을 높이고 농가소득을 향상시킬 수 있을 것이다.

앞으로 우리 실정에 맞으면서 고급육을 생산할 수 있는 한우용 TMR 사양시스템을 개발하면 생존의 기로에 있는 한우산업 발전에 이바지할 것으로 기대된다. 한우의 경우도 젖소와 마찬가지로 적절한 TMR이 개발되면 한우의 생산성이나 한우

육의 질면에서 획기적인 향상이 기대되고 있다.

따라서 본 연구의 목표는 1) 고급육 생산을 위한 한우용 TMR 사양체계 개발과 2) 저비용 한우용 TMR 사료 개발 3) 지침서 작성 등을 통하여 한우의 성장단계에 적합한 TMR과 적정 TMR 유형을 개발하며 농가에 한우의 TMR 사양을 보급하고자 한다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

#### 1. 고급육 생산을 위한 한우용 TMR 사양체계 개발

가. 국내의 육우용 TMR 시스템 조사

나. 고급육 생산을 위한 사양단계별 TMR 개발 사양시험

다. 고급육 생산을 위한 사양단계별 TMR 개발 소화시험

라. 고급육 생산을 위한 최소비용 TMR 개발

마. 비육기 TMR 영양소 요구량 비교

#### 2. 저비용 한우용 TMR 사료 및 지침서 개발

가. TMR용 부존 원료 확보 및 사료영양 가치평가

나. 고급육 생산을 위한 적정 TMR 유형 개발

다. 고급육 생산을 위한 한우 TMR 사양관리체계 정립

## IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

### 1. 고급육 생산을 위한 한우용 TMR 사양체계 개발

#### 가. 국내의 육우용 TMR 시스템 조사

##### 1) 축산연구소

- ① 축산연구소에서 수행한 육우용 TMR 연구사례로서 생후 약 6개월령 (평균체중 147kg) 거세 한우를 27개월령까지 비육시켰다.
- ② 원료사료는 일반 단미사료 외에 미강, 맥주박, 버섯 부산물 등을 이용하였다.
- ③ 성장단계별 TMR 사료의 CP함량은 원물기준으로 육성기 10%, 비육전기·중기·후기 9%이고 TDN은 육성기 43%, 비육전기 45~47%, 비육중기 49~51%, 비육후기 57~58%이다.

##### 2) 장수축협

- ① 성장단계는 육성기 8~14개월령, 비육전기 15~20개월령, 비육후기 21~출하로 구분하였으며 출하체중은 600kg로 하였다.
- ② 육성기 8개월령에 거세를 실시한다.
- ③ 전반적으로 수분함량은 30~40%로 습TMR 형태이며, 조단백질 함량은 건물기준으로 육성기 16%, 비육전기 14%, 비육후기 12%이다.

##### 3) 일본 미야자끼현의 이시야마 육우조합

- ① 입식은 7~8개월령에 행하고 19개월간 비육을 행하여 800kg에서 출하
- ② TMR은 소주(잡곡주)농축액을 첨가하여 조사료와 농후사료의 분리가 일어나지 않도록 한다.
- ③ 10개월령의 소에서 12kg정도(건물 8kg)의 TMR을 섭취한다.

#### 나. 고급육 생산을 위한 성장단계별 TMR 개발 (사양시험)

- 1) 육성기 동안의 일당 증체량은 TMR구가 대조구보다 높은 경향이었으나, 건물 섭취량과 사료 요구율은 대조구가 TMR구보다 높았다. 비육중기 동안의 일당 증체량은 대조구가 TMR구보다 높은 경향을 보였으나 건물 섭취량과 사료 요구율은 TMR구가 대조구보다 높았다. 비육후기 동안의 일당 증체량은 대조구가 TMR구보다 11.8% 높았고 ( $p < 0.05$ ), 건물 섭취량은 대조구가 높았으나 사료 요구율은 TMR구가 높았다.
- 2) 전 시험기간 동안을 종합해 보면, 일당 증체량은 Control, T1, T2 및 T3구에서 각각 0.782, 0.777, 0.738 및 0.735kg로 대조구, T1구가 T2, T3구보다 높은 경향을 보였으며, 건물 섭취량은 대조구, T1구가 T2구, T3구보다 유의적으로 높았다 ( $p < 0.05$ ). 사료 요구율은 처리구간에 큰 차이가 없었다.
- 3) 도체중은 대조구, T1구가 T2구, T3구보다 높게 나타난 반면에 도체율은 T2구, T3구가 대조구, T1구보다 높은 경향을 보였다. 배최장근단면적은 Control, T1, T2 및 T3구에서 각각 87.23, 86.18, 85.77 및 83.94cm<sup>2</sup>로 대조구, T1구가 T2구, T3구보다 높은 경향을 보였다. 등지방두께는 T1구가 가장 높았고 대조구가 가장 낮았다. 근내지방도 (상강도)는 Control, T1, T2 및 T3구에서 각각 5.71, 5.29, 4.65 및 4.65로 대조구, T1구가 T2구, T3구보다 높은 경향을 보였다. 육색과 지방색은 각 처리구간에 큰 차이는 없었다. 육량 A 등급 출현율은 Control, T1, T2 및 T3구에서 각각 35.3, 17.6, 23.5 및 35.3%로 대조구, T3구가 T1구, T2구보다 높았고, 고급육 (1<sup>+</sup>와 1등급)출현율은 각각 82.3, 82.3, 58.8 및 70.6%로 대조구와 T1구가 가장 높았고 T2구가 가장 낮았다.
- 4) 등급판정에 의한 판매수입은 대조구, 시험구 1, 2, 3이 각각 719만원, 694만원, 666만원, 680만원으로 대조구가 육질이 우수하여 가장 높았으며, 육질이 낮은 시험구 2가 가장 낮았다. 소득(판매수입-사료비)은 대조구, 시험구 1, 2, 3이 각각 598만원, 575만원, 540만원, 548만원으로 대조구가 가장 많았으며, 시험구 2가 가장 적었다.

#### 다. 고급육생산을 위한 성장단계별 TMR 개발 (소화시험)

- 1) 반추위액의 pH는 성장단계에 관계없이 두 처리구간 큰 차이는 없었으나, 전반적으로 TMR구가 대조구보다 높은 경향이였다. NH<sub>3</sub>-N 농도는 전반적으로 TMR구가 대조구보다 높았는데, 특히 사료급여 후 3h와 6h에 TMR구가 대조구보다 유의적으로 높았다 ( $p < 0.01$ ). VFA 조성은 발육단계와 사료종류에 의해 영향을 받지 않았으나 A/P (Acetic acid per Propionic acid) ratio는 육성기에서 TMR구가 대조구보다 유의적으로 낮았다 ( $p < 0.01$ ).
- 2) 공시축에 시료를 급여한 후 3h 간격으로 위액을 채취하여 미생물의 군집 변화를 관찰한 결과, Total bacteria와 protozoa는 TMR구가 대조구보다 높았다. Total fungi는 육성기와 비육전기에서 TMR구가 대조구보다 낮았으나, 비육후기에서는 반대로 TMR구가 대조구보다 유의적으로 높았다 ( $p < 0.01$ ).
- 3) CMCase 활력은 두 처리구간에 통계적 차이는 없었으나 TMR구가 대조구보다 높은 경향을 나타내었다. Xylanase 활력은 전반적으로 TMR구가 대조구보다 높았는데, 특히 육성기에서는 유의적으로 증가하였고 ( $p < 0.01$ ), 비육후기에서도 사료급여 후 9h까지의 평균 효소 활력에 있어서 유의성이 있었다 ( $p < 0.05$ ). 그러나 proteolytic activity는 비육전기와 비육후기에 사료급여 후 3h, 6h 및 9h에 대조구가 TMR구보다 유의적으로 높았다 ( $p < 0.05$ ).
- 4) TMR을 급여시가 CR 급여시에 비하여 각 영양소 소화율이 높았고, 육성기에 실시한 소화시험 결과에 의하면 TMR구의 DM, CP, NDF 및 ADF 소화율은 대조구에 비하여 각각 8.8, 16.3, 16.9 및 18.7%씩 유의적으로 높았다. 비육전기에서는 TMR구가 대조구보다 조단백질 소화율이 26.7% 증가하였으나 ( $p < 0.01$ ) 비육후기에서는 조단백질 소화율이 오히려 20.2% 감소하였다 ( $p < 0.05$ ).

#### 라. 최소비용 TMR 개발

- 1) 일당증체량은 대조구, 시험구 1, 2가 각각 0.73, 0.73, 0.69kg으로 시험구 2가 가장 낮았다. 사료요구율은 대조구, 시험구 1, 2구가 각각 12.16, 14.12, 13.33으로 볏짚과 배합사료를 급여한 관행급여인 대조구가 가장 좋았다.
- 2) 도체중은 대조구, 시험구 1, 2가 각각 392.4, 390.6, 384.6kg으로 시험구 2가 가장 적었으며, 반면에 도체율은 대조구, 시험구 1, 2가 각각 60.9, 60.4, 61.0%로 시험구 2가 다소 높았다. 등지방 두께는 대조구, 시험구 1, 2가 각각 11.11, 11.50, 12.70mm으로 시험구 2가 두꺼웠다. 배최장근단면적의 경우 대조구, 시험구 1, 2가 각각 88.66, 86.83 및 84.19cm<sup>2</sup>로 대조구가 가장 넓었다. 근내지방도는 대조구, 시험구 1, 2가 각각 3.50, 3.61 및 4.78로 대조구가 낮았으며, 시험구 2가 가장 높았다. 육량등급에서 B 등급 이상 출현율은 대조구, 시험구 1, 2가 각각 88, 83 및 71%로 대조구가 가장 높았고 근내지방도가 좋은 시험구 2가 가장 낮았다. 육질판정 결과를 보면 1등급 이상 출현율은 대조구와 시험구 1, 2구가 각각 42%, 44%, 59%로 시험구 2가 가장 높았다.
- 3) 등급판정에 의한 판매수입은 대조구, 시험구 1, 2가 각각 662만원, 662만원, 665만원으로 처리구 간에 차이가 없었다. 소득(판매수입-사료비)은 대조구, 시험구 1, 2가 각각 621만원, 613만원, 622만원으로 큰 차이가 없었다.

#### 마. 비육기 TMR 영양소 요구량 비교

- 1) 일당증체량은 대조구, 시험구 1, 2가 각각 0.74, 0.68, 0.62kg으로 대조구가 가장 높았고, 한우 사양표준을 적용한 시험구 2가 가장 낮았다. 사료요구율은 대조구, 시험구 1, 2구가 각각 11.98, 13.24, 14.55로 볏짚과 배합사료를 급여한 관행급여인 대조구가 가장 좋았고 한우사양표준구인 시험구 2가 가장 낮았다.
- 2) 도체중은 대조구가 가장 적었으며, 시험구 2가 가장 적었다. 등지방은 대조구가 가장 두꺼웠고, 시험구 1이 가장 얇아 좋았다. 배최장근단면적의 경우 대조구가 84cm<sup>2</sup>로 가장 적었고 시험구 1이 87로 가장 넓었다. 근내지방도는



대조구, 시험구 1, 2가 각각 3.5, 4.6 및 3.7로 대조구가 가장 낮았고 시험구 1이 가장 좋았다. 육량등급에서 B 등급 이상 출현율은 대조구, 시험구 1, 2가 각각 73, 87 및 87%로 대조구가 가장 낮았다. 육질등급에서 1등급 이상 출현율은 대조구와 시험구 1, 2구가 각각 40%, 69%, 47%로 시험구 1이 가장 좋았지만 대조구, 시험구 2가 전반적으로 낮았다.

## 2. 저비용 한우용 TMR 사료 및 지침서 개발

### 가. TMR용 부존 원료 확보 및 사료영양 가치평가

#### 1) TMR용 부존 원료사료의 영양성분 분석

가) 건물기준으로 각 시료의 일반성분의 분석결과를 보면 조단백질 함량은 깻묵과 엿밥이 각각 53.19%와 41.46%로 가장 높았고, 그 다음으로는 맥주박 (22.94%), 보리박 (22.23%)이었다. 감귤박, 사과박, 대추박 등의 과일박류는 6.0~8.0% 정도로 낮았다. 조지방 함량은 커피박이 15.3%로 가장 높았고, NDF 함량은 영지박, 맥주박, 참나무숯 및 커피박이 80% 전후로 가장 높았으며, ADF 함량은 참나무숯과 영지박이 각각 74.41%와 66.31%로 가장 높았다. TDN는 주정박, 깻묵, 맥아피 및 감귤박이 80% 전후로 가장 높았고, 참나무숯과 영지박이 30% 이하로 가장 낮았다.

나) 광물질 분석결과를 보면 Ca 함량은 깻묵이 3.78%로 가장 높았고 P 함량은 깻묵이 1.20%로 가장 높았으며, Na 함량은 주정박이 가장 높았고, K 함량은 감귤박, 사과박, 깻묵, 맥아피 등이 가장 높았다. Mg 함량은 사과박, 감귤박, 맥주박, 보리박, 커피박, 엿밥, 루핀피 및 맥아피 등이 0.1~0.21%의 수준이었고, Cu 함량은 깻묵과 커피박이 가장 높았고, 갈갈박, 대추박 및 루핀피를 제외하고 기타 부산물은 6.00~14.87ppm를 함유하고 있었다. 중금속 중 Cr, Hg, Pb 등의 함량은 모두 미량으로 안정한 수

준이었으나 원료에 따라 Cd 함량이 높은 경우도 있었다.

다) 아미노산의 조성을 보면 Lysine의 함량은 주정박과 맥주박이 가장 높았고, 엿밥, 루핀피, 맥아피 및 깻묵 등도 높은 편이었다. 총 아미노산 함량은 엿밥과 깻묵이 각각 44.92와 43.49%로 가장 높았다.

## 2) TMR용 원료사료의 영양소 소실을 측정

가) 주정박, 루핀피 및 맥아피의 DM 소실율은 가장 높았고, 커피박과 참나무숯은 가장 낮았다. 그리고 주정박, 맥아피, 참나무숯 및 커피박은 발효시간의 경과에 따라 DM 소실율은 24h까지 급속히 증가하였고 48h에 최고점(peak)에 도달하였다. 반면에 맥주박, 영지박, 루핀피 및 깻묵은 반추위내에서 48h 동안 발효한 후에도 계속 분해되어지고 있는 것을 알 수 있다.

나) "a" 값 (빨리 분해되는 부분)은 참나무숯과 주정박은 각각 37.95%와 37.41%로 가장 높았고, "b" 값 (천천히 분해되는 부분)은 루핀피와 맥주박이 각각 69.3%와 67.31%로 가장 높았다. ED값은 주정박이 71.17%로 가장 높았고, 그 다음은 맥아피, 참나무숯, 루핀피 및 커피박 등이 40%정도 이었으며, 영지박이 12.99%로 가장 낮았다.

## 3) TMR용 원료사료의 저장성 검사

가) 사료의 외관상 변화를 기초로 보면 20℃에서 과일박은 개봉하면 감귤박이 3일 미만, 사과박이 3일, 대추박이 6일, 그리고 밀봉하면 감귤박이 3일, 사과박이 9일, 대추박이 12일 정도가 적당한 저장 기간이었다. 30℃에서는 개봉하면 감귤박과 사과박이 3일 미만, 대추박이 6일, 그리고 밀봉하면 감귤박이 3일, 사과박이 3일 미만, 대추박이 6일 정도가 적당하였다. 한편 개봉상태보다는 밀봉상태의 시료 저장이 보다 더 양호하였다.

나) 20℃나 30℃에서 저장시 과일박 시료 내 pH는 각각 평균 3.38 과 3.37로 저장 온도에 의한 영향은 크지 않았다. 반면에 저장 기간이 길어질수록 pH 값은 감소되는 경향을 보였고, 개봉상태 보다는 밀봉상태의 pH가 더 높았다.

다) 전반적으로 저장 상태에 상관없이 과일박 내의 암모니아 발생량은 저장 기간이 길어질수록 증가하는 경향을 보였다. 과일박 원료별로는 전 저장기간 동안 사과박에서 가장 높았으며 저장 초기는 감귤박 (특히 20℃에서 0-3일) 그리고 후기에는 (특히 30℃에서 15-20일) 대추박에서 가장 낮았다. 한편 개봉상태 보다는 밀봉상태에서 암모니아 농도가 더 높았다.

라) 저장용기에 과일박 원료의 내부온도는 저장 온도와 비례해서 증가하였다. 전반적으로 저장기간 9일 이후부터는 20℃에서는 내부온도가 대추박이 가장 높았고 감귤박이 가장 낮았으며, 반면에 30℃에서는 사과박이 가장 높았고 대추박이 가장 낮은 경향을 보였다. 저장 상태별로는 20℃에서는 다양한 내부온도를 보였으나 30℃에서는 6일 이후부터 개봉상태의 내부온도가 밀봉상태 보다 지속적으로 높았다.

#### 나. 고급육 생산을 위한 적정 TMR 유형 개발

##### 1) TMR 유형별 제조

가) 수분함량 30% 및 40%인 TMR의 건물함량은 각각 68.2% 및 61.7%였다. 수분함량 30%와 40%의 TMR사료 모두 저장기간이 경과함에 따라 개봉 저장시 DM함량이 증가하였으나 밀봉 및 CO<sub>2</sub> 충전 후 밀봉저장의 경우는 DM함량은 변화하지 않았다. 그리고 사료중 효모제의 첨가는 DM 함량에 영향을 주지 않았다.

나) 저장기간이 경과함에 따라 pH가 현저히 감소하였으며, 수분함량 40%

TMR이 30% TMR보다 pH가 다소 낮은 경향이였다. 그러나 개봉, 밀봉 그리고 CO<sub>2</sub> 충전 후 밀봉간에는 차이가 없었다.

다) 저장기간의 경과에 따른 TMR사료의 내부온도는 개봉 저장시 저장 후 5 일째 온도 급격히 상승하다가 급격히 떨어지면서 서서히 환경온도와 일치하게 변화하였으나 밀봉 혹은 CO<sub>2</sub>충진 후 밀봉저장에서는 저장기간 중 크게 변하지 않았다.

개봉저장시 수분함량 40%과 30%의 TMR사료를 보면 발효온도는 수분함량 40%의 TMR사료가 수분함량 30%과 비해 높은 것으로 나타나고 또 효모제 첨가와 무첨가사료를 비해 첨가한 사료의 발효온도가 높은 것으로 나타났다.

라) 저장기간의 경과에 따라 TMR사료내 NH<sub>3</sub>-N농도는 현저히 증가하였다. 그러나 밀봉과 CO<sub>2</sub>충진 후 저장한 사료간에 큰 차이는 없었다.

마) TMR사료의 acetic acid의 농도변화를 보면 저장기간의 경과에 따라 현저히 증가하였다. 수분함량 30%과 40% TMR 사료를 보면 밀봉과 CO<sub>2</sub>충진 후 밀봉저장에서 수분함량 40% TMR는 수분함량 30% TMR과 비하여 Acetic acid 농도가 높은 것으로 나타났다.

## 2) TMR 유형별 소화시험

가) 반추위액의 pH는 전반적으로 습TMR구와 발효TMR구가 건TMR구보다 높았다. 특히 사료 섭취 후 3h에서 습TMR구와 발효TMR구가 건TMR구보다 유의적으로 pH가 높았고 ( $p < 0.01$ ), 6h에서는 발효TMR구만 건TMR구보다 유의적으로 pH가 높았다 ( $p < 0.05$ ). NH<sub>3</sub>-N 농도는 사료급여 전 (0h)에 처리구들간 통계적 차이가 없었으나, 사료급여 후 3h, 6h 및 9h에는 습TMR구와 발효TMR구가 건TMR구보다 유의적으로 높았다 ( $p < 0.05$ ). 실험기간 동안의 평균 NH<sub>3</sub>-N 농도는 습TMR구와 발효TMR구가 건TMR구보다 높았다 ( $p < 0.05$ ).

나) 전반적으로 acetic acid 생성량은 발효TMR구가 건TMR구나 습TMR구보다 높은 경향을 보였으며, 특히 사료섭취 후 9h내의 평균 생성량은 유의적으로 높았다 ( $p < 0.05$ ). 그러나 propionic acid는 건TMR구와 습TMR구가 발효TMR구보다 유의적으로 높았다. 한편 총 VFA는 건TMR구에 비해 습TMR구나 발효TMR구가 높은 경향을 보였고, A/P ratio는 습TMR구가 건TMR구나 발효TMR구보다 유의적으로 높았다 ( $p < 0.01$ ).

다) CMCase와 xylanase의 역가는 전반적으로 습TMR구와 발효TMR구가 건TMR구보다 높은 경향을 보였고, 특히 사료급여 후 6h 후에 습TMR구와 발효TMR구가 건TMR구보다 유의적으로 높았다. 한편 proteolytic activity는 습TMR구와 발효TMR구가 건TMR구보다 높은 경향을 나타냈었고, 사료섭취 후 9h 후의 평균 역가도 습TMR구와 발효TMR구가 건TMR구보다 유의적으로 높았다 ( $p < 0.05$ ).

라) 각 영양소의 전장 소화율은 전반적으로 습TMR구와 발효TMR구가 건TMR구보다 유의적으로 높았다. 따라서 본 대사실험의 결과들을 종합해 보면 보다 안정적이고 활발한 반추위 발효과정과 영양소 이용효율 측면에서 건TMR보다 습TMR이나 발효TMR이 우수한 것으로 요약할 수 있다.

### 3) TMR 유형별 사양시험

가) 총 증체량과 일당 증체량은 각 처리구간에 통계적 차이는 발견되지 않았지만 습TMR구가 건TMR구보다 높은 경향을 나타냈다. 그리고 건물 섭취량도 역시 습TMR구에서 높았고, 사료 요구율은 습TMR구가 건TMR구보다 낮았다.

나) 육량 A 등급 출현율은 건TMR구, 습TMR구 및 발효TMR구에서 각각 50, 50 및 16.7%이었고, 고급육 출현율은 각각 16.7, 66.7 및 66.7%이었다.

### 다. 고급육 생산을 위한 한우 TMR 사양관리체계 정립

본 과제에서 도출된 각종 연구결과와 국내외 자료 및 일반농가의 실정을 파악하여 국내에 도입가능한 한우용 TMR 급여지침서를 개발하였다. 이 지침서에는 TMR 원료 및 제조방법과 함께 국내외 비육우 TMR 연구사례, TMR 배합프로그램 활용방법 등을 소개하여 농가에서 TMR을 적용할 수 있도록 하였다. 이 외에도 영양소 요구량 설정, 비육밀소의 선발, 출하적기 판정, 초음파 기술의 활용, 보리 급여 및 비타민 조절 방법 등을 포함하여 한우 고급육 생산 기술을 종합적으로 다루는 지침서를 제작하였다.

### 3. 연구개발결과 활용에 대한 건의

- 가. 한우 TMR 생산 조합 및 영농조합법인, 사료공장에 대한 TMR 사양에 의한 한우 사양성적(증체량, 사료요구율), 등급판정(육량, 육질) 관련 기술 자료 및 실증 자료 홍보
- 나. 기존 관행법과 성장단계별 TMR 사양이 한우의 증체량, 사료 효율, 경제성에 미치는 영향에 관한 실증자료 교육 홍보
- 다. 농가부산물을 활용한 한우 거세우 고급육 생산용 경제적 TMR 개발 적용
- 라. 고급육 생산을 위한 최적 한우용 TMR에 대한 지침서 농가보급 교육

# SUMMARY

## I. Title

**The Development of TMR feeding system for fattening Hanwoo**

## II. Objectives and Importance of the Study

Although performance of Korean native cattle (Hanwoo) is going up continuously due to genetic improvement, lack of good quality roughage and inadequate feeding management have a difficulty in appearing their high genetic ability sufficiently. In general, feeding with high levels of concentrate is a way to solve energy deficiency owing to insufficient feed intake. However, concentrate-centered feeding causes metabolic disorder like dyspepsia and acidosis, and reduction of intake which affect to weight gain at late fattening period and marbling. Moreover, insufficient intake of roughage during growing period hinders cattle in making a fine physique and developing rumen, which have difficulty in long-term fattening that is necessary for high-quality meat product.

As Korea imports most materials for feed-stuffs, the development of native non-conventional feed resource with high nutritive value and utilization them as TMR ingredients make feed-cost reduce and farming income increase. Agricultural by-products, especially fruit by-products (e.g. apple, peach, citrus) which are rich in glucose and fiber and grain by-products (e.g. brewers grain, soybean curd cake) are common in Korea. If they are used as TMR ingredient, factories don't need to pay for wastes treatment and farms can reduce feed cost. That can increase both price competitiveness of Hanwoo and farm income.

Developing TMR feeding system for Hanwoo cattle that is suitable for Korean condition will make quantity and quality of Hanwoo beef increase and

make a great contribution to the growth of Korean cattle industry.

Therefore the aim of this study is 1) to develop TMR feeding system for producing high-quality meat in Hanwoo, 2) to develop low-cost TMR feed for Hanwoo, and 3) to make out a guidebook for fattening Hanwoo with TMR.

### III. Contents and Scope of the Study

#### 1. Development of TMR feeding system for producing high-quality meat in Hanwoo

*A. Survey of beef cattle TMR system at home and abroad*

*B. Development of TMR suitable for growth stage (feeding trial)*

*C. Development of TMR suitable for growth stage (digestion trial)*

*D. Development of minimum-cost TMR for producing high-quality meat in Hanwoo*

*E. Comparison of different nutrient levels of TMR in fattening Hanwoo steers*

#### 2. Development of low-cost TMR feed and guidebook for Hanwoo

*A. Nutritive value of non-convention feed resources as TMR ingredients for Hanwoo*

*B. Development of TMR types for producing high-quality meat in Hanwoo*



*C. Construction of TMR feeding system for producing high-quality meat in Hanwoo*

## IV. Results

### 1. Development of TMR feeding system for producing high-quality meat in Hanwoo

#### *A. Survey of beef cattle TMR system at home and abroad*

1) Korean National Livestock Research Institute

- ① Hanwoo steers with 6 months old (body weight 147kg) are finished until 27 months old.
- ② Rice bran, brewers grain and mushroom residue besides general single ingredients are used as TMR ingredients.
- ③ CP contents (as-fed basis) of TMR are 10% at growing period and 9% at early · mid · late fattening period. TDN contents of TMR are 43% at growing period, 45~47% at early fattening period, 49~51% at mid fattening period and 57~58% at late fattening period.

2) Jangsoo Livestock Cooperatives Federation

- ① Growing stages are divided into three periods; growing period 8~14 months old, fattening period 15~20 months old, and finishing period 21~shipping. Body weight for shipping is 620kg.
- ② Calf is castrated at 8 months old.
- ③ Generally moisture content of TMR is 30~40%, which is a type of wet TMR. CP contents (DM basis) of TMR are 16% at growing period, 14% at fattening period and 12% at finishing period.

3) Beef cattle federation in Japan Miyazaki prefecture

- ① Steers with 7~8 months old (body weight 147kg) are finished until 19 months old. Body weight for shipping is 800kg.
- ② Soybean curd cake, sorghum silage, rice bran and wheat bran besides general single ingredients are used as TMR ingredients.
- ③ Steers at 10 months old intake 12kg of TMR (DM 8kg)

***B. Development of TMR suitable for growth stage (feeding trial)***

- 1) Feeding TMR tended to increase the daily gain and decrease the dry matter intake and feed conversion compared to control during growing period. However During the rest period, the trend was opposite with higher daily gain in CR feeding.
- 2) Daily gain during the total experimental period for control, T1, T2 and T3 group was 0.782, 0.777, 0.735 and 0.738kg, respectively. With control or T1 diet being significantly higher ( $P<0.05$ ) in dry matter intake compared with T2 and T3.
- 3) Feeding control or T1 diet tended to increase the carcass weight but decrease the dressing percentage. Rib-eye area of control, T1, T2 and T3 group was 87.23, 86.18, 85.77 and 83.94cm<sup>2</sup>, respectively. Highest Back fat thickness was observed in T1 group and lowest back fat thickness was observed in control. Marbling score of control, T1, T2 and T3 group was 5.71, 5.29, 4.65 and 4.65, respectively.
- 4) Percentage Carcass with 'A' meat quantity of control, T1, T2 and T3 group was 35.3, 17.6, 23.5 and 35.3%, respectively. However, percentage of high quality meat of control, T1, T2 and T3 group was 82.3, 82.3, 58.8

and 70.6%, respectively.

### ***C. Development of TMR suitable for growth stage (digestion trial)***

- 1) Generally, *in vivo* digestibility was higher in TMR compared with CR. During growing period, dry matter(DM), crude protein(CP), NDF and ADF digestibility were higher by 8.8, 16.3, 16.9 and 18.7%, respectively in TMR compared with CR. In addition, CP digestibility of TMR was higher by 26.7% during fattening period ( $P<0.01$ ), but lower during finishing period ( $P<0.05$ ).
- 2) Ruminal pH was not different between treatments. TMR feeding tended to increase  $\text{NH}_3\text{-N}$  concentration after feeding, especially after 3h and 6h post-feeding ( $P<0.01$ ). TMR feeding did not affect total VFA, acetate and propionate production, but decreased A/P ratio during growing period ( $P<0.01$ ).
- 3) TMR feeding tended to increase the number of bacteria and protozoa in the rumen fluid. However, TMR feeding tended to decrease the number of fungi during growing and fattening period, but increased the number of fungi during finishing period ( $P<0.01$ ).
- 4) TMR feeding did not affected CMCase activity, but tended to increase xylanase activity, especially during growing period ( $P<0.01$ ) and after 9h feeding during finishing period( $P<0.05$ ).

### ***D. Development of minimum-cost TMR for producing high-quality meat in Hanwoo***

- 1) Daily gain during the total experimental period for control, T1 and T2 group was 0.73, 0.73 and 0.69, respectively. Feed conversion for control, T1 and T2 group was 12.16, 14.12 and 13.33, respectively.
- 2) Feeding control or T1 diet tended to increase the carcass weight but decrease the dressing percentage. Rib-eye area of control, T1 and T2 group was 88.66, 86.83 and 84.19cm<sup>2</sup>, respectively. Highest back fat thickness was observed in T2 group and lowest back fat thickness was observed in control. Marbling score of control, T1 and T2 was 3.50, 3.61 and 4.78, respectively.
- 3) Percentage carcass above 'B' meat quantity of control, T1 and T2 group was 88, 83 and 71%, respectively. However, percentage of high quality meat of control, T1 and T2 group was 42, 44 and 59%, respectively.
- 4) Selling price of control, T1 and T2 group was 6620000, 6620000 and 6650000won, respectively. Income of control, T1 and T2 group was 6210000, 6130000 and 6220000won, respectively.

***E. Comparison of different nutrient levels of TMR in fattening Hanwoo steers***

- 1) Daily gain for control, T1 and T2 group was 0.74, 0.68 and 0.62, respectively. Feed conversion for control, T1 and T2 group was 11.98, 13.24 and 14.55, respectively.
- 2) Highest carcass weight, back fat thickness and lowest rib-eye area were observed in control group. Lowest back fat thickness and highest rib-eye area were observed in T1 group. Marbling score of control, T1 and T2 group was 3.5, 4.6 and 3.7, respectively.

- 3) Percentage carcass above 'B' meat quantity of control, T1 and T2 group was 73, 87 and 87%, respectively. However, percentage of high quality meat of control, T1 and T2 group was 40, 69 and 47%, respectively.

## 2. Development of low-cost TMR feed and guidebook for Hanwoo

### *A. Nutritive value of non-convention feed resources as TMR ingredients for Hanwoo*

#### 1) Nutritive value of non-convention feed resources as TMR ingredients

- ① Sesame oil meal, taffee dregs had the highest protein contents (40% CP), followed by brewers grain and barley hull (23% CP), and citrus meal, apple pomace and jujube hull which had the lowest crude protein content, ranging from 6 to 8%. EE content was the highest for coffee hull (15.3%), and sesame oil meal and taffee dregs had 12%. Ganoderma lucidum waste, brewers grain, quercus charcoal, and coffee hull contained relative high NDF (80%), but distillers grain had lower NDF (12.06%). Agricultural by-products contained high TDN (>70%) were distillers grain, sesame oil meal, malt hull and citrus meal and those having low TDN (<30%) were quercus charcoal and ganoderma lucidum waste.
- ② Total amino acid content was highest for taffee dregs (around 45%) and followed by brewers grain and distillers grains (20%). Citrus meal, apple pomace and jujube hull contained lowest amino acid ranging from 3.0 to 6.0%. The agricultural by-products did not contain detectable levels of chromium, mercury, lead and cadmium.

2) *In situ* DM disappearance of non-convention feed resources as TMR ingredients

- ① According to results of nylon bag studies agricultural by-products showed variable disappearance characteristics, which is well depicted by variances in disappearance parameters among by-products. Distillers grain was the most degradable in the rumen (70%) with malt hull, quercus charcoal, rapin hull and coffee hull being moderate (40%) and ganoderma lucidum waste the lowest (13%).

3) Effects of storage condition on physical and chemical characteristics of wet fruit pulp

- ① According to general appearances the proper storage periods at 20°C were less than 3 days for citrus meal, 3 days for apple pomace and 6 days for jujube hull under open condition, but the proper period tended to be longer when stored in closed condition. The proper storage periods was less than 3 days for citrus meal and apple pomace, and 6 days for jujube hull in open condition without too much differences in closed system.
- ② The average pH values during whole storage period were 3.38 and 3.37 at 20°C and 30°C, which were essentially the same. Sample pH tended to decrease with increasing storage period, and higher in closed condition compared with open condition.
- ③ It appears that ammonia production in fruit pulps increased with increasing storage period regardless of storage condition (open or closed). The ammonia production was highest in apple pomace during whole storage period regardless of temperature, but lowest in citrus meal at 20°C (0-3d) and lowest in jujube hull at 30°C (15-20 d). In

addition the ammonia production was higher in closed condition compared with open condition.

- ④ The inside temperature in fruit pulps was linearly increased with storage temperature. It appears that the temperature was highest in jujube hull and lowest in citrus meal at 20°C, but the temperature was highest in apple pomace and lowest jujube hull at 30°C after 9 days storage. In addition the temperature was constantly higher in open condition compared with closed condition at 30°C, but the temperature was varied at 20°C.

### ***B. Development of TMR types for producing high-quality meat in Hanwoo***

1) Effects of types of TMR on rumen fermentation characteristics, and nutrients digestibility in sheep

- ① pH, NH<sub>3</sub>-N, total and individual VFA, A/P ratio and enzymes (CMCase, Xylanase and Proteolytic activity) activity in the rumen were higher in WTMR and FTMR compared with DTMR.
- ② In addition, dry matter, organic matter, crude protein, ether extract, NDF and ADF digestibility in the total tract were also higher in WTMR and FTMR compared with DTMR.

2) Effects of types of TMR on carcass grade of Hanwoo steers

- ① Daily gain and dry matter intake were higher in WTMR compared with DTMR, but feed conversion were lower.
- ② Carcass rate in WTMR was lower than DTMR and FTMR (p<0.01).

- ③ Appearance percentage of 'A' ranked meat quantity in DTMR, WTMR, and FTMR were 50, 50, and 16.7%, respectively. However, appearance percentage of high quality meat in DTMR, WTMR, and FTMR were 16.7, 66.7, and 66.7%, respectively.

***C. Construction of TMR feeding system for producing high-quality meat in Hanwoo***

TMR feeding guidebook for Hanwoo was developed by integrating results of this study, TMR data for beef at home and abroad. This guidebook introduces ingredients, manufacturing method, mixing program and instances of TMR for beef. In addition, it includes nutrients requirement, calf selection for fattening, finding opportune period for shipment, utilization of supersonic wave, barley feeding and regulation of vitamin feeding.



# CONTENTS

Chapter 1. Introduction .....	26
Chapter 2. Trends of the Study .....	28
Chapter 3. Contents and Results of the Study .....	32
1. Development of TMR feeding system for producing high-quality meat in Hanwoo .....	32
2. Development of low-cost TMR feed and guidebook for Hanwoo .....	125
Chapter 4. Achievement of the Study and its Contribution .....	167
Chapter 5. Application .....	169
Chapter 6. Related information .....	170
Chapter 7. References .....	190

## 목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요 .....	26
제 2 장	국내외 기술개발 현황 .....	28
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과 .....	32
제1절	고급육 생산을 위한 한우용 TMR 사양체계 개발 .....	32
제2절	저비용 한우용 TMR 사료 및 지침서 개발 .....	125
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	167
제 5 장	연구개발결과의 활용계획 .....	169
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	170
제 7 장	참고문헌 .....	190

## 제 1 장 연구개발과제의 개요

유전 개량에 의해 우리나라 한우의 능력은 계속 높아지고 있는 추세이나 현실적으로 양질의 조사료 부족과 사양관리 기술의 미흡으로 이러한 높은 유전능력을 충분히 발휘시키지 못하고 있는 실정이다. 가장 큰 문제는 섭취량 부족에 의한 에너지 결핍 문제를 대개의 경우 고평후사료 급여로 해결하려는 데 있다. 이와 같이 조사료가 부족하여 배합사료 위주로 사육하다 보니 소화장애, 산 중독증 등과 같은 대사성 질병 다발 및 사료섭취량 감소로 비육말기 증체, 비육 Marbling 문제, 생산비 증가 등의 문제가 초래된다. 현재 우리나라 생애에서는 충분한 조사료 생산이 어렵다. 지가 및 인건비가 높고, 조사료 생산규모가 영세하고 기계화가 안되어 조사료 생산비가 높아 농가에서도 자급조사료를 생산하여 이용하는 것보다는 손쉽게 볏짚 및 수입조사료를 구매하여 사용하려는 의식이 팽배하다보니 배합사료 위주로 급여하게 된다.

이러한 문제를 해결하기에 현실적으로 가장 적합한 방안이 TMR의 급여이다. TMR은 조사료와 농후사료, 첨가제 등을 한꺼번에 혼합하여 급여하는 방법으로 소의 체유지, 증체, 비육 및 번식 등을 고려하여 영양소 요구량을 충족시키므로 경제수명이 늘어나고 생산성이 향상된다. TMR 급여는 반추위 발효를 안정화시키며 기호성이 좋아 사료섭취량이 증가하고 소화율도 높다. 그리고 기계화, 자동화, 노동시간의 단축, 번식효율 향상, 원료사료의 다변화(특히, 기호성이 낮거나, 보존성에 문제가 있는 부존사료의 이용), 품질관리의 일관성 등 반추영양·생리적인 측면 뿐만 아니라 생산적인 측면에서도 여러 가지 장점을 가지고 있다.

최근 육류의 완전수입개방으로 우리나라의 한우산업이 기로에 있다. 주요 수출국에 비해 한우육 가격이 3~4배 인 것 뿐만 아니라 사료공급상 구조적 문제가 있다. 조사료가 부족하다보니 조사료를 수입하여 급여하는 비용이 한우육의 생산가격을 상승시키고 있으며 육성기에 조사료를 충분치 섭취하지 못하면 한우의 체격과 장기의 발달도 충분치 못해 고급육 생산에 필수적인 장기 비육이 어렵게 된다. 현재 우리나라 생애에서는 충분한 조사료 생산이 불가능하므로 한국형 TMR로서 이러한 문제를 해결하여야 할 것이다. 즉, 사료의 원료를 대부분 수입에 의존하고 있으므로 사료적 가치가 높은 국내 부존 사료자원을 개발하고 이를 TMR 원료로써의 이용을 높이고 이용체계를 구축하여 원료의 수입대체 및 원가절감을 기대할 수 있

을 것이다. 따라서 TMR은 노동력을 절감시켜 생산성을 향상시키며 사료의 이용효율을 증가시키는 저비용 고품질 사양으로 한우의 국제 경쟁력을 높일 수 있다.

농산부산물 중 특히 가공 부산물 중에는 사과, 복숭아, 감귤 등 당과 섬유성이 풍부한 과일 가공 부산물과 비지, 맥주박 등의 곡류 가공부산물이 우리나라 가공산업의 발달과 함께 생산되고 있는데, 이러한 가공 부산물들은 수분함량이 높고 부패가 쉽게 일어나는 특성을 갖고 있어 그대로 버려질 때 주변환경에 미치는 오염정도가 심각하므로 이러한 가공부산물들에 대한 처리가 필요한데, 이 때 폐기물로써의 처리비용이 너무 많이 소요된다. 그렇지만 이들 가공부산물을 TMR 원료사료로 이용한다면 공장에서는 폐기물 처리비용이 줄어들고 농가에서는 사료비를 절감할 수 있어 한우의 가격경쟁력을 높이고 농가소득을 향상시킬 수 있을 것이다. 그러나 국내에서 생산되고 있는 원료들은 곡류를 비롯하여 각종 부산물 중심의 박류 및 사료용 부존자원 등이 생산되고 있으나 생산량의 부족과 품질 또는 가격상의 문제로 그 이용성이 매우 낮다. 따라서 부존자원의 이용현황을 세밀히 파악하여 가치가 있는 사료자원이 있다면 새로운 TMR용 원료로써 적극적으로 활용하여 사료가격을 최소화시켜야 할 것이다. 또한 사료적 가치가 높은 부존 사료자원의 이용성 증진방법과 이용체계를 구축하여야 할 것이다.

앞으로 우리 실정에 맞으면서 고급육을 생산할 수 있는 한우용 TMR 사양시스템을 개발하면 생존의 기로에 있는 한우산업 발전에 이바지할 것으로 기대된다. 젖소의 경우를 보면 TMR이 관행 분리사양에 비해 사료영양적, 경제적, 관리적인 면에서 다양한 장점을 지니고 있다는 것은 이미 잘 알려져 있다. 한우의 경우도 젖소와 마찬가지로 적절한 TMR이 개발되면 한우의 생산성이나 한우육의 질면에서 획기적인 향상이 기대되고 있으나 국내에서 한우에 대한 TMR 연구는 거의 전무하며 이미 육우에 대한 TMR 급여가 보급된 일본의 사례를 따르고 있는 게 현실이다.

따라서 본 연구의 목표는 1) 고급육 생산을 위한 한우용 TMR 사양체계 개발과 2) 저비용 한우용 TMR 사료 개발 3) 지킴서 작성 등을 통하여 한우의 성장단계에 적합한 TMR과 적정 TMR 유형을 개발하며 농가에 한우의 TMR 사양을 보급하고자 한다.

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 1. 국내 기술 현황

1980년 초에 TMR 개념이 최초로 국내에 소개되었고, 그리고 1984년에 안성의 성원목장에서 최초로 도입한 것으로 나타났다. 이 후에 일부 기업목장을 중심으로 보급되기 시작하였지만 본격적으로 TMR이 도입되기 시작한 시기는 90년대 초반부터로 추정된다 (하 등, 1999). 처음 TMR의 도입은 대규모 낙농가를 중심으로 시도되었는데, TMR에 대한 관심이 높아지면서 중소규모 낙농가에서도 TMR 시스템을 도입 이용하고 있을 뿐만 아니라 현재 한우비육 농가에서도 TMR에 대해 관심이 점차 높아지고 있는 실정이다.

TMR은 소에게 급여할 모든 사료를 혼합하여 하나로 만든 사료로 국내에서는 완전 혼합사료 또는 TMR로 부르다가 지난 2001년 개정된 사료관리법에서 반추가축용 섬유질 배합사료라고 정의하였다. 국내 TMR 이용형태는 자가 TMR 농가와 구입 TMR 이용농가로 크게 나눌 수 있고, 또한 이들 농가를 완전 TMR 이용농가와 부분 TMR 이용농가로 나눌 수 있다. TMR이란 용어 자체는 더 이상의 사료를 필요로 하지 않는 사료임에도 불구하고 국내에서는 TMR을 조사료 부족을 보충하기 위한 수단으로 이용하는 농가도 많이 있다 (채 등, 1994; 이, 1995).

우리 나라 TMR 관련 생산업체는 섬유질 사료공장과 발효사료 공장의 형태로 운영되고 있는데 2002년 6월 현재 총 123개의 TMR 공장이 있으며 이 중 섬유질 사료공장은 71개이고, 발효사료 공장은 52개이다. 생산 현황은 하루에 약 2864톤으로 연간 약 105만톤 정도를 생산할 수 있는 규모로 성장한 상태이다. 지역별 분포를 보면 경기도가 총 생산규모의 32.6%를 차지하고 있으며, 그 다음으로 충남 17.2%, 전북 14.4%를 차지하고 있다 (김, 2002).

이와 같이 TMR이용이 주로 낙농에서만 사용되는 급여체계로 인식되어 오던 것이, IMF 위기이후 사료비의 급상승으로 인해 홍역을 치른 육우농가에서도 사료비절감 차원에서 농산가공부산물을 중심으로 한 유기성 부존자원을 원물 상태로 급여하거나, 고온발효기에 여러 가지 원료를 투입하여 발효시킨 후 번식 및 비육우사료의 일부분을 대체하는 형식으로 급여하다가, 최근에는 거세우를 대상으로 하는 고급육

생산 프로그램에 도입하기 시작하는 단계에 이르고 있다.

정부에서도 사료비 생산원가 절감을 지원하기 위해 다음과 같은 TMR 관련 정책을 시행하고 있다.

1) TMR 제조시설 지원 : 농후사료와 조사료의 분리급여에 따른 양축농가의 노동력 부족해소와 반추가축의 생산성 향상 및 사료비 부담 경감을 목적으로 축협, 영농조합법인, 협업체 등 생산단체와 양축농가 등에 TMR 제조시설 설치비를 지원하였다.

2) 자가배합사료 제조시설 및 장비지원 : 농산부산물 및 식품부산물 등 부존자원과 폐자원을 유희노동력을 이용하여 자가배합사료 생산에 필요한 혼합기·분쇄기 등 장비와 제조시설을 '98년이후 총 171개소에 233억원을 지원하였다.

3) 농가 자가배합사료의 원료공급 : 배합사료 제조업체에만 공급하던 옥수수 등 양허관세·할당관세 적용품목을 농가의 자가배합용(섬유질가공사료 제조원료용 포함) 사료원료로도 공급 가능하도록 수입사료 사후관리요령을 개정('98.2)하였고, 수입되는 옥수수, 보리, 밀 등은 타 용도로 전용방지를 위하여 어분, 석회석 등을 혼합 유통토록 하였다.

4) 반추동물용 TMR 사료 제조업 시설기준 마련 : 현행 배합사료의 종류에 반추동물용 TMR 사료 제조업의 시설기준 신설, TMR 사료는 사료공정규격 제 18조(농림부고시 제 2000-68호)의 규정에 의하여 단미사료 5개 품목(곡류, 강피류, 당밀, 식품가공부산물)만을 혼합하도록 제한하였다.

학계를 비롯한 연구기관에서는 TMR 사료에 대한 정확한 이해를 돕기 위해 많은 연구와 기술 보급을 하고 있다. 서울대학교 반추영양생리학실은 현장애로기술과제로 1996~1997(2년간) “젓소용 TMR 사료개발 및 적정 이용방법 설정에 관한 연구”를 수행하여 낙농가들에게 기술을 보급하였을 뿐만 아니라 2000년 3월에 “TMR 연구회”를 발족시켜 낙농가들에 대한 TMR 기술 보급을 계속하고 있다. 현재 “한우 비육용 TMR 사양시스템 개발” 연구를 수행하고 있으며 한우용 TMR 지침서를 개발하여 보급하려고 한다. 농촌진흥청 축산연구소에서도 한우 고급육 생산을 위한 TMR 연구가 많이 이루어졌다. 농산가공부산물 위주 TMR 사료의 한우 이용방안, 거세한우 TMR 급여체계 및 사료배합프로그램, TMR 이용을 위한 사료성분표 검색방법 그리고 원료사료의 안전성 확보 방안까지 제시하였다.

## 2. 국외 기술 현황

### 가. 일본

TMR 기술이 개발된 지 20년이 지난 지금 일본의 TMR 시스템 보급율과 이용 현황을 보면 농가의 사육규모가 증가함에 따라 TMR 도입율도 증가하였으며, 홋카이도에서는 75-99두, 그 외 지역에서는 50-74두의 규모부터 TMR 도입율이 상승하기 시작하였다. 현재 일본에서 150두 이상 규모의 농장에서는 82%이상 TMR을 이용하고 있는 실정이다.

현재의 비육은 급여사료중의 조사료와 농후사료의 비율을 고려하고 더 나아가 농후사료의 에너지와 단백질 함량만이 아니라 사료전체의 섬유소 함량이나 전분함량도 중시되고 있으며, 또, 사료섭취량과 발육패턴 등도 육질에 영향을 주기 때문에 중요시되고 있다. 이에 따라 급여사료중의 조사료, 농후사료를 혼합한 TMR(Total Mixed Ration) 급여체계도 도입되기 시작했다. 지역에 따라서 공동설비로 TMR 사료를 제조하고, 사료를 공동으로 사용하는 방법으로 화우 암소, 거세우의 육질 등급, 지육단가, 지육가격 성적이 향상되는 경우가 많다. 이것은 TMR에 기초한 적정 사료설계와 사양관리가 급후도 육질향상에 공헌할 여지가 큰 것을 시사하고 있다.

TMR의 연구도 1991년 소고기 수입자유화 이후부터 TMR의 효용성 및 이용방법에 대한 연구, 특히 미이용 및 저이용 사료자원 등의 다양한 자원의 활용 연구를 꾸준히 수행해 왔다. 그 결과, 기호성이 나쁜 사료 및 단독 급여하면 영양관리상 문제가 많은 미이용, 저이용 사료자원을 TMR의 재료로 하여 유효하게 활용할 수 있고, 사료비의 절감뿐만 아니라 식품공장에서 생기는 제조박류 및 농장 잔사의 처리 문제를 해결하는 하나의 수단이 되고 있다.

일본 축산기술협회에서는 농림수산성의 보조를 받아 1994년부터 시작된 신기술 추진지도 사업의 하나로 “가축사료 신급여시스템 보급추진사업”을 실시해 왔다. 이 사업의 목적은 유우와 육용우에 있어서 TMR에 관한 외국과 일본의 조사 사례를 소개하고, 사료 등에 관한 기초정보를 제공하고, 더 나아가 TMR을 이용한 사양시험을 소개하는 것으로 되어있다.

## 나. 이스라엘

지금부터 약 70여년 전부터 이스라엘에서는 과학적인 농업이 발달하기 시작하였다. 그 중 낙농업이 가장 큰 산업중의 하나인데, 안정되고 지속적인 성장을 유지하여 1990년 초반부터 연간 약 4%씩 성장해왔다.

이스라엘은 1950년대부터 낙농업에서 TMR사양을 보급 시작하였으며, 현재 약 20여개의 크고 작은 공동 TMR 센터가 개설되어 운영되고 있고, 90%정도의 농장에서 TMR 시스템을 이용하고 있다. 이스라엘의 농업기반은 대표적으로 Kibbutz와 Moshav가 있다. Kibbutz는 생산수단을 집단적으로 운영하고, 젖소 사육두수는 250~300두로 거대규모이고, Moshav는 개인 경영체의 집합체로 혼합협동촌 이라고도 불리는데 낙농가의 젖소 사육규모는 40~50두 이다. Kibbutz의 모든 농가들은 동일한 사료 (TMR)를 사용하며 농가에서는 단지 착유하고 우군을 관리만을 하고 있다. 이스라엘은 식품가공부산물을 젖소사료로써 효율적으로 이용하는 나라로 가장 유명하며, 세계 제1위의 개체 산유량을 자랑하고 있는 낙농기술 대국이다.

이스라엘에서 사용되고 있는 TMR용 원료사료는 일부 곡류나 건초를 수입하는 하지만 주로 자국에서 생산되는 모든 농산 부산물을 최대한 활용하고 있다. 그래서 「TMR의 원조, 그것은 미국이다. 그러나 식품가공부산물을 이용하는 TMR 공급시스템의 원조, 그것은 이스라엘이다」 이라고 이스라엘 우군개량협회(ICBA)의 Mordechai Malan는 서술한 바 있다. 실제로 감귤피, 면실피, 당밀, 제빵 부산물, 토마토 쥬스박, 포도 쥬스박, 땅콩피 등 다양한 원료사료를 TMR에 사용하고 있다.



## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제1절 고급육 생산을 위한 한우용 TMR 사양체계 개발

#### 1. 국내외 육우용 TMR 시스템 조사

##### 가. 연구 방법

##### 1) 한우 거세우 영양소 요구량 조사

##### 가) 국내 (한우)

한우 거세우 성장단계별, 일당증체량 목표별로 검토하고, 또 우리 나라 농촌진흥청(1983)의 육우 거세우 영양소요구량과 한국사양표준(1985, 2002)의 육성우 및 비육우의 영양소요구량을 비교 검토하였다.

##### 나) 국외 (육우, 화우)

외국의 경우 미국 NRC(1996) 육우 거세우 영양소 요구량과, 일본 육우 거세우 영양소 요구량(2000)을 성장단계별, 일당증체량 목표별로 검토하여 일일건물섭취량, 일당증체량 등을 조사, 검토하였다.

##### 2) 국내외 육우용 TMR 시스템 조사

고급육생산은 주로 일본과 우리나라에 편중되어 있어 육우용 TMR 시스템을 조사하기 위해 국내에서는 농촌진흥청 축산연구소, 지역축협인 함평축협과 장수축협 그리고 개인농가의 사례를 조사하였다. 국외는 일본 미야자끼현의 이시야마 육우조합에서 제조하는 TMR 등 주로 일본의 화우, 육우 TMR 이용현황을 조사하였다.

합평축협 한우용 TMR은 육성우, 비육전기, 비육후기 3단계의 사양관리 시스템이나, 수분함량이 13% 정도인 건식 TMR을 이용하여 본 연구시스템과는 차이가 있었다. 장수축협은 송아지, 육성우, 비육전기, 비육후기 4단계의 사양관리 시스템으로 우리나라에서 선구자적인 역할을 하였다. 그러나 관행적인 사양관리와의 비교자료(증체율, 고급육생산, 경제성 등)는 연구가 많지 않아 본 연구에서 구명하였다.

## 나. 연구 결과

### 1) 한우 거세우 영양소요구량 조사

한우 거세우 영양소 요구량을 조사하는 것은 TMR 사료를 배합할 때 우선 한우의 성장단계에 요구되는 영양소 요구량에 맞추어야 하기 때문이다. 한우는 한국사양표준(2002)을 보고, 성장단계별 기준 체중과 그 기간 중의 일당증체량을 찾아 영양소 요구량을 결정한다.

한국사양표준과 함께 일본의 사양표준(200)과 미국의 NRC(1996)도 함께 제시하여 비교하였다. 한국사양표준(2002)에서는 한우 거세우에 대한 영양소 요구량을 체중 150kg에서 700kg까지 설정하였다. 먼저 일당증체량은 체중 500kg까지는 0.6~1.2(kg/일)의 범위로, 550~650kg에서는 0.4~1.0(kg/일)로, 그리고 700kg에서는 0.4~0.8(kg/일)의 범위로 설정하였다. 조단백질 함량은 체중 200kg까지는 12.2~16.8%의 범위였지만, 250kg이상에서는 전부 12%로 하였는데, 이는 CP의 최저농도를 12%로 설정하였기 때문이다. TDN은 500kg까지 일당증체량에 따라 70~75%로 하였고, 550kg 이상에서는 68~74%로 설정하였다.

일본의 사양표준(2000)에서 화우 거세우에 대한 영양소 요구량은 체중 200kg에서 600kg까지 설정하였다. 일당증체량은 체중 250kg까지는 0.6~1.2(kg/일), 체중 300~400kg에서는 0.8~1.4(kg/일), 체중 450~500kg에서는 0.6~1.0kg/d, 그리고 체중 550~600kg에서는 0.4~0.8kg/d의 범위로 하였다. 조단백질 함량은 체중 250kg까지는 12~15%, 체중 300~400kg에서는 10~13%, 체중 450kg이상은 10%이하로 설정하였다. TDN은 체중 250kg에서는 70~75%, 체중 300~400kg에서는 72~77%, 체중 450~500kg에서는 70~74%, 그리고 체중 550~600kg에서는 68~72%로 설정하였다.

NRC 사양표준(1996)에서 수소 육성·비육에 대한 영양소 요구량은 체중 250kg에서 500kg까지 설정하였다. NRC는 TDN을 각 체중별로 50~90%의 범위로 설정하였다. 한국사양표준의 TDN은 68~75%, 일본사양표준은 68~77%인 것에 비해 TDN 범위를 넓게 설정하였다.

Table 1. Nutrient requirements for growing and finishing Hanwoo steers (Korean Feeding Standard for Hanwoo, 2002)

BW (kg)	DG (kg/d)	DMI (kg)	CP* (%)	TDN (%)	ME (Mcal)	DE (Mcal)	TDN (kg)	CP (g)	Ca (g)	P (g)	Vit. A (1000 IU)
150	0.6	3.3	13.9	70	8.37	10.21	2.32	458	21	10	6.4
	0.8	3.6	14.9	72	9.28	11.31	2.57	532	26	12	6.4
	1.0	3.8	16.0	74	10.14	12.36	2.80	605	31	14	6.4
	1.2	4.0	16.8	75	10.96	13.36	3.03	678	36	15	6.4
200	0.6	4.1	12.2	70	10.39	12.67	2.87	501	21	11	8.5
	0.8	4.4	12.9	72	11.51	14.04	3.18	569	26	13	8.5
	1.0	4.7	13.6	74	12.58	15.34	3.48	638	31	15	8.5
	1.2	5.0	14.1	75	13.59	16.58	3.76	706	36	16	8.5
250	0.6	4.9	12.0	70	12.28	14.98	3.40	540	21	13	10.6
	0.8	5.2	12.0	72	13.61	16.59	3.76	604	26	14	10.6
	1.0	5.6	12.0	74	14.87	18.13	4.11	667	31	16	10.6
	1.2	5.9	12.3	75	16.07	19.60	4.44	731	35	17	10.6
300	0.6	5.6	12.0	70	14.08	17.17	3.89	577	22	14	12.7
	0.8	6.0	12.0	72	15.60	19.03	4.31	635	26	15	12.7
	1.0	6.4	12.0	74	17.05	20.79	4.71	694	30	17	12.7
	1.2	6.8	12.0	75	18.43	22.47	5.10	752	35	18	12.7
350	0.6	6.2	12.0	70	15.81	19.28	4.37	611	22	15	14.8
	0.8	6.7	12.0	72	17.51	21.36	4.84	665	26	17	14.8
	1.0	7.2	12.0	74	19.14	23.34	5.29	718	30	18	14.8
	1.2	7.6	12.0	75	20.68	25.22	5.72	772	34	19	14.8
400	0.6	6.9	12.0	70	17.47	21.31	4.83	644	23	17	17.0
	0.8	7.4	12.0	72	19.36	23.61	5.35	692	26	18	17.0
	1.0	7.9	12.0	74	21.15	25.80	5.85	741	30	19	17.0
	1.2	8.4	12.0	75	22.86	27.88	6.32	790	34	20	17.0

\* Minimum CP content is fixed to 12%

Table 1. Nutrient requirements for growing and finishing Hanwoo steers(continued) (Korean Feeding Standard for Hanwoo, 2002)

BW (kg)	DG (kg/d)	DMI (kg)	CP* (%)	TDN (%)	ME (Mcal)	DE (Mcal)	TDN (kg)	CP (g)	Ca (g)	P (g)	Vit. A (1000 IU)
450	0.6	7.5	12.0	70	19.08	23.27	5.28	675	23	18	19.1
	0.8	8.1	12.0	72	21.15	25.79	5.85	719	27	19	19.1
	1.0	8.6	12.0	74	23.11	28.18	6.39	762	30	20	19.1
	1.2	9.2	12.0	75	24.97	30.46	6.91	806	33	21	19.1
500	0.6	8.2	12.0	70	20.65	25.19	5.71	705	24	19	21.2
	0.8	8.8	12.0	72	22.88	27.91	6.33	744	27	20	21.2
	1.0	9.3	12.0	74	25.01	30.50	6.92	782	29	21	21.2
	1.2	10.0	12.0	75	27.03	32.96	7.47	821	32	22	21.2
550	0.4	8.0	12.0	68	19.66	23.98	5.44	699	22	20	23.3
	0.6	8.8	12.0	70	22.18	27.05	6.13	733	24	21	23.3
	0.8	9.4	12.0	72	24.58	29.98	6.80	767	27	21	23.3
	1.0	10.0	12.0	74	26.86	32.75	7.43	801	29	22	23.3
600	0.4	8.5	12.0	68	20.99	25.59	5.80	732	23	21	25.4
	0.6	9.4	12.0	70	23.68	28.88	6.55	761	25	22	25.4
	0.8	10.1	12.0	72	26.24	32.00	7.26	790	27	22	25.4
	1.0	10.7	12.0	74	28.67	34.96	7.93	819	29	23	25.4
650	0.4	9.1	12.0	68	22.29	27.18	6.16	764	24	23	27.6
	0.6	9.9	12.0	70	25.15	30.66	6.95	788	25	23	27.6
	0.8	10.7	12.0	72	27.86	33.98	7.70	812	27	24	27.6
	1.0	11.4	12.0	74	30.44	37.13	8.42	836	29	24	27.6
700	0.4	9.6	12.0	68	23.56	28.73	6.52	795	24	24	29.7
	0.6	10.5	12.0	70	26.58	32.42	7.35	814	26	24	29.7
	0.8	11.3	12.0	72	29.45	35.92	8.14	834	27	25	29.7

\* Minimum CP content is fixed to 12%

Table 2. Nutrient requirements for growing and finishing Hanwoo bulls (Korean Feeding Standard for Hanwoo, 2002)

BW (kg)	DG (kg/d)	DMI (kg)	CP* (%)	TDN (%)	ME (Mcal)	DE (Mcal)	TDN (kg)	CP (g)	Ca (g)	P (g)	Vit. A (1000 IU)
150	0.4	3.6	12.0	58	7.55	9.21	2.09	390	16	8	6.4
	0.6	3.8	12.0	61	8.40	10.24	2.32	466	21	10	6.4
	0.8	4.0	13.5	63	9.17	11.18	2.54	542	27	12	6.4
	1.0	4.1	15.3	66	9.88	12.05	2.73	617	32	14	6.4
	1.2	4.2	17.2	69	10.53	12.84	2.91	693	38	16	6.4
200	0.6	4.7	12.0	61	10.42	12.71	2.88	511	22	12	8.5
	0.8	5.0	12.0	63	11.38	13.88	3.15	583	27	13	8.5
	1.0	5.1	12.7	66	12.26	14.95	3.39	654	32	15	8.5
	1.2	5.2	14.1	69	13.07	15.94	3.61	726	37	17	8.5
	1.4	5.3	15.5	72	13.81	16.85	3.82	798	43	18	8.5
250	0.6	5.6	12.0	61	12.32	15.03	3.41	552	22	13	10.6
	0.8	5.9	12.0	63	13.45	16.41	3.72	620	27	15	10.6
	1.0	6.1	12.0	66	14.49	17.67	4.01	688	32	16	10.6
	1.2	6.2	12.4	69	15.45	18.84	4.27	755	37	18	10.6
	1.4	6.3	13.6	72	16.33	19.91	4.52	823	42	19	10.6
300	0.6	6.4	12.0	61	14.13	17.23	3.91	591	23	14	12.7
	0.8	6.8	12.0	63	15.42	18.81	4.27	655	28	16	12.7
	1.0	7.0	12.0	66	16.61	20.26	4.59	718	32	17	12.7
	1.2	7.1	12.0	69	17.71	21.60	4.90	782	37	19	12.7
	1.4	7.2	12.1	72	18.72	22.83	5.18	845	41	20	12.7
350	0.6	7.2	12.0	61	15.86	19.34	4.39	628	24	16	14.8
	0.8	7.6	12.0	63	17.31	21.11	4.79	688	28	17	14.8
	1.0	7.8	12.0	66	18.65	22.74	5.16	747	32	18	14.8
	1.2	8.0	12.0	69	19.88	24.25	5.50	806	37	20	14.8
	1.4	8.1	12.0	72	21.02	25.63	5.81	866	41	21	14.8

\* Minimum CP content is fixed to 12%

Table 2. Nutrient requirements for growing and finishing Hanwoo bulls (continued) (Korean Feeding Standard for Hanwoo, 2002)

BW (kg)	DG (kg/d)	DMI (kg)	CP* (%)	TDN (%)	ME (Mcal)	DE (Mcal)	TDN (kg)	CP (g)	Ca (g)	P (g)	Vit. A (1000 IU)
400	0.6	7.9	12.0	61	17.53	21.38	4.85	663	24	17	17.0
	0.8	8.4	12.0	63	19.14	23.34	5.29	719	28	18	17.0
	1.0	8.6	12.0	66	20.62	25.14	5.70	774	32	20	17.0
	1.2	8.8	12.0	69	21.98	26.80	6.08	829	36	21	17.0
	1.4	8.9	12.0	72	23.23	28.33	6.42	885	40	22	17.0
450	0.6	8.7	12.0	61	19.15	23.35	5.29	697	25	18	19.1
	0.8	9.2	12.0	63	20.91	25.49	5.78	748	29	20	19.1
	1.0	9.4	12.0	66	22.52	27.46	6.23	799	32	21	19.1
	1.2	9.6	12.0	69	24.01	29.27	6.64	851	36	22	19.1
	1.4	9.7	12.0	72	25.38	30.95	7.02	902	40	23	19.1
500	0.6	9.4	12.0	61	20.72	25.27	5.73	729	26	20	21.2
	0.8	9.9	12.0	63	22.62	27.59	6.26	776	29	21	21.2
	1.0	10.2	12.0	66	24.37	29.72	6.74	824	32	22	21.2
	1.2	10.4	12.0	69	25.98	31.68	7.18	871	36	23	21.2
550	0.6	10.1	12.0	61	22.26	27.14	6.15	761	26	21	23.3
	0.8	10.7	12.0	63	24.30	29.64	6.72	804	29	22	23.3
	1.0	11.0	12.0	66	26.18	31.92	7.24	847	33	23	23.3
	1.2	11.2	12.0	69	27.90	34.03	7.72	890	36	24	23.3
600	0.6	10.8	12.0	61	23.76	28.97	6.57	791	27	22	25.4
	0.8	11.4	12.0	63	25.94	31.63	7.17	830	30	23	25.4
	1.0	11.7	12.0	66	27.94	34.08	7.73	869	33	24	25.4
	1.2	11.9	12.0	69	29.79	36.32	8.24	908	35	25	25.4

\* Minimum CP content is fixed to 12%

Table 2. Nutrient requirements for growing and finishing Hanwoo bulls (continued) (Korean Feeding Standard for Hanwoo, 2002)

BW (kg)	DG (kg/d)	DMI (kg)	CP* (%)	TDN (%)	ME (Mcal)	DE (Mcal)	TDN (kg)	CP (g)	Ca (g)	P (g)	Vit. A (1000 IU)
650	0.4	10.8	12.0	58	22.69	27.67	6.27	785	25	23	27.6
	0.6	11.4	12.0	61	25.23	30.76	6.98	820	28	24	27.6
	0.8	12.1	12.0	63	27.54	33.59	7.62	855	30	25	27.6
	1.0	12.4	12.0	66	29.67	36.18	8.21	890	33	25	27.6
700	0.4	11.4	12.0	58	23.99	29.25	6.63	818	26	24	29.7
	0.6	12.1	12.0	61	26.67	32.52	7.37	849	28	25	29.7
	0.8	12.8	12.0	63	29.12	35.51	8.05	880	30	26	29.7
	1.0	13.1	12.0	66	31.37	38.25	8.67	910	33	27	29.7
750	0.2	11.1	12.0	55	22.16	27.02	6.13	823	25	25	31.8
	0.4	12.0	12.0	58	25.26	30.81	6.99	850	27	26	31.8
	0.6	12.7	12.0	61	28.08	34.25	7.77	877	29	27	31.8
	0.8	13.5	12.0	63	30.67	37.40	8.48	903	31	27	31.8
800	0.2	11.7	12.0	55	23.26	28.36	6.43	859	26	27	33.9
	0.4	12.6	12.0	58	26.51	32.33	7.33	881	28	27	33.9
	0.6	13.4	12.0	61	29.48	35.95	8.15	904	30	28	33.9
	0.8	14.1	12.0	63	32.19	39.25	8.90	927	31	28	33.9

\* Minimum CP content is fixed to 12%

Table 3. Nutrient requirements for growing Hanwoo cows (Korean Feeding Standard for Hanwoo, 2002)

BW (kg)	DG (kg/d)	DMI (kg)	CP* (%)	TDN (%)	ME (Mcal)	DE (Mcal)	TDN (kg)	CP (g)	Ca (g)	P (g)	Vit. A (1000 IU)
150	0.4	3.8	12.0	58	7.89	9.62	2.18	378	15	8	6.4
	0.6	4.0	12.0	62	9.05	11.04	2.50	447	20	10	6.4
	0.8	4.2	12.2	66	10.09	12.30	2.79	517	25	11	6.4
	1.0	4.4	13.9	69	11.01	13.43	3.05	587	30	13	6.4
	1.2	4.5	15.5	73	11.85	14.45	3.28	656	35	15	6.4
200	0.4	4.7	12.0	58	9.79	11.94	2.71	423	15	10	8.5
	0.6	5.0	12.0	62	11.23	13.70	3.11	486	20	11	8.5
	0.8	5.2	12.0	66	12.52	15.26	3.46	550	25	13	8.5
	1.0	5.5	12.0	69	13.67	16.67	3.78	613	29	14	8.5
	1.2	5.6	12.9	73	14.71	17.93	4.07	677	34	16	8.5
250	0.2	4.9	12.0	55	9.65	11.77	2.67	407	12	10	10.6
	0.4	5.5	12.0	58	11.57	14.11	3.20	464	16	11	10.6
	0.6	5.9	12.0	62	13.28	16.19	3.67	522	20	12	10.6
	0.8	6.2	12.0	66	14.80	18.04	4.09	579	24	14	10.6
300	0.2	5.6	12.0	55	11.06	13.49	3.06	452	13	11	12.7
	0.4	6.3	12.0	58	13.27	16.18	3.67	503	17	12	12.7
	0.6	6.8	12.0	62	15.22	18.56	4.21	554	20	13	12.7
	0.8	7.1	12.0	66	16.96	20.69	4.69	605	24	15	12.7
350	0.2	6.2	12.0	55	12.42	15.14	3.43	495	14	13	14.8
	0.4	7.1	12.0	58	14.90	18.17	4.12	540	17	14	14.8
	0.6	7.6	12.0	62	17.09	20.84	4.73	585	21	15	14.8
	0.8	8.0	12.0	66	19.04	23.22	5.27	630	24	16	14.8

\* Minimum CP content is fixed to 12%



Table 3. Nutrient requirements for growing Hanwoo cows (continued) (Korean Feeding Standard for Hanwoo, 2002)

BW (kg)	DG (kg/d)	DMI (kg)	CP* (%)	TDN (%)	ME (Mcal)	DE (Mcal)	TDN (kg)	CP (g)	Ca (g)	P (g)	Vit. A (1000 IU)
400	0.2	6.9	12.0	55	13.73	16.74	3.80	536	15	14	17.0
	0.4	7.9	12.0	58	16.47	20.08	4.55	575	18	15	17.0
	0.6	8.4	12.0	62	18.89	23.04	5.22	614	21	16	17.0
450	0.2	7.5	12.0	55	14.99	18.29	4.15	576	16	16	19.1
	0.4	8.6	12.0	58	17.99	21.93	4.97	609	19	16	19.1
	0.6	9.2	12.0	62	20.63	25.16	5.71	641	21	17	19.1

\* Minimum CP content is fixed to 12%

Table 4. Nutrient requirements for maintaining Hanwoo heifers (Korean Feeding Standard for Hanwoo, 2002)

BW (kg)	DMI (kg)	CP (%)	TDN (%)	ME (Mcal)	DE (Mcal)	TDN (kg)	CP (g)	Ca (g)	P (g)	Vit. A (1000 IU)	Vit. D (1000 IU)
350	6.1	12.0	50.0	10.99	13.40	3.04	661	11	12	14.84	2.1
400	6.7	12.0	50.0	12.15	14.81	3.36	669	12	13	16.96	2.4
450	7.3	12.0	50.0	13.27	16.18	3.67	677	14	15	19.08	2.7
500	7.9	12.0	50.0	14.36	17.51	3.97	684	15	16	21.2	3.0
550	8.5	12.0	50.0	15.42	18.81	4.27	691	17	18	23.32	3.3
600	9.1	12.0	50.0	16.46	20.08	4.55	698	18	20	25.44	3.6

\* Minimum CP content is fixed to 12%

Table 5. Nutrient requirements of Japanese black cattle steer (Japanese Feeding Standard, 2000)

BW (kg)	DG (kg/d)	DMI (kg)	CP (%)	TDN (%)	CP (g)	TDN (kg)	ME (Mcal)	DE (Mcal)	Ca (g)	P (g)	Vit. A (1000 IU)
200	0.6	4.5	12.7	69.9	571	3.14	11.4	13.9	22	12	8.5
	0.8	5.0	13.5	71.8	675	3.59	13.0	15.8	28	13	8.5
	1.0	5.5	14.2	73.6	776	4.01	14.5	17.7	33	15	8.5
	1.2	5.9	14.9	75.4	873	4.42	16.0	19.5	38	17	8.5
250	0.6	5.2	11.7	70.0	610	3.64	13.2	16.1	23	13	10.6
	0.8	5.8	12.3	71.8	712	4.14	15.0	18.3	28	15	10.6
	1.0	6.3	12.9	73.6	812	4.62	16.7	20.4	33	16	10.6
	1.2	6.7	13.5	75.4	908	5.08	18.4	22.4	38	18	10.6
300	0.8	6.5	11.5	71.7	744	4.63	16.8	20.5	28	16	12.7
	1.0	7.0	12.0	73.6	841	5.16	18.7	22.8	33	17	12.7
	1.2	7.5	12.5	75.4	935	5.66	20.5	25.0	37	19	12.7
	1.4	8.0	12.9	77.2	1025	6.14	22.2	27.1	42	20	12.7
350	0.8	7.1	10.9	71.7	770	5.07	18.4	22.4	28	17	14.8
	1.0	7.7	11.3	73.5	865	5.63	20.4	24.9	33	19	14.8
	1.2	8.2	11.7	75.4	956	6.17	22.3	27.2	37	20	14.8
	1.4	8.7	12.1	77.2	1043	6.68	24.2	29.5	41	21	14.8
400	0.8	7.6	10.4	71.7	792	5.46	19.8	24.1	28	18	17.0
	1.0	8.2	10.7	73.5	883	6.05	21.9	26.7	32	20	17.0
	1.2	8.8	11.1	75.4	971	6.62	24.0	29.2	36	21	17.0
	1.4	9.3	11.4	77.2	1055	7.15	25.9	31.6	40	22	17.0

Table 5. Nutrients requirement of Japanese black cattle steer (continued)  
(Japanese Feeding Standard, 2000)

BW (kg)	DG (kg/d)	DMI (kg)	CP (%)	TDN (%)	CP (g)	TDN (kg)	ME (Mcal)	DE (Mcal)	Ca (g)	P (g)	Vit. A (1000 IU)
450	0.6	7.4	9.7	69.9	717	5.2	18.7	22.8	25	18	19.1
	0.8	8.1	10.0	71.7	810	5.8	21.0	25.7	29	20	19.1
	1.0	8.7	10.3	73.5	898	6.4	23.3	28.4	32	21	19.1
500	0.6	7.8	9.4	69.9	736	5.5	19.8	24.1	25	20	21.2
	0.8	8.5	9.7	71.7	824	6.1	22.2	27.0	29	21	21.2
	1.0	9.2	9.9	73.6	908	6.8	24.4	29.8	32	22	21.2
550	0.4	7.4	8.9	68.1	662	5.0	18.2	22.2	23	20	23.3
	0.6	8.2	9.2	69.9	751	5.7	20.8	25.3	26	21	23.3
	0.8	8.9	9.4	71.8	835	6.4	23.2	28.2	29	22	23.3
600	0.4	7.7	8.8	68.1	680	5.3	19.1	23.3	24	22	25.4
	0.6	8.5	8.9	69.9	764	6.0	21.6	26.4	27	22	25.4
	0.8	9.3	9.1	71.7	843	6.6	24.0	29.3	29	23	25.4

Table 6. Nutrient requirements for growing and finishing cattle (NRC, 1996)

BW (kg)	DG (kg/d)	DMI (kg)	CP (%)	TDN (%)	CP (g)	TDN (kg)	ME (Mcal)	DE (Mcal)	Ca (g)	P (g)
248	0.3	6.8	7.1	50	486	3.4	12.4	15.1	14	9
	0.8	7.3	9.8	60	710	4.4	15.7	19.2	26	14
	1.2	7.1	12.4	70	876	5.0	17.9	21.8	35	17
	1.5	6.7	14.9	80	992	5.3	19.3	23.5	41	19
	1.7	6.2	17.3	90	1067	5.6	20.1	24.5	45	21
270	0.3	7.3	7.0	50	510	3.7	13.2	16.1	15	9
	0.8	7.7	9.5	60	735	4.6	16.8	20.5	26	14
	1.2	7.6	11.9	70	900	5.3	19.1	23.3	34	17
	1.5	7.1	14.3	80	1017	5.7	20.6	25.1	40	19
	1.7	6.6	16.5	90	1084	5.9	21.4	26.1	43	21
297	0.3	7.9	7.3	50	575	3.9	14.2	17.4	17	10
	0.9	8.3	10.2	60	845	5.0	18.0	21.9	30	16
	1.4	8.1	13.0	70	1053	5.7	20.5	25.0	40	19
	1.7	7.7	15.8	80	1209	6.1	22.1	27.0	47	22
	1.9	7.1	18.4	90	1300	6.4	23.0	28.0	51	24
324	0.3	8.4	7.1	50	594	4.2	15.1	18.5	18	11
	0.9	8.9	9.7	60	860	5.3	19.2	23.5	30	16
	1.4	8.6	12.2	70	1054	6.1	21.9	26.7	39	20
	1.7	8.2	14.6	80	1196	6.6	23.7	28.9	46	22
	1.9	7.6	17.0	90	1285	6.8	24.6	30.0	50	24
347	0.4	8.8	7.3	50	644	4.4	16.0	19.5	19	11
	1.0	9.3	10.2	60	950	5.6	20.2	24.7	34	18
	1.5	9.1	13.0	70	1182	6.4	23.0	28.1	45	22
	1.9	8.6	15.8	80	1358	6.9	24.9	30.3	52	25
	2.1	7.9	18.4	90	1457	7.1	25.8	31.4	57	27

Table 6. Nutrient requirements for growing and finishing cattle (continued)  
(NRC, 1996)

BW (kg)	DG (kg/d)	DMI (kg)	CP (%)	TDN (%)	CP (g)	TDN (kg)	ME (Mcal)	DE (Mcal)	Ca (g)	P (g)
378	0.4	9.4	7.1	50	668	4.7	17.0	20.7	20	12
	1.0	10.0	9.7	60	965	6.0	21.6	26.3	34	18
	1.5	9.7	12.2	70	1186	6.8	24.6	30.0	44	22
	1.9	9.2	14.6	80	1340	7.3	26.6	32.4	51	25
	2.1	8.5	17.0	90	1438	7.6	27.5	33.6	55	27
410	0.4	10.0	6.9	50	689	5.0	18.1	22.0	21	13
	1.0	10.6	9.2	60	973	6.4	22.9	28.0	34	18
	1.5	10.3	11.4	70	1175	7.2	26.1	31.8	43	22
	1.9	9.7	13.6	80	1322	7.8	28.1	34.3	50	25
	2.1	9.0	15.8	90	1422	8.1	29.3	35.7	54	27
441	0.4	10.6	6.8	50	719	5.3	19.1	23.3	21	14
	1.0	11.2	8.8	60	982	6.7	24.2	29.5	33	18
	1.5	10.9	10.8	70	1176	7.6	27.6	33.6	42	22
	1.9	10.3	12.8	80	1319	8.2	29.8	36.4	48	2
	2.1	9.5	14.7	90	1396	8.6	30.9	37.7	53	27
473	0.4	11.1	6.6	50	734	5.6	20.1	24.5	22	13
	1.0	11.8	8.4	60	987	7.1	25.5	31.1	33	19
	1.5	11.5	10.2	70	1170	8.0	29.1	35.4	42	22
	1.9	10.9	12.0	80	1301	8.7	31.4	38.3	48	25
	2.1	10.0	13.8	90	1379	9.0	32.5	39.7	51	26
504	0.4	11.7	6.5	50	758	5.8	21.1	25.7	22	14
	1.0	12.3	8.1	60	999	7.4	26.8	32.6	33	18
	1.5	12.1	9.7	70	1170	8.4	30.5	37.2	41	23
	1.9	11.4	11.3	80	1287	9.1	32.9	40.2	47	25
	2.1	10.5	13.0	90	1363	9.4	34.1	41.6	50	26

## 2) 국내외 육우용 TMR 시스템 조사

### 가) 농촌진흥청 축산연구소

#### (1) 거세 한우의 TMR 급여

축산연구소에서 수행한 육우용 TMR 연구사례로서 생후 약 6개월령 (평균체중 147kg) 거세 한우를 27개월령까지 비육시켰다. 성장단계별 거세한우의 TMR 원료 배합비와 영양소 함량은 Table 7과 같다. 원료사료는 일반 단미사료 외에 미강, 맥주박, 버섯 부산물 등을 이용하였다.

성장단계별 TMR 사료의 CP함량은 원물기준으로 육성기 10%, 비육전기·중기·후기 9%이고 TDN은 육성기 43%, 비육전기 45~47%, 비육중기 49~51%, 비육후기 57~58%이다.

#### (2) 젖소 거세우의 TMR 급여

젖소 거세우의 성장단계별 영양소 요구량은 한우에 준하거나, 한우보다 다소 높은 수준(육성기 : CP 15~16 TDN 69~70; 비육전기 : CP 12~13, TDN 73~74; 비육중기 : CP 10~11, TDN 74~75; 비육후기 : CP 9~10 TDN 76~78)으로 설정할 수 있다. 젖소 거세우의 성장단계별 영양소 요구량에 근거한 TMR 사료의 원료 배합비율을 살펴보면 Table 8에서 보는 바와 같다.

Table 7. The formula and chemical composition of TMR for Hanwoo steers  
(as-fed %)

	Growing	Fattening		Fattening		Fattening	
		Early		mid		Late	
		1	2	1	2	1	2
Corn	20	25	25	27	31	42	45
Corn germ meal		4	7	9	8	6	5
Rice bran	5	8	8	5	5	4	4
Lupin		3	3	3	3	3	3
Molasses				2	2	2	2
Whole cottonseed				5	5	5	5
Wheat bran	7	3	7	5	5	5	5
Soybean hull	5						
Rapeseed meal	1	5	1				
Brewers grain	10	11	14	8	9	5	5
Mushroom residue	12	12	8	7	5	7	10
Alfalfa cube	12						
Rice straw	15	16	12	11	8	8	5
Supplements	5	7	5	3	4	4	4
Water	8	10	10	15	15	9	7
CP	10	9	9	9	9	9	9
TDN	43	45	47	49	51	57	58

Table 8. The formula and feed intake of Holstein steers according to growth stage (kg/d)

	Growth stage				
	Growing Early	Growing Late	Fattening Early	Fattening Mid	Fattening Late
Corn gluten feed	0.335	0.294	0.645	0.706	-
Molasses	0.075	0.066	0.258	1.072	1.14
Soybean meal	0.457	0.121	-	-	-
Cottonseed meal	0.513	0.450	0.129	0.322	0.342
Rice bran	0.049	-	0.43	0.678	0.519
Wheat	-	-	0.86	4.288	4.56
Yeast	-	0.012	-	-	-
Vitamin	0.014	0.012	0.009	0.021	0.023
Beet pulp	0.50	1.5	3.215	0.965	1.71
CaCO <sub>3</sub>	0.054	0.047	0.067	0.152	0.188
Salts	0.014	0.012	0.013	0.032	0.034
Wheat bran	1.026	0.9	0.090	-	-
Corn germ meal	-	0.031	0.248	-	-
Corn	1.202	1.055	1.29	2.144	2.28
Protected fat	-	-	0.046	0.340	0.517
CaHPO <sub>4</sub>	-	-	-	-	0.03
Sesame oil meal	0.001	-	-	-	0.057
NaHCO <sub>3</sub>	-	-	-	0.02	0.05
Tall fescue	1.0	0.4	-	-	-
Brewers grain	-	5.194	4.64	-	-
Rice straw	-	1.0	1.2	1.0	0.8
Total	5.24	11.094	13.14	11.74	12.25
Intake(kg/d)	5.24	11.094	13.14	11.74	12.25
DM	4.614	6.682	8.824	10.211	10.668
CP	0.844	1.152	1.237	1.075	1.062
TDN	3.548	4.804	6.773	8.306	9.192



나) 함평축협

함평축협 한우용 TMR은 육성우, 비육전기, 비육후기 3단계의 사양관리 시스템으로 구성되며 육성기 4~6개월령에 거세를 실시하며, 볏짚을 자유채식시킨다. 육성기는 4~15개월령, 비육전기는 16~22개월령, 비육후기는 23~26개월령으로 나뉘며 출하체중은 600kg로 하였다 (Table 9). 함평축협은 성장단계별로 고급육 1호, 2호 그리고 3호라는 세 제품을 급여하도록 제시하고 있다.

Table 9. Feeding program of Hampyung livestock cooperative federation (HLCF)

	Growing period		Fattening period	Finishing period
Monthly age	4~6 mo.*	7~15 mo.	16~22 mo.	23~26 mo.
Body weight, kg	150-250	260-350	360-510	520-600
TMR intake	6-8kg	8-12kg	11-14kg	12-14kg
Rice straw	<i>Ad libitum</i>		1-1.5kg	0.5kg

\* Castration

Table 10. Nutrient contents of HLCF TMR feed

	Growing		Fattening		Finishing	
	(as-fed,%)	(DM,%)	(as-fed,%)	(DM,%)	(as-fed,%)	(DM,%)
Moisture	16.35		17.94		22.74	
CP	14.25	17.04	10.33	12.59	8.87	11.48
CF	8.97	10.72	6.85	8.35	4.73	6.12
Ca	0.94	1.12	1.06	1.29	1.36	1.76
P	1.07	1.28	0.95	1.16	0.81	1.05
ADF	11.95	14.29	9.22	11.24	6.06	7.84
NDF	26.45	31.62	22.53	27.46	16.65	21.55

배합비는 대외적으로 공개되지 않아 TMR 배합비는 제시할 수 없고 사료의 영양소 함량을 분석하여 제시하였다(Table 10). 수분함량은 16~23%로 건TMR 형태이며, 조단백질 함량은 육성기 17%, 비육전기 13%, 비육후기 11%이다.

#### 다) 장수축협

##### (1) 장수축협 TMR 사료급여 프로그램

###### (가) 성장단계별 급여사료의 종류

###### ① 송아지 TMR

- 7개월령(체중 200kg)까지 급여
- 고단백, 중열량
- 반추위 발달 유도
- 비타민, 미네랄 강화

###### ② 육성우 TMR

- 8~14개월령(체중 200~300kg)까지 급여
- 중단백, 저열량
- 골격 및 반추위 발달 유도
- 비타민, 미네랄 강화
- 제한급여 특성에 맞게 사료의 열량이 과잉되지 않도록 제한됨
- 반추위 발달로 비육후기에 건물섭취 능력을 높게 유지하도록 조사료의 혼합량을 극대화함

###### ③ 비육전기 TMR

- 15~20개월령(체중 340~500kg)까지 급여
- 근육발달(적육량)이 최고이며, 체지방이 증가되기 시작하는 시기로 중단백, 중·고열량사료
- 부분적 제한급여

④ 비육후기 TMR

- 21개월~출하시(체중 510~620kg)까지 급여
- 저단백, 고열량
- 고급육 생산을 위해서는 출하전 최소 4~6개월간의 급여기간이 필요
- 등심 및 근육내 지방함량이 증가되는 시기로 이 시기에는 1일 최소 TDN 섭취량이 7kg이상 필요

Table 11. Nutrient contents of Jangsoo livestock cooperative federation (JLCF) TMR feed (DM %)

	Calf TMR	Growing TMR	Fatteing TMR	Finishing TMR
Moisture	40	40	35	30
CP	17	16	14	12
CF	14	17	13	9
TDN	73%	67%	73%	78%

Table 12. Feeding program of JLCF according to growth stage

(Unit : as-fed, kg)

Monthly age	Calf TMR				Growing TMR							
	4*	5	6	7	8**	9	10	11	12	13	14	
Body weight, kg	120	140	160	180	200	215	235	260	285	310	335	
Feed intake, kg	2.5	5.3	5.9	6.7	7.2	7.6	8.1	8.7	9.3	9.9	10.4	

\* Supply Calf TMR with 1.5kg concentrate for 1 month after buying calf

\*\* Castration

Table 12. Feeding program of JLCF according to growth stage (continued)

(Unit : as-fed, kg)

Monthly age	Fattening TMR						Finishing TMR				
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Body weight, kg	360	390	420	450	480	505	530	555	575	595	610
Feed intake, kg	10.8	11.4	12	12.5	12.9	13.6	12.5	12.5	12.7	13	13

⑤ 한우 번식우 TMR 사료급여량

Table 13. Feeding Hanwoo cow TMR of JLCF

(Unit : kg)

Body weight (kg)	300	350	400	450	500	550
Maintenance	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
2 month before parturition	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5
Lactation	6.5	7.0	7.5	8.0	8.8	9.5

\* Feed 1~3kg rice straw additionally if it need

라) 개인농가 (태신목장)

충남 당진에 위치한 태신목장은 젓소 거세우를 비육하는 농가이다. 입식 송아지의 체중은 43kg이고 출하체중은 560kg, 출하월령은 13개월이다. TMR 배합비와 영양소 함량은 Table 14 및 Table 15와 같다.

Table 14. TMR formula

	Growing		Fattening	
	(as-fed %)	(kg/head)	(as-fed %)	(kg/head)
Ryegrass silage	27.42	3.00	22.64	4.00
Brewers grain	11.88	1.30	13.02	2.30
Alfalfa	3.29	0.36	3.23	0.57
Oat straw	7.31	0.80	4.53	0.80
Vitamin-mineral premix	7.77	0.85	10.75	1.90
Corn	3.02	0.33	3.40	0.60
Concentrate*	39.31	4.30	42.44	7.50
Total	100.00	10.94	100.00	17.67

\* CP 15%, TDN 68%, Ca 0.85%, P 0.55%

Table 15. Nutrient contents of TMR feed

	Growing		Fattening	
	(as-fed %)	(DM %)	(as-fed %)	(DM %)
Moisture	41.47		43.15	
CP	6.91	11.81	6.67	11.73
CF	9.39	16.04	8.64	15.20
Ca	0.62	1.06	0.57	1.00
P	0.24	0.41	0.24	0.42
ADF	15.61	26.67	12.65	22.25
NDF	27.35	46.73	23.72	41.72

마) 일본 육성비육기 TMR 제조, 급여 사양관리

(1) 미야자끼현의 이시야마 육우조합

미야자끼현의 이시야마 육우조합에서는 운해주조 주식회사 제조의 F1용 TMR을 다음의 방법을 기초로 하여 사용하고 있다.

- ① 입식은 7~8개월령에 행하고 19개월간 비육을 행하여 800kg에서 출하할 것
- ② 도입후 4개월간 TMR을 이용함
- ③ 12개월 이후는 배합사료와 볏짚의 분리급여로 변경함
- ④ TMR 이용은 비육의 기초만들기, 특히 제1위 및 골격형성에 유익함
- ⑤ 균형있는 사료를 섭취시킨다는 점에서는 TMR이 가장 적합하다고 사료됨
- ⑥ 비육실의 좁은 공간하에서는 소의 사회적 순위 때문에 힘센 소는 기호에 따른 사료 섭취가 가능하나, 약한 소는 불가능하여, 이런 점에서 TMR이 일반적으로 시도됨
- ⑦ TMR은 소주(잡곡주)농축액의 첨가효과로 조사료 농후사료의 분리가 일어나기 어려움
- ⑧ 이 때문에 자유급여 방식으로 도태되는 소가 없이 소의 품질균일성을 도모

할 수 있음

⑨ 동시 섭취성이 대단히 좋아 좋은 육량을 예상할 수 있음

⑩ 10개월령의 소에서 12kg정도(건물로 8kg)의 섭취량임

Table 16. The formula and chemical composition of TMR based on soybean curd cake and rice bran

	Fatten stage		
	Early	Mid	Late
Ingredients (as-fed % /concentrate)			
Barley (rolled)	10.0	17.0	18.0
Corn	16.0	25.0	4.0
Corn gluten feed	-	-	-
Wheat bran	20.0	10.0	4.0
Soybean meal	-	-	-
Soybean hull	-	-	-
Soybean curd cake	50.0	43.0	32.0
Rice bran	3.0	4.0	4.0
Protected fat	-	-	1.0
CaCO <sub>3</sub>	1.0	1.0	1.0
Concentrate/Roughage (mixed rice straw with Italian ryegrass equally)			
	75/25	87/13	90/10
DM intake (kg/d)	8.6	10.5	10.2
Chemical composition (% DM)			
DM	62.5	62.5	68.2
TDN	73.4	80.3	84.7
NDF	36.8	27.9	23.1
Starch	25.7	38.1	46.6

(5 Prefecture Livestock Research Institute, 1999)

Table 17. The formula and chemical composition of TMR based on soybean curd cake or sorghum silage for Japanese Black cattle

	Soybean curd cake TMR		Sorghum silage TMR	
	Fattening Period	Finishing Period	Fattening Period	Finishing Period
Ingredients (as-fed, %)				
Corn	11.43	20.12	10.73	17.76
Barley	2.29	6.71	3.39	12.50
Soybean meal	4.00	5.49	2.82	3.95
Wheat bran	3.43	-	12.99	-
Wheat bran(専増産)	3.43	14.63	-	12.50
Rice bran(defatted)	4.00	-	5.65	2.63
Soybean curd cake	24.57	20.73	-	-
Sorghum silage	29.14	19.51	64.41	50.66
Soybean stalk	5.14	4.27	-	-
Wheat straw	12.57	8.54	-	-
Rice straw	-	-	-	-
Chemical composition (DM, %)				
TDN	72	81	73	81
CP	15	15	13	14
Starch	39	51	48	55
NDF	35	24	29	21

(Shiga Prefecture Livestock Research Institute, 1992)



## 2. 고급육 생산을 위한 사양단계별 TMR 개발 사양시험

### 가. 연구방법

#### 1) 실험 설계

평균체중  $208.7 \pm 20.2\text{kg}$ 인 거세한우 72두를 공시하였다. 실험은 사료급여 방법에 따라 4개 실험구로 나누었으며 각 실험구 마다 18두씩 배치하였다. 그리고 전 시험기간을 육성기 (growing period), 비육전기 (fattening period) 및 비육후기 (finishing period) 3단계로 나누어 그룹 사양을 하였으며, 각 그룹 마다 6두씩 배치하였다(Table 18).

본 시험 중 대조구 (Control)는 전 기간에 조·농사료 분리급여, 시험1구 (T1)는 육성기에 TMR, 비육전기와 비육후기에서는 조·농사료 분리급여, 시험2구 (T2)는 육성기와 비육전기에서는 TMR, 비육후기에는 조·농사료 분리급여, 시험3구 (T3)는 전 기간에 TMR로 하였다. 시험은 Completely Randomized Design으로 실시하였다. 시험용 TMR은 동남사료에서 제조하였고, 농후사료는 농협에서 공급하였다. 시험사료의 성분과 배합비는 Table 19 및 20과 같다. 시험사료는 1일 2회로 나누어 급여하되, 볏짚, 음수 및 미네랄 블록은 자유 섭취도록 하였다. 육성기와 비육전기는 사양표준에 따라 사료를 제한 급여하였으며, 비육후기에는 자유 급식시켰다.

Table 18. The experimental design

Growth stages	Control	T1	T2	T3
Growing	CR	TMR	TMR	TMR
Fattening	CR	CR	TMR	TMR
Finishing	CR	CR	CR	TMR
Number	18	18	18	18

CR: Conventional Ration; TMR: Total Mixed Ration.

Table 19. The formula and chemical composition of experimental concentrate  
(air-dry basis, %)

	Concentrates		
	Growing(flake)	Fattening(flake)	Finishing(flake)
Grains	40.16	47.7	46.3
Brans & hulls	23.68	13.4	14
Meals	27.79	25.3	19.4
Fiber	-	5	4
Tapioca	-	-	7
Molasses	5.5	5.5	5
Oils	-	-	0.7
Protected fat	-	-	0.25
NaCl	0.6	0.5	0.5
NaHCO <sub>3</sub>	2	2.1	1.35
Vitamin premix	0.1	0.1	0.1
Mineral premix	0.1	0.1	0.1
Urea	-	-	-
Etc.	0.07	0.2	1.3
Total	100	100	100
DM	87.57	87.52	87.61
CP	14.00	11.94	12.0
EE	3.27	3.21	4.49
Crude fiber	6.25	6.64	6.61
Crude ash	6.45	6.11	5.34
Ca	0.97	0.97	0.75
P	0.48	0.37	0.41
TDN	69.30	70	73
NDF	25.72	25.6	22.76
ADF	10.98	11.7	11.25

Table 20. The formula and chemical composition of TMR (DM, %)

	Growth stages			
	Growing	Fattening Early	Fattening Mid	Finishing
Cottonseeds	-	-	3.4	-
Beet pulp	4.8	10.6	3.4	3.4
Tall fescue straw	19.1	10.3	4.8	3.4
Brewers grain	14.3	17.2	13.6	16.0
Fruit pulp	14.3	11.7	10.2	6.8
Lupin hull	-	-	-	6.2
Barley malt hull	9.5	10.3	13.6	1.2
Molasses	2.9	2.8	6.8	3.4
Soy sauce cake	-	-	2.2	-
Wheat bran	0.7	9.9	-	-
Corn gluten feed	9.5	1.8	1.1	3.4
Corn(flaked)	9.5	10.3	25.4	40.8
NaHCO <sub>3</sub>	0.5	0.7	1.0	1.0
Salts	0.2	0.4	0.5	0.4
Liquefied yeast	14.3	13.8	13.6	13.6
Pre-mix	0.2	0.1	0.2	0.2
CaHPO <sub>4</sub>	0.2	-	0.1	0.1
Total	100	100	100	100
DM	60.00	60.00	62.00	63.00
CP	13.00	14.00	13.00	13.00
Crude fiber	18.00	15.00	10.00	10.00
Ca	0.52	0.39	0.35	0.31
P	0.29	0.34	0.31	0.30
TDN	69	72	74	80
NDF	42	41	26	22
ADF	20	20	13	13

## 2) 조사항목 및 조사방법

- ① 증체량 : 전 시험기간 중 시험 개시 시부터 종료 시까지 2-3개월 간격으로 체중을 측정하여 총 증체량 및 일당 증체량을 조사하였다.
- ② 사료섭취량 : 대조구의 조사료(볏짚, 알팔파 큐브), 배합사료 급여량(섭취량)은 매일 기록관리 하였으며, 시험구의 TMR은 육성기 자유급여, 비육기 이후 자유급여하며 급여량(섭취량)을 매일 기록관리 하였다. 사료의 건물 섭취량은 급여량에서 체중 측정시의 사료통에 남아있는 잔량을 제외한 후 건물로 환산하여 구하였다.
- ③ 사료 요구율 : 사료 요구율은 사료 섭취량을 증체량으로 나누어 계산하였다.
- ④ 육량 및 육질 : 사양시험 종료 후 서울공판장에 출하하여 육량과 육질에 대한 등급판정을 실시하였다.
- ⑤ 경제성 : 출하소득과 사양시험시 사료비용 등을 고려한 수익성에 대한 경제성을 분석하였다.

## 3) 연구 결과

### 가) 비육 전기간

- (1) 시험개시 체중은 대조구, 시험구가 공히 208kg 정도에서 시작되었다.
- (2) 일당증체량은 대조구, 시험구 1, 2, 3이 각각 0.78, 0.77, 0.74kg, 0.74kg으로 관행 분리급여구인 대조구와 육성기 TMR 급여구인 시험구 1이 좋았으며, 중기와 후기까지 TMR을 급여한 시험구 2, 3이 낮았다.
- (3) 관행 분리급여구인 대조구의 일일 두당 배합사료 섭취량은 평균 7.3kg이었으며, 전기간 TMR 급여구인 시험 3구의 섭취량은 평균 12.6kg이었다.
- (4) 일일 두당 총건물섭취량은 대조구, 시험구 1, 2, 3구가 각각 8.21, 7.81, 7.69, 7.71로 대조구가 가장 많았고 시험구가 적었다.
- (5) 대조구의 배합사료 사료요구율과 시험구 3의 TMR 사료요구율은 각각 9.34, 10.42로 나타났다.
- (6) 총건물섭취량에 대한 사료요구율은 대조구, 시험구 1, 2, 3구가 각각 10.51,

10.24, 10.45, 10.42로 큰 차이가 없었다.

- (7) 비육전기간 사양시험 결과를 종합하면 증체량은 관행구인 대조구와 육성기까지 TMR을 급여한 시험구 1의 증체량이 가장 높았으며, 비육전기 혹은 후기까지 TMR을 급여한 시험구 2, 3의 증체량이 다소 낮았다. 사료 요구율에서는 대조구보다는 TMR을 급여한 시험구가 좋은 경향이였다. 이는 비육중기, 후기 증체량 결과에서 보는바와 같이 주로 박류와 부산물로 구성되어있는 비육기 TMR이 배합사료 급여보다는 에너지 이용성 저하로 증체효과면에서 부족한 결과를 나타내 비육기 사료효율 증진을 위한 한우 TMR 대한 원료선택, 조농비율, 영양성분과 아울러 급여기간 설정 등에 대한 연구가 보완되어야 한다고 사료된다.

Table 21. Effect of different feeding regime on average daily gain, dry matter intake and feed conversion in Hanwoo steers (587d)

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3	SEM
Body weight(kg)					
Initial	208.4	208.5	208.7	208.6	22.36
Final	668.4	659.4	640.4	642.9	31.25
ADG (kg/d)	0.78	0.77	0.74	0.74	0.05
Feed intake(kg/d)					
Concentrate	7.30	5.88	2.33	-	
Rice straw	1.75	1.00	0.27	-	
Alfalfa cube	0.28	-	-	-	
TMR	-	2.95	8.86	12.64	
Total intake	9.33	9.83	11.46	12.64	
Total DM intake	8.21 <sup>a</sup>	7.81 <sup>b</sup>	7.69 <sup>c</sup>	7.71 <sup>c</sup>	0.05
Feed conversion					
concentrate	9.34				
Total DM intake	10.51	10.24	10.45	10.42	0.63

<sup>a,b,c</sup> Means with different superscripts in the same row differ significantly(P<0.05)

나) 육성기

- (1) 시험개시 체중은 대조구, 시험구가 공히 208kg 정도에서 시작되었다.
- (2) 일당증체량은 대조구, 시험구 1, 2, 3이 각각 0.76, 0.76, 0.76, 0.80kg으로 TMR을 급여한 시험구 3이 가장 좋았다. 이는 사료의 제한급여로 차이가 없었으며, 동절기와 환절기 사양관리를 감안하면 전반적으로 모든 시험축의 육성기 증체량은 양호한 성적이었다.
- (3) 대조구의 일일 배합사료 섭취량은 4.5kg 정도로 제한급여 하였다.
- (4) 대조구의 알팔파큐브 섭취량은 일일 두당 1kg을 제한급여 하였다. 볏짚은 자유급여 하였는데, 평균적으로 일일 두당 2.5kg 정도였다.
- (5) 시험구는 육성기 TMR을 제한급여하여 일일 두당 10-11kg(건물 6-6.6kg) 섭취하였다.
- (6) 일일 총건물섭취량은 대조구는 7.1kg, 시험구는 공히 6.7kg으로 대조구가 약간 많았다.
- (7) 대조구의 배합사료 사료요구율은 5.9이었다.
- (8) 총건물섭취량에 대한 사료요구율은 대조구, 시험구 1, 2, 3구가 각각 9.34, 8.87, 8.81, 8.48로 시험구 2가 증체율 효과로 가장 좋았으며, TMR 시험구가 좋은 경향이었다.
- (9) 육성기 사양시험 결과를 종합하면 사료제한급여로 증체량에서 큰 차이가 없었으며, 사료요구율에서 관행구인 대조구가 다소 낮았다.

Table 22. Effect of different feeding regime on average daily gain, dry matter intake and feed conversion in growing Hanwoo steers (167d)

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3	SEM
Body weight(kg)					
Initial	208.4	208.4	208.7	208.6	22.36
Final	336.1	335.4	336.4	341.4	18.30
ADG(kg/d)	0.76	0.76	0.76	0.80	0.05
Feed intake(kg/d)					
Concentrate	4.5				
Rice straw	2.6				
Alfalfa cube	1.0				
TMR	-	10.4	10.4	10.4	
Total intake	8.1	10.4	10.4	10.4	
Total DM intake	7.1 <sup>a</sup>	6.7 <sup>b</sup>	6.7 <sup>b</sup>	6.7 <sup>b</sup>	0.02
Feed conversion					
Concentrate	5.90				
Total DM intake	9.34	8.87	8.81	8.48	0.60

<sup>a,b</sup> Means with different superscripts in the same row differ significantly(P<0.05)

Attached Table 22-1. Average daily gain, dry matter intake and feed conversion of Hanwoo steers in 1st growing period (114d)

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
Body weight(kg)				
Initial	208.4	208.4	208.7	208.6
Final	298.8	300.7	303.7	306.8
ADG(kg/d)	0.79	0.81	0.83	0.86
Feed intake(kg/d)				
Concentrate	4.2			
Rice straw	2.4			
Alfalfa cube	1.0			
TMR	-	10.0	10.0	10.0
Total intake	7.6	10.0	10.0	10.0
Total DM intake	6.7	6.0	6.0	6.0
Feed conversion				
Concentrate	5.29			
Total DM intake	8.49	7.43	7.20	6.97



Attached Table 22-2. Average daily gain, dry matter intake and feed conversion of Hanwoo steers in 2nd growing period (115-167d)

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
Body weight(kg)				
Initial	298.8	300.7	303.7	306.8
Final	336.1	335.5	336.4	341.4
ADG(kg/d)	0.70	0.66	0.62	0.65
Feed intake(kg/d)				
Concentrate	5.0			
Rice straw	3.0			
Alfalfa cube	1.0			
TMR	-	11.0	11.0	11.0
Total intake	9.0	11.0	11.0	11.0
Total DM intake	8.0	7.2	7.2	7.2
Feed conversion				
Concentrate	7.21			
Total DM intake	11.50	10.93	11.6	10.98

다) 비육전기

- (1) 시험개시 체중은 대조구, 시험구가 공히 335kg 정도에서 시작되었다.
- (2) 일당증체량은 대조구, 시험구 1, 2, 3이 각각 0.81, 0.84, 0.77kg, 0.78kg으로 육성기 TMR 급여후 배합사료를 급여한 시험구 2가 가장 좋았으며, TMR 급여구가 전반적으로 낮았다. 한편 본격적인 비육기 이전인 400kg까지는 TMR 급여구인 시험구 2, 3구의 일당증체량이 1kg으로 높았다.
- (3) 대조구와 시험구 1의 일일 배합사료 섭취량은 7.7kg 정도로 제한급여 하였다.
- (4) 대조구와 시험구 1의 볏짚 섭취량은 일일 두당 1.6kg을 제한급여 하였다.
- (5) 시험구2와 3은 비육전기 TMR을 제한급여하여 일일 두당 13kg(건물 8kg)

섭취하였다.

- (6) 일일 총건물섭취량은 대조구와 시험구가 공히 8.2kg으로 같았다.
- (7) 대조구와 시험구 1의 배합사료 사료요구율은 각각 9.6, 9.3으로 나타났다.
- (8) 총건물섭취량에 대한 사료요구율은 대조구, 시험구 1, 2, 3구가 각각 10.2, 9.9, 10.6, 10.6으로 육성기 TMR 급여후 배합사료를 급여한 시험구 2가 가장 좋은 경향이었다.
- (9) 비육전기 사양시험 결과를 종합하면 증체량과 사료요구율에서 육성기에 TMR을 급여한후 비육전기에 배합사료를 급여한 시험구 1의 성적이 가장 좋았고, TMR 급여구인 시험구 2, 3에서 다소 낮았지만 평균 0.8kg 정도로 차이가 없었다.

Table 23. Effect of different feeding regime on average daily gain, dry matter intake and feed conversion in fattening Hanwoo steers (261d)

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3	SEM
Body weight(kg)					
Initial	336.1	335.4	336.4	341.4	18.30
Final	546.8	553.5	538.4	544.9	23.02
ADG(kg/d)	0.81	0.84	0.77	0.78	0.05
Feed intake(kg/d)					
Concentrate	7.7	7.7			
Rice straw	1.7	1.6			
Alfalfa cube	-	-			
TMR			13.3	13.3	
Total intake	9.4	9.3	13.3	13.3	
Total DM intake	8.2	8.2	8.2	8.2	0.04
Feed conversion					
Concentrate	9.55	9.28			
Total DM intake	10.21	9.88	10.62	10.55	0.63

Attached Table 23-1. Average daily gain, dry matter intake and feed conversion of Hanwoo steers in 1st fattening period (58d)

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
Body weight(kg)				
Initial	336.1	335.4	336.4	341.4
Final	380.7	387.8	395.7	398.3
ADG(kg/d)	0.77	0.90	1.02	0.98
Feed intake(kg/d)				
Concentrate	6.7	6.7		
Rice straw	2.3	2.3		
Alfalfa cube	-	-	13.3	13.3
TMR	9.0	9.0	13.3	13.3
Total intake	8.0	8.0	8.1	8.1
Total DM intake				
Feed conversion				
Concentrate	8.74	7.45		
Total DM intake	10.38	8.79	7.94	8.27

Attached Table 23-2. Average daily gain, dry matter intake and feed conversion of Hanwoo steers in 2nd fattening period (59-261d)

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
Body weight(kg)				
Initial	380.7	387.8	395.7	398.3
Final	546.8	553.5	538.4	544.9
ADG(kg/d)	0.82	0.82	0.70	0.72
Feed intake(kg/d)				
Concentrate	8.0	8.0	-	-
Rice straw	1.5	1.4	-	-
Alfalfa cube	-	-	13.3	13.3
TMR	9.5	9.4	13.3	13.3
Total intake	8.3	8.3	8.3	8.3
Total DM intake				
Feed conversion				
Concentrate	9.77	9.88	-	-
Total DM intake	10.15	10.22	11.73	11.44

라) 비육후기

- (1) 시험개시 체중은 540-550kg 정도에서 시작되었다.
- (2) 일당증체량은 대조구, 시험구 1, 2, 3이 각각 0.74, 0.67, 0.64kg, 0.61kg으로 대조구가 가장 좋았으며, 후기까지 TMR만 급여한 시험구 3이 가장 낮았다.
- (3) 자유급여한 일일 배합사료 섭취량은 대조구가 가장 많았고, 시험구 2가 다소 낮았다.
- (4) 대조구와 시험구 1, 2의 볏짚 섭취량은 일일 두당 1kg을 제한급여 하였다.
- (5) 시험구 3은 비육후기 TMR을 자유급여하여 일일 두당 14kg(건물 8kg) 섭취 하였다.

- (6) 일일 총건물섭취량은 대조구가 가장 많았고 시험구 3이 가장 낮았다.
- (7) 대조구와 시험구 1, 2의 배합사료 사료요구율은 각각 13.1, 13.9, 13.4로 나타났다.
- (8) 총건물섭취량에 대한 사료요구율은 대조구, 시험구 1, 2, 3구가 각각 12.7, 13.6, 13.1, 13.5로 대조구가 가장 좋았다.
- (9) 본 시험기간동안 비육후기에 대조구와 시험구 2에서 각각 1두씩 환축이 발생하여 도태되었으며, 시험구 3에서 1두가 폐사되었고 시험구 2에서는 도태나 폐사축은 발생하지 않았다.
- (10) 비육후기 사양시험 결과를 종합하면 증체량과 사료요구율에서 관행구인 대조구가 가장 높았고 육성기 또는 비육전기까지 단계별로 TMR을 급여한 시험구 1, 2의 증체량이 다소 높았고, 출하시 까지 TMR만 급여한 시험구 3이 가장 낮았다. 이는 주로 곡류나 박류로 구성되어있는 배합사료 급여가 주로 박류와 부산물로 구성되어있는 TMR보다는 에너지 이용성 증진으로 인한 증체효과 면에서 양호한 결과를 나타낸다고 사료된다. 따라서 비육기 TMR은 증체를 향상을 위해 부산물 사용이 제한을 받는다고 볼 수 있다. 따라서 향후 비육중기 이후 한우 TMR 대한 원료선택, 기호성, 영양소이용율에 대한 연구가 지속되어야 한다고 사료된다.

Table 24. Effect of different feeding regime on average daily gain, dry matter intake and feed conversion in finishing Hanwoo steers (159d)

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3	SEM
Body weight(kg)					
Initial	551.4	553.5	537.9	546.2	23.81
Final	668.4	659.4	640.4	642.9	31.25
ADG(kg/d)	0.74	0.67	0.64	0.61	0.07
Feed intake(kg/d)					
Concentrate	9.6	9.1	8.6		
Rice straw	1.0	1.0	1.0		
TMR	-	-	-	13.9	
Total intake	10.6	10.1	9.6	13.9	
Total DM intake	9.3 <sup>a</sup>	8.9 <sup>b</sup>	8.4 <sup>c</sup>	8.2 <sup>bc</sup>	0.17
Feed conversion					
Concentrate	13.10	13.89	13.40		
Total DM intake	12.72	13.57	13.13	13.52	1.26

<sup>a,b,c</sup> Means with different superscripts in the same row differ significantly(P<0.05)

마) 등급판정 결과

- (1) 도체중은 대조구와 시험구 1이 시험구 2, 3보다 높게 나타난 반면에 도체율은 시험구 2와 시험구 3이 높았다.
- (2) 등지방두께는 시험구 1>3>2>대조구 순으로 시험구 1이 가장 높았고 대조구는 가장 낮았다.
- (3) 육량의 증가와 밀접한 관계가 있는 배최장근단면적의 경우 대조구>시험구 1>2>3의 순으로 각각 87.23, 86.18, 85.77 및 83.94cm<sup>2</sup>로 대조구가 가장 넓었다.

- (4) 육량지수는 대조구, 시험구가 66-67 범위로 차이가 없었으며, 근내지방도(상강도)의 경우 대조구>시험구 1>2>3의 순으로 각각 5.71, 5.29, 4.65 및 4.65로 대조구가 가장 높았다. TMR 급여구에서 낮은 경향이였다.
- (5) 도체등급 판정결과 육량등급을 보면 A 등급 출현율은 대조구=시험구 3>2>1의 순으로 각각 35.3, 35.3, 23.5 및 17.6%로 대조구와 시험구 3이 높았고 시험구 1과 2는 낮았다. 바람직하지 못한 C등급은 시험구 1에서 55%로 전반적으로 육량성적이 낮았다.
- (6) 참고로 '03년 등급판정 결과를 보면 거세우의 육량 A, B, C 등급 출현율은 각각 31%, 52%, 16%로 본 시험축의 결과는 C등급이 높아 육량성적이 좋지 않았다.
- (7) 육질판정 결과를 보면 1<sup>+</sup>등급 출현율은 대조구가 59%로 가장 높았으며, 1등급 이상 출현율을 보면 대조구와 시험구 1, 2, 3구가 각각 81%, 77%, 59%, 70%로 대조구가 가장 좋았으며, 시험구 2를 제외하고 전반적으로 좋았다. 시험구 1, 3구에서 각각 1두가 육질에서 가장 좋지 않은 3등급으로 판정되었다.
- (8) 참고로 '03년 서울공판장 등급판정 결과는 한우 거세우의 육질 1<sup>+</sup>, 1, 2, 3 등급 출현율은 각각 25%, 30%, 36%, 8.5%로 1등급 이상 출현율은 55%로 나타났다. 한편 2003년 전국 한우능력 평가대회 출하성적 결과는 한우 거세우의 육질 1<sup>+</sup>, 1, 2, 3등급 출현율은 각각 52.4%, 26.2%, 19.6%, 1.8%로 1등급 이상 출현율은 78%로 나타나, 본 시험의 결과(73%)는 이들 평균치보다는 낮았지만 좋은 결과를 나타냈다.
- (9) 육색과 지방색은 각 처리구들간에 큰 차이는 없었으며, 소위 육색이 검다는 암적색 고기(DFD : Dark firm dry)는 전혀 없었다.
- (10) 본 시험결과를 통해서 볼 때 육량 결과는 C 등급이 다소 높았으며, 육질 결과는 서울공판장 결과보다는 높았으며, 전국 한우고급육 생산 품평회 등급 출현율 결과에 버금가는 결과를 나타냈다. 1등급 출현율 70-80% 이상을 목표로 하는 한우고급육 생산을 위하여 성장단계별 적정 TMR 급여와 초음파 측정을 통한 출하시기 조정 등의 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

Table 25. Effect of different feeding regime on carcass traits and carcass grade of Hanwoo steers

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3	SEM
Carcass weight (kg)	408.2±26.54	402.1±37.62	393.9±36.50	393.2±31.26	33.06
Carcass rate (%)	60.82±1.32	60.88±2.15	61.56±2.56	61.22±2.21	2.09
Meat production index	67.19±2.40	66.06±2.37	67.06±2.48	66.86±2.39	2.41
Rib-eye area (cm <sup>2</sup> )	87.23±9.33	86.18±8.06	85.77±12.21	83.94±6.89	9.26
Back fat thickness (mm)	12.88±4.41	15.65±5.83	13.18±5.13	13.35±5.00	5.12
Marbling score	5.71±1.53	5.29±1.79	4.65±1.97	4.65±1.90	1.87
Meat color	4.88±0.33	4.76±0.44	4.65±0.61	4.76±0.56	0.49
Fat color	3.00±0.00	3.00±0.00	3.05±0.24	3.00±0.00	0.12
Meat yield grade					
A	6(35%)	3(17%)	4(23%)	6(35.3%)	
B	7(41%)	5(28%)	8(59%)	6(35.3%)	
C	4(24%)	10(55%)	5(18%)	5(29.4%)	
Meat quality grade					
1 <sup>+</sup>	10(59%)	8(44%)	8(47%)	7(41%)	
1	4(23%)	6(33%)	2(12%)	5(29%)	
2	3(18%)	3(17%)	7(41%)	4(24%)	
3	0	1(6%)	0	1(6%)	

라) 경제성 분석 결과

- (1) 배합사료 도착도 가격은 육성비육(F) 230원/kg, 큰소비육(F) 215.8원/kg, 큰소비육 마블링(F) 228.48원/kg이다. 그리고 조사료 가격은 볏짚 200원/kg, 알팔파큐브 285원/kg이고 TMR 가격은 육성비육 180원/kg, 비육전기 175원



- /kg, 비육후기 177.5원/kg이다. 따라서 총사료비는 배합사료+볏짚+알팔파큐브+TMR 사료의 가격을 합한 것이고, 판매소득은 도체중(kg)에 경매가를 곱하고 부산물가를 합한 것이다. 소득은 판매소득에서 총사료비를 빼서 계산하였다.
- (2) 등급판정에 의한 판매수입(경매가, 부산물)은 대조구, 시험구 1, 2, 3이 각각 719만원, 694만원, 666만원, 680만원으로 대조구가 육질이 우수하여 가장 많았으며, 육질이 낮은 시험구 2가 가장 적었다.
- (3) 관행구인 대조구의 두당 시험기간(587일간) 배합사료 비용은 954,700원이었고, TMR만 급여한 시험구 3은 1,312,320원으로 TMR 비용이 많았다.
- (4) 일일 두당 총 사료비용은 대조구, 시험구 1, 2, 3이 각각 1,207,880원, 1,191,170원, 1,263,150원, 1,312,320원으로 TMR만 급여한 시험구 3이 가장 많았다.
- (5) 소득(판매수입 - 사료비)은 대조구, 시험구 1, 2, 3이 각각 598만원, 575만원, 540만원, 548만원으로 육질이 우수한 대조구가 가장 많았으며, 육질이 낮은 시험구 2가 가장 적었다.
- (6) 본 시험 경제성 분석결과 대조구의 1등급이상 출현율이 82%로 가장 높아 성장단계별로 TMR을 급여한 시험구보다 경제성에서 우수하였는데, 일반적으로 1등급이상 출현율이 70~80% 정도일 때와 비교시 TMR을 급여할 때 경제성에서 차이가 나지 않을 것으로 추정한다.

Table 26. Economical efficiency of different feeding regime

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3	SEM
Selling price (won/head)					
Auction price	6,818,408	6,659,187	6,295,943	6,430,015	682,970
By-products	373,655	368,522	365,575	365,991	12,074
Total price (A)	7,192,063	6,937,709	6,661,518	6,796,006	690,855
Feed cost (won/head)					
Concentrate	954,700	762,430	313,150	-	
Rice straw	205,580	117,320	31,800	-	
Alfalfa cube	47,600	-	-	-	
TMR	-	311,420	918,900	1,312,320	
Total feed cost (per head) (B)	1,207,880 <sup>c</sup>	1,191,170 <sup>d</sup>	1,263,150 <sup>b</sup>	1,312,320 <sup>a</sup>	0
Daily feed cost	2,057 <sup>c</sup>	2,029 <sup>d</sup>	2,151 <sup>b</sup>	2,235 <sup>a</sup>	0
Income(C=A-B)	5,984,183	5,746,539	5,397,668	5,483,686	691,067

<sup>a,b,c,d</sup> Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.01)

### 3. 고급육 생산을 위한 사양단계별 TMR 소화시험

#### 가. 연구 방법

##### 1) 육성기

반추위에 Fistula가 설치된 평균체중 305±17.3kg인 홀스타인 거세우 4두를 공시하여 대조구 2두 (육성비육 사료 원물 3.8kg + 볏짚 2kg + 알팔파 큐브 0.9kg)와 TMR구 2두 (육성기용 TMR사료 원물 10.5kg)의 Duplicate 2×2 Latin Square

Design으로 *In vivo* 실험을 수행하였다. 공시 사료의 조성 및 화학적 성분은 Table 27에 제시되어 있다. 전 시험 동안 사료는 (9:00와 18:00) 1일 2회 나누어 급여하였고, 물과 미네랄 블록은 자유 섭취토록 하였다.

14일간 적응기간을 두었고, 본 실험은 4일 동안 실시하였다. 전장 소화율은 24시간 동안의 사료 섭취량과 분 배설량을 칭량하여 계산하였고, 반추위내 pH, NH<sub>3</sub>-N, VFA, Enzyme activity 및 미생물 군집을 조사하기 위하여 사료급여 후 3시간 간격으로 (0, 3, 6 및 9h) 위액을 채취하였다.

## 2) 비육전기

본 시험은 fistula가 설치된 평균체중  $476 \pm 33.01\text{kg}$ 인 홀스타인 거세우 4 두를 공시하여 Duplicate  $2 \times 2$  Latin Square법으로 수행하였다. 시험은 대조구 (비육전기 사료 원물 7.5kg + 볏짚 2kg)와 TMR구 (비육전기용 TMR사료 원물 15.2kg)의 2처리를 두었고, 사료는 매일 2회 (9:00와 18:00시)를 나누어 급여하였고, 물과 미네랄 블록은 자유 섭취토록 하였다. 공시사료의 조성 및 화학적 성분은 Table 28에 제시하였다.

시험은 14일의 적응기간을 두었고, 4일간 본 실험을 실시하였다. 전장 소화율은 24시간 동안 사료 섭취량과 분 배설량을 칭량하여 계산하였고, 반추위내 발효성상, 미생물의 군집의 변화 등을 조사하기 위해 사료급여 후 3시간 간격으로 (0, 3, 6 및 9h) 누관을 통해 위액을 채취하여 분석 샘플로 사용하였다.

## 3) 비육후기

본 시험은 평균체중 500kg인 홀스타인 거세우 4 두를 공시하여 대조구와 TMR구 2처리를 두고 Duplicate  $2 \times 2$  Latin Square Design으로 설계하였다. 대조구에는 실물기준으로 비육후기 사료 8.5kg와 볏짚 0.8kg를 급여하였고, TMR구에는 비육후기 TMR사료 15kg를 일일 2회로 나누어 급여하였고, 물과 미네랄 블록은 자유 섭취토록 하였다. 공시사료의 조성 및 화학적 성분은 Table 29에 제시하였다.

시험은 14일의 적응기간을 두었고, 4일간 본 실험을 실시하였다. 전장 소화율은 24시간 동안 사료 섭취량과 분 배설량을 칭량하여 계산하였고, 사료급여 후 3시간 간격으로 (0, 3, 6 및 9h) 누관을 통해 위액을 채취하여 반추위내 발효성상, 효소 역

가 및 미생물 균집 등을 조사하였다.

Table 27. The formula and chemical composition of experimental feeds for Holstein steers (growing period)

Item	Total mixed ration	Conventional ration		
<i>Ingredient (% based on DM)</i>				
Beet pulp	4.8			
Tall fescue straw	14.3			
Brewers' grain	14.3			
Apple pomace	14.3			
Barley bran	9.5			
Wheat bran	7.7			
Gluten	7.4			
Corn grain	9.5			
Liquefied yeast	14.0			
Supplements <sup>a</sup>	4.2			
Rice straw				30.8
Alfalfa cube				13.4
Commercial concentrate				55.8
<i>Chemical composition (% based on DM)</i>				
		Rice straw	Alfalfa cube	Commercial concentrate
Dry matter	55.87	89.76	86.26	86.98
Total digestible nutrients	67.53	41.70	60.37	78.10
Crude protein	15.23	3.62	18.57	17.51
Ether extract	4.37	1.68	2.84	4.95
Crude fiber	15.98	32.54	27.73	6.48
Crude ash	8.30	10.85	10.15	7.58
Neutral detergent fiber	47.66	77.27	37.88	30.32
Acid detergent fiber	25.24	50.32	32.19	14.98

<sup>a</sup> Contained molasses (2.9%), salts (0.3%), sodium bicarbonate (0.5%), calcium phosphate (0.3%), and vitamin and mineral mixture (0.2%).

Table 28. The formula and chemical composition of experimental feeds for Holstein steers (fattening period)

Item	Total mixed ration	Conventional ration	
<i>Ingredient (% , based on DM)</i>			
Beet pulp	10.6		
Tall fescue straw	10.3		
Brewers' grain	17.2		
Apple pomace	11.7		
Barley bran	10.3		
Wheat bran	9.9		
Gluten	1.8		
Corn grain	10.3		
Liquefied yeast	13.8		
Supplements <sup>a</sup>	4.8		
Rice straw		21	
Commerical concentrate		79	
<i>Chemical composition (% , based on DM)</i>			
		Rice straw	Commercial concentrate
Dry matter	49.46	91.89	86.58
Crude protein	15.30	9.00	14.46
Ether extract	3.56	2.14	3.88
Total digestible nutrients	68.17	47.27	79.85
Crude fiber	18.76	28.84	5.56
Crude ash	6.21	12.31	7.25
Neutral detergent fiber	48.12	67.31	26.56
Acid detergent fiber	24.62	44.91	13.28

<sup>a</sup> Contained molasses (2.8%), salts (0.4%), sodium bicarbonate (0.7%), and vitamin and mineral mixture (0.1%).

Table 29. The formula and chemical composition of experimental feeds for Holstein steers (finishing period)

Item	Total mixed ration	Conventional ration	
<i>Ingredient (% , based on DM)</i>			
Cotton seeds	3.4		
Tall fescue straw	3.4		
Brewers' grain	16		
Apple pomace	6.8		
lupin hull	6.2		
Barley bran	1.2		
Gluten	3.4		
Corn grain	40.8		
Liquefied yeast	13.6		
Supplements <sup>a</sup>	5.1		
Rice straw		10	
Commerical concentrate		90	
<i>Chemical composition (% , based on DM)</i>			
		Rice straw	Commercial concentrate
Dry matter	58.65	89.65	86.64
Crude protein	8.78	4.41	13.56
Ether extract	4.33	2.78	4.22
Total digestible nutrients	77.01	43.53	82.37
Crude fiber	13.57	27.19	6.02
Crude ash	5.23	13.63	7.26
Neutral detergent fiber	32.91	71.64	26.98
Acid detergent fiber	15.98	48.54	10.83

<sup>a</sup> Contained molasses (3.4%), salts (0.4%), calcium phosphate (0.1%), sodium bicarbonate (1.0%), and vitamin and mineral mixture (0.2%).

#### 4) 조사항목 및 방법

##### ① pH

사료섭취 후 3시간 간격으로 (0, 3, 6, 및 9h) 위액을 채취한 후 즉시 pH meter (Mettler Delta 340)로 반추위액의 pH를 측정하였다.

##### ② NH<sub>3</sub>-N 농도

위액 샘플을 4℃, 3000rpm 15분간 원심분리하고, Eppendorf tube에 상층액 1ml와 0.2ml 25% HPO<sub>3</sub>을 넣어 잘 혼합시킨 후 30분간 방치한 후 분석까지 -20℃에서 냉동 보관하였다. NH<sub>3</sub>-N농도의 분석은 Chaney와 Marbach (1962)의 방법에 의해 UV-spectrophotometer (UV-1601)를 이용하여 630nm에서 흡광도를 측정하여 계산하였다.

##### ③ VFA 농도

위액을 4℃, 3000rpm 15분 동안 원심분리하고, 상층액 1ml를 취하여 Eppendorf tube에 넣고, 0.2ml 25% HPO<sub>3</sub>을 넣어 잘 혼합시킨 후 30분간 방치한 후 분석 전까지 -20℃에서 냉동 보관한다. VFA의 분석은 Erwin 등 (1961)의 방법에 의해 Gas chromatography (HP6890, USA)를 이용하여 측정하였다.

##### ④ 반추 박테리아 균집

Hungate medium (Hungate, 1969)을 이용하여 혐기적으로 10<sup>-8</sup>, 10<sup>-9</sup>, 10<sup>-10</sup> 으로 희석한 위액 1ml를 Anaerobic gassing system을 이용하여 9ml 배지가 주입된 Roll tube에 혐기적으로 접종하였으며, Hungate (1966)의 방법으로 39℃ Incubator에서 48-72시간 배양하는 동안 나타나는 Colony의 수를 계산하였다.

##### ⑤ 반추 곰팡이 균집

Lowe medium (Lowe 등, 1985) 이용하여  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ 으로 희석한 위액 1ml 와 1ml 항생제 (100ml 증류수에 Penicillin-G 1.212g와 Streptomycin 0.264g을 첨가 하여 제조함)를 Anaerobic gassing system을 이용하여 9ml 배지가 주입된 Roll tube에 혐기적으로 주입하였으며, Hungate (1966)의 방법으로 39°C incubator에서 48-72시간 배양하는 동안 나타나는 colony의 수를 계산하였다.

#### ⑥ Protozoa 균집

MSF (Methylgreen-formalin-saline)염색 고정액을 이용하여 위액 1ml과 MSF 용액 4ml를 혼합한 후 Hematocrit를 이용하여 protozoa를 counting하였다. MSF 염색 고정액은 35% formaldehyde 100ml, methylgreen 0.6g 및 NaCl 0.8g에 증류수 900ml를 첨가하여 제조하였다.

#### ⑦ 효소 역가

샘플을 4°C에서 15분 동안 3000rpm으로 원심분리한 후 상층액을 조효소액으로 사용하였다. CMCase는 0.05M Citrate buffer (pH 5.0) 에 2% (w/v) CMC (Carboxy-Methyl-Cellulose) 용액을 제조하여, 조효소액 0.5ml과 CMC 기질용액 0.5ml을 섞어, 50°C의 항온수조에서 30분 동안 효소 반응을 시켰다. 그리고 효소 반응액은 6000rpm에서 15분간 원심분리한 후 상층액 0.2ml과 DNS (Dinitrosalicylic acid)0.6ml을 섞은 후에 100°C에서 5분 동안 발색 반응 시킨 다음 냉각시켜 4.2ml 증류수로 희석하였다. 희석된 반응액은 UV- spectrophotometer (UV-1601)를 이용하여 550nm에서 환원당의 양을 측정하였다. CMCase의 역가는 CMC로부터 유리된 환원당의 양을  $\mu\text{mol reducing sugar/ml/min}$  단위로 환산하여 계산하였다 (Miller, 1959). Xylanase는 1% Oat spelt xylan을 기질로 하여 CMCase와 동일한 방법으로 측정하였다.

Proteolytic activity는 Charney와 Tomarelli (1974)의 방법을 Disdale 등 (1980)이 개선한 방법으로 측정하였다.



### ⑧ *In vivo* 소화율

전분 채취법에 의하여 채취된 분을 잘 섞은 후 샘플을 취하여 3일간 냉동건조시킨 후 60-70°C의 Drying oven에서 24시간 건조하였다. 그리고 분석 전까지 -20°C의 냉동보관 하였다. 분의 일반성분은 AOAC법 (1990)에 의하여 분석하였고, ADF 및 NDF는 Goering과 Van Soest방법 (1970)에 의하여 분석하였다.

$$\text{소화율} = \frac{(\text{사료 내 영양소함량} \times \text{섭취량}) - (\text{분내 영양소함량} \times \text{배설량})}{\text{사료 내 영양소함량} \times \text{섭취량}} \times 100$$

### ⑨ 유산 생성량

사료급여 후 시간대별로 (0, 3, 6 및 9h) 채취한 위액을 3000rpm에서 15분 동안 원심분리한 후 0.2ml를 Eppendorf tube에 넣은 후 황산 1ml를 첨가하였다. 그리고 상온 상태에서 2시간 동안 방치한 후 4000rpm에서 10분 동안 원심분리하고, 상층액 1ml를 여과지 필터링하여 HPLC튜브에 넣고 HPLC (HP-1100)분석기로 분석하였다.

### ⑩ 통계분석

본 실험의 통계처리는 SAS (Statistical Analysis System, 1995)의 ANOVA 분석방법을 이용하여 분산 분석을 실시하였고, 평균의 처리구간 유의성은 Duncan (1955)방법으로 분석하였다.

## 나. 연구결과

### 1) 육성기

#### 가) pH, NH<sub>3</sub>-N 및 VFA의 변화

공시축에 시료를 급여한 후 시간 경과 (0, 3, 6 및 9h)에 따른 pH와 NH<sub>3</sub>-N농도의 변화는 Figure 1에 제시하였고, 사료급여 9h 후의 평균 pH, NH<sub>3</sub>-N 및 VFA의 측정 결과는 Table 30에서 보는 바와 같다. pH는 급여사료에 관계없이 사료급여 후 3h에서 급격히 감소하다가 그 후부터 점차적으로 원 상태로 회복하는 것을 볼 수 있었으며, 두 처리구간 큰 차이는 없었다. 이와 같은 결과는 면양에 있어서 사료급여 후 2-6시간에 가장 낮았다는 Briggs 등 (1957) 및 Reid 등 (1957)의 결과, 또는 젖소에 있어서 사료급여 후 3-5시간에 가장 낮았다는 Smith 등 (1974)의 결과와 유사하였다. 송 등 (1994)은 분리급여 목장과 TMR급여 목장의 젖소 반추위내 pH 변화를 조사한 결과, 두 목장간에 유의한 차이는 나타나지 않았다고 하여 본 연구에서 얻은 결과와 유사하였다.

Owen (1981)은 일반적으로 젖소 사료를 TMR형태로 할 경우 분리급여에 비하여 반추위내 pH는 비교적 높은 수준에서 완만한 변화를 나타내는 경향이 있다고 보고 하였다. 반추위내 pH 변화는 반추동물에 있어서 사료의 섭취 및 이용에 많은 영향을 미치는 것으로 건초의 급여수준, 급여회수 및 급여 후 시간 경과에 따라서 변화된다 (Merchen 등, 1986; 和泉康史, 1979). 본 실험에서 TMR구는 대조구에 비해 더 완만한 pH 변화를 나타내지 못한 것은 TMR사료 중 긴 섬유질 사료의 함량이 대조구 사료보다 적기 때문이었으나 아니면 두 그룹에 급여한 사료의 양이 제한되었기 때문이었을 것으로 보인다.

NH<sub>3</sub>-N 농도의 변화를 보면 대조구와 TMR구에 있어서 사료급여 전 (0h)과 급여 9h 후에는 두 처리구간 유의한 차이가 없었으나 3h과 6h 후에는 TMR구가 대조구보다 유의적으로 높았다 ( $p < 0.01$ ). 사료급여 9h 후의 평균 NH<sub>3</sub>-N 농도를 보면 TMR구가 대조구보다 평균 45.4% 유의적으로 증가하였다 ( $p < 0.01$ ). 암모니아는 미생물의 단백질 합성에 필요한 가장 중요한 질소원이며 (Bryant, 1974), 사료 내 단백질 함량이나 용해도 및 그 밖의 물리 화학적 특성에 따라 반추위내의 암모니아 농도는 크게 영향을 받는다. Erdman 등 (1986)은 반추위내의 암모니아 농도는 사료의 소화 속도가 빨라질수록 증가한다고 하였다.

Table 30. Influence of different diets on pH, NH<sub>3</sub>-N and VFA in Holstein steers (growing period)

Items	Control	TMR	SEM	Significance
pH	6.50	6.45	0.051	NS
NH <sub>3</sub> -N (mg/dl)	5.83	8.48	0.543	**
VFA composition (mM)				
Acetic acid	64.31	58.81	2.123	NS
Propionic acid	17.23	19.65	0.691	NS
Butyric acid	11.52	9.77	0.379	*
Total VFA	96.65	92.26	3.018	NS
A/P ratio	3.80	3.08	0.105	**

\* : p<0.05; \*\* : p<0.01; NS: non-significant.

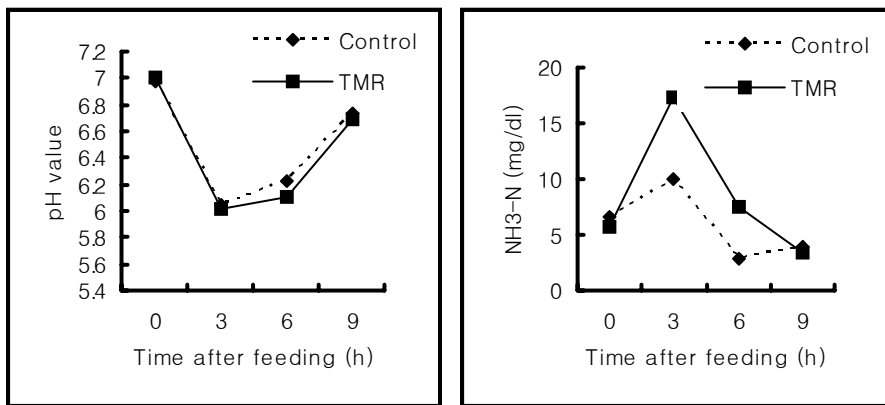
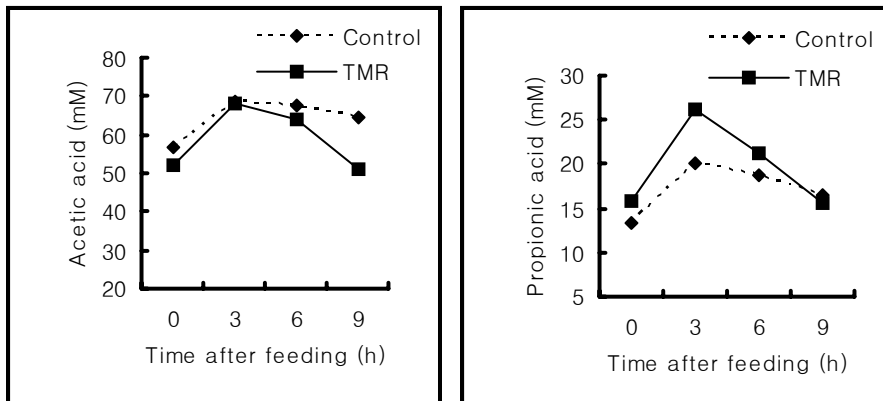


Figure 1. Change of pH and NH<sub>3</sub>-N concentration in Holstein steers (growing period) on different feeding system.

반추위내 영양소분해에 대한 적정 암모니아 농도가 8-10mg/dl 이지만 6.3-27.3mg/dl 사이에서도 반추위내 영양소 분해에는 영향을 미치지 않는다고

Hume (1970)과 Ortega 등 (1979)은 보고한 바 있다. 또 Okeke 등 (1983)은 반추위 내에서 사료의 발효가 왕성해지면 휘발성 지방산 생성량이 증가되어 pH값은 감소하게 되고, 동시에 반추위내 단백질 분해가 활발히 일어남으로써 암모니아 농도가 증가되기 때문에 반추위 pH와 암모니아 농도는 부(-)의 상관관계가 있다고 하였는데, 본 시험의 결과도 이와 유사한 경향을 나타내었다.

반추위내 각 VFA 생성량의 변화는 Figure 2에 보는 바와 같으며, 전반적으로 acetic acid 생성량은 두 처리구간에 차이는 없었고, 실험사료 급여 9h 후에는 TMR구가 대조구보다 낮은 경향을 보였다. Propionic acid 생성량은 3h에서만 TMR구가 대조구보다 유의적으로 높았으나 ( $p < 0.05$ ), 다른 시간대에서는 두 처리구간에 유의성이 없었다. 한편 Total VFA 생성량을 보면 사료급여 9h 후에 TMR구가 대조구보다 현저히 낮았는데 이는 acetic acid 생성량이 감소했기 때문에 나타난 결과로 사료된다. 사료급여 9h 후 까지 각 VFA의 평균 생성량을 보면 butyric acid만 TMR구가 대조구보다 유의적으로 높았고 다른 지방산은 큰 차이를 보이지 않았다 (Table 30). 그러나 A/P 비율은 대조구가 TMR구에 비하여 현저히 높았다 ( $p < 0.01$ ).



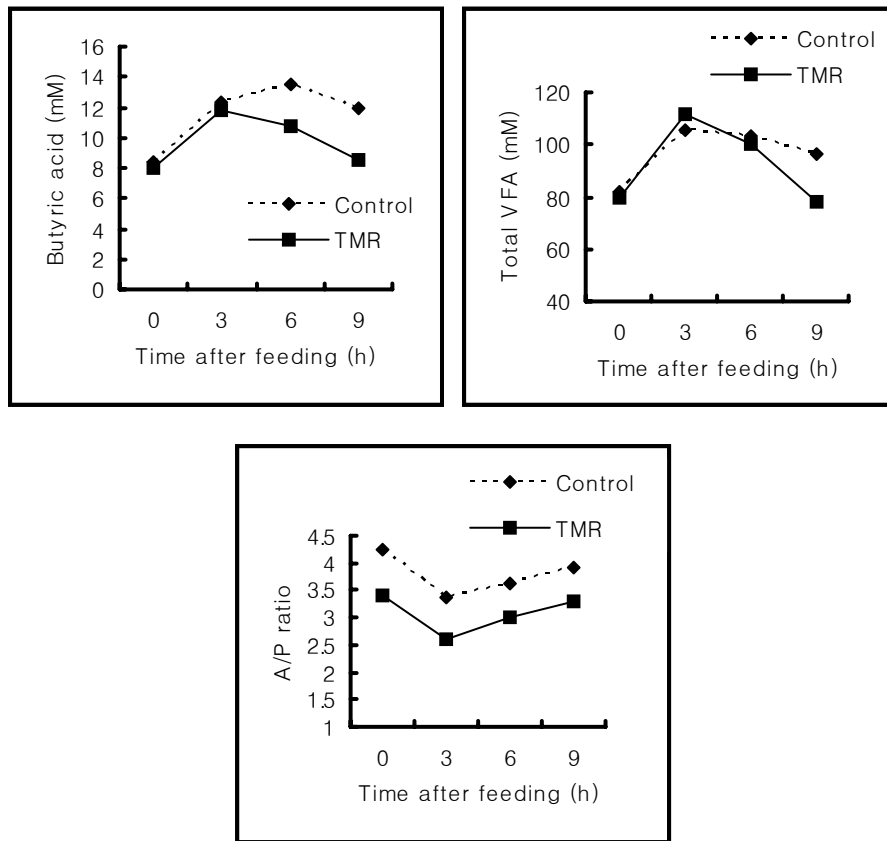


Figure 2. Change of VFA production in Holstein steers (growing period) on different feeding system.

Cowsert 등 (1968)와 Merchen 등 (1986)은 건초의 급여비율과 섭취수준에 의하여 VFA의 조성에 영향을 미쳤다고 보고하였으며, A/P 비율을 건초의 급여비율이 증가함에 따라 높아진다고 보고한 바 있다 (Davis, 1979). 본 실험에서 섬유질 사료의 섭취량이 건물로 대조구 (1.73kg/day)가 TMR구 (1.35kg/day)보다 높기 때문에 대조구가 TMR구보다 A/P 비율이 높게 나타난 것으로 판단된다.

따라서 전체 NDF 함량도 중요하지만 물리적 작용을 할 수 있는 E-NDF의 함량에 따라 반추위내 발효성상이 큰 영향을 받는다는 점을 생각하면 본 연구에서 사용한 TMR 사료의 물리적 작용이 대조구에 비해 낮았다고 보인다.

나) 효소 역가

사료급여 후 9h까지의 평균 섬유소 분해 효소 역가 및 각 미생물 군집변화의 측정 결과는 Table 31에 제시하였고, 사료급여시간에 따른 반추위내 효소 역가의 변화는 Figure 3에서 보는 바와 같다. CMCase의 활력은 0h에는 TMR구가 대조구보다 유의적으로 높았으며 ( $P<0.05$ ), 3, 6 및 9h에는 두 처리구간에 유의성은 없었으나 TMR구가 대조구보다 다소 높은 경향을 보였다. 또 사료급여 9h 후까지 CMCase의 평균 활력은 두 처리구간에 유의성이 없었으나 대조구에 비하여 TMR구가 평균 24.2% 정도 높은 경향을 나타내었다.

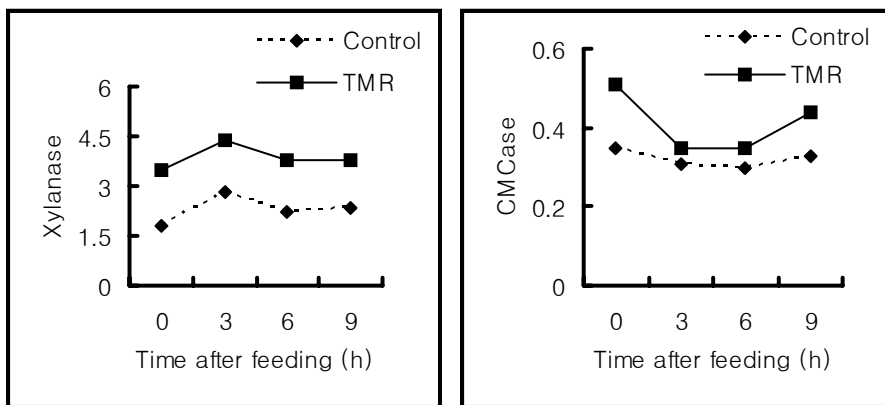


Figure 3. Change of enzyme activity in Holstein steers (growing period) on different feeding system.

Xylanase는 전 실험기간 동안에 TMR구가 대조구보다 높은 수준을 유지하였다 ( $p<0.01$ ). 그리고 사료급여 9h 후까지의 xylanase의 평균 활력도 TMR구가 대조구보다 평균 69.3% 더 높았다 ( $p<0.01$ ).

Table 31. Influence of different diets on enzyme activity and microbial population in Holstein steers (growing period)

Items	Control	TMR	SEM	Significance
Enzyme activity				
CMCase ( $\mu\text{mol}$ reducing sugar/ml/min)	0.33	0.41	0.026	NS
Xylanase ( $\mu\text{mol}$ reducing sugar/ml/min)	2.28	3.86	0.224	**
Microbial population				
Total bacteria counts ( $\times 10^{10}$ )	16.98	20.28	2.885	NS
Total fungi counts ( $\times 10^4$ )	7.66	3.86	1.439	NS
Protozoa ( $\times 10^5$ )	3.99	5.17	0.245	**

\*\* :  $p < 0.01$ ; NS: non-significant.

#### 다) 미생물 군집의 변화

반추위내에 서식하는 미생물 군집을 관찰한 결과, 사료급여 9h 후에 protozoa의 군집은 TMR구가 대조구보다 29.6% 더 높았고 ( $p < 0.01$ ), Total bacteria와 fungi의 군집은 두 처리구간에 유의적 차이는 발견되지 않았다 (Table 31). 그러나 사료급여 후 3h간격으로 미생물 군집을 조사한 결과, Total bacteria는 TMR구가 대조구보다 높은 경향을 보인 반면, Total fungi는 TMR구가 대조구보다 낮은 경향을 나타내었다 (Figure 4). 한편 반추위내 protozoa 군집의 변화는 전반적으로 TMR구가 대조구보다 높은 경향을 나타내었고, 특히 사료급여 전 (0h)과 급여 9h 후에서 TMR구가 대조구보다 유의적으로 높았다 ( $p < 0.05$ ).

반추위 미생물은 사료의 종류 및 섭취량 (Firkins 등, 1986)과 dilution rate 등에 따라 변화 된다 (Isaacson 등, 1975; Kropp 등, 1977). 반추위내 미생물 단백질의 생성에 필요한 Energy원은 주로 탄수화물로부터 공급되며, 미생물 수는 반추위에서 발효조건에 의해 결정되는 것으로 소화율이 낮으면 bacteria의 수도 감소한다고

Hungate (1968)는 보고하였다.

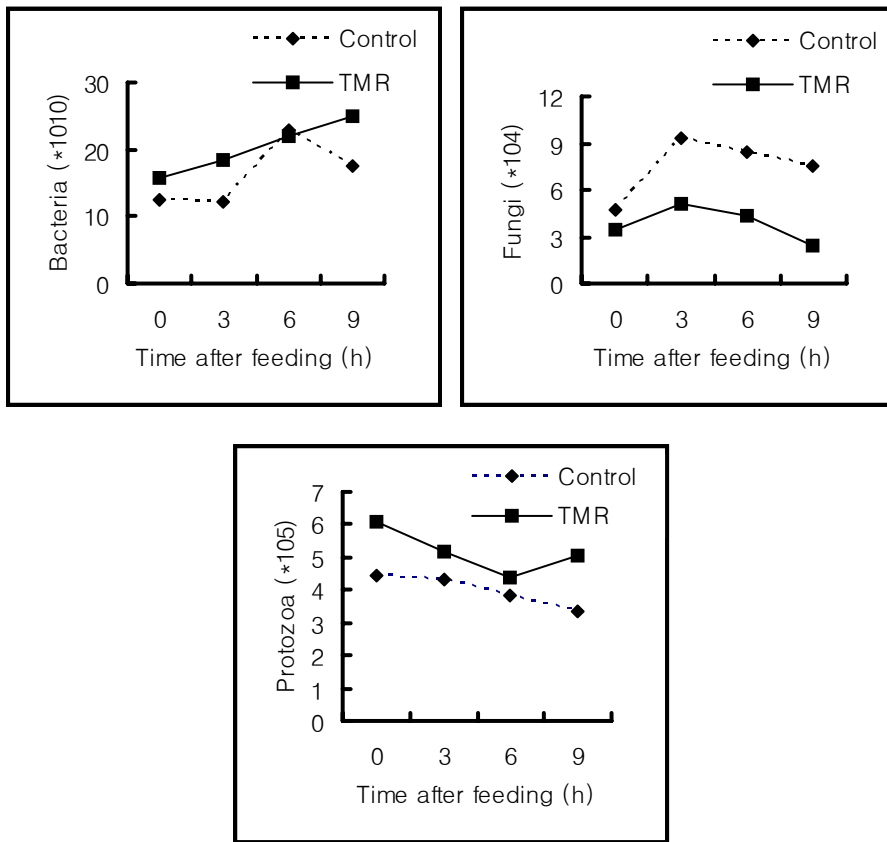


Figure 4. Change of microbial population in Holstein steers (growing period) on different feeding system.

라) *In vivo* 소화율

실험사료의 *In vivo* 전장 소화율은 Table 30에서 보는바와 같이 EE를 제외하고 DM, OM, CP, NDF 및 ADF 등 영양소 소화율은 TMR구가 대조구보다 각각 10.9, 17.7, 18.2, 19.3 및 21.7%로 유의적으로 높았다. Gibson (1984), Yang & Varga (1989)의 연구결과에 의하면 젖소에게 관행방법인 조·농사료 분리급여 형태



로 농후사료를 1일 2-3회 급여하는 것 보다 TMR로 급여회수를 증가시키면 반추위내 환경 변화 폭이 적어지고 사료 소화율이 향상되며, 그에 따라 건물 섭취량이 한다. 본 실험에서 TMR구의 영양소 소화율이 대조구보다 높게 나타난 것은 공시축이 TMR를 섭취할 때 조사료와 농후사료를 균일하게 섭취하면서 반추위내 환경을 안정화시킴으로 나타난 결과로 사료된다.

Table 32. Influence of different diets on *in vivo* digestibility (%) of nutrients in Holstein steers (growing period)

Nutrients	Control	TMR	SEM	Significance
DM	60.90	67.52	1.732	*
OM	58.63	69.00	2.312	**
CP	58.91	69.66	2.273	**
EE	78.16	81.42	3.136	NS
NDF	54.86	65.48	2.688	*
ADF	50.45	61.41	2.598	*

\* :  $p < 0.05$ ; \*\* :  $p < 0.01$ ; NS: non-significant.

## 2) 비육전기

### 가) pH, lactate, $\text{NH}_3\text{-N}$ 및 VFA의 변화

공시축에 사료를 급여한 후 9h까지의 평균 pH,  $\text{NH}_3\text{-N}$ , lactic acid 및 VFA의 측정결과는 Table 33에 제시하였고, pH,  $\text{NH}_3\text{-N}$  및 lactic acid의 시간별 변화는 Figure 5에서 보는 바와 같다. 사료급여 후 3시간 간격으로 pH를 관찰한 결과, 9h까지는 두 처리구간에 통계적 차이는 없었으나 전반적으로 TMR구가 대조구보다 높은 경향을 나타내었으며, 특히 6h에는 TMR구가 대조구보다 유의적으로 높았다 ( $p < 0.05$ ).

반추위내의 pH 변화는 섬유소 분해율에 커다란 영향을 미치는데, 대략 6.0까

지는 pH가 감소하더라도 섬유소 분해율에 큰 영향을 주지 않았지만, 5.5 이하에서는 섬유소 분해율이 매우 낮게 나타났다고 보고하였다 (Hoover, 1986). Peters 등 (1989)은 pH의 감소가 최종 발효산물과 Gas 생산에 영향을 미친다고 하였으며, Strobel과 Russell 등 (1986)은 발효 에너지를 미생물 에너지로 바꾸는 과정에 있어 pH를 6.7에서 6.0으로 낮추었을 경우 박테리아 단백질 합성이 34~69%까지 감소했다고 하였다. 따라서 TMR구는 대조구보다 높은 수준에서 pH가 유지되므로 미생물 특히 섬유소 분해 미생물들이 생존에 유리하기 때문에 섬유소 분해 및 미생물 단백질의 합성이 더 활발했을 것으로 생각된다. TMR구에서 pH의 변화폭이 대조구에 비하여 적게 나타났는데 이 같은 결과는 TMR의 경우 반추동물이 조사료와 농후사료를 좀더 균일하게 섭취함으로써 인하여 나타난 것으로 사료된다.

Table 31. Influence of different diets on pH, NH<sub>3</sub>-N, lactic acid and VFA in Holstein steers (fattening period)

Items	Control	TMR	SEM	Significance
pH	5.93	6.15	0.074	NS
NH <sub>3</sub> -N (mg/dℓ)	8.04	10.18	0.698	NS
Lactic acid (%)	3.69	2.09	0.323	**
VFA composition (mM)				
Acetic acid	67.25	69.30	3.358	NS
Propionic acid	20.10	16.78	1.226	NS
Butyric acid	11.71	8.99	1.169	NS
Total VFA	103.73	99.39	5.081	NS
A/P ratio	3.47	4.29	0.268	NS

\*\* : p<0.01; NS: not significant.

한편 Wilson 등 (1975), Barnett와 Reid (1961), Burrows와 Moulder (1968)에 의하면 lactic acid 생성 증가는 낮은 pH와 관계가 있으며 또한 VFA 생성량을 감소시킨다. Lactic acid의 흡수율은 VFA보다 조금 낮고, 그리고 VFA보다 강산 (pk 4.7 vs 3.8)이므로 lactic acid의 생성량의 증가는 반추위 pH의 급속한 저하를 초래

한다 (Allison, 1976; Erfle 등, 1982). Figure 5에 보는 바와 같이 본 실험에서 lactic acid 농도가 대조구에서 TMR구보다 높았으며 ( $p < 0.01$ ), 이러한 lactic acid 농도의 변화는 대조구의 pH를 떨어뜨린 주 요인으로 사료된다. 따라서 TMR급여체계가 반추위내 lactic acid 축적량을 감소시켜, 적정 pH를 유지함으로써 Acidosis를 예방할 수 있을 것으로 사료된다.

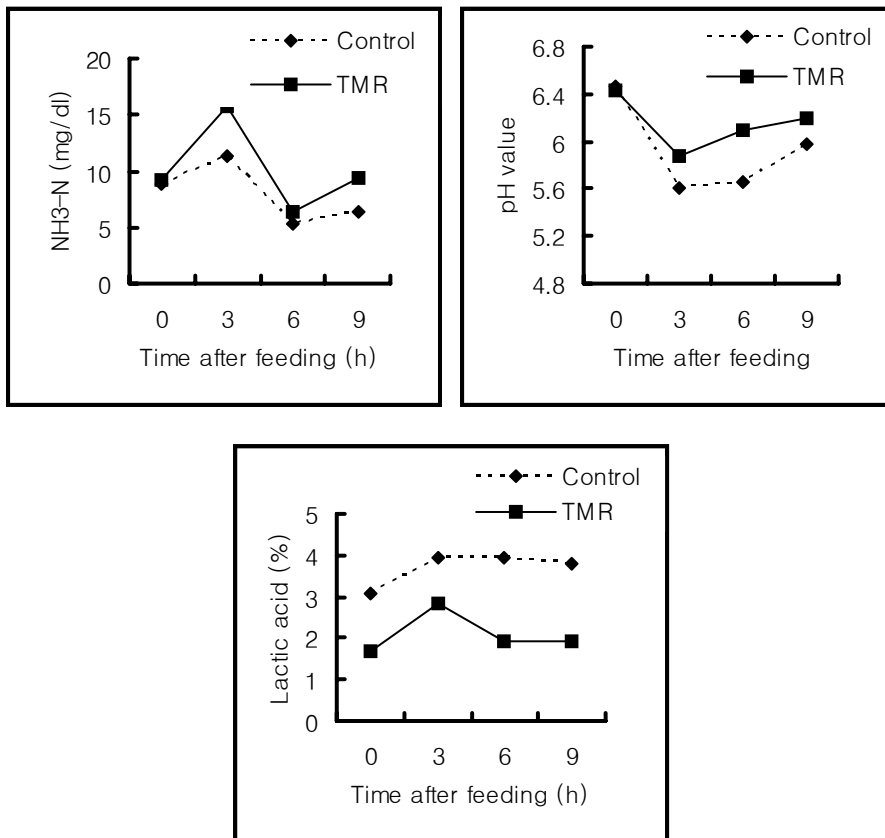


Figure 5. Change of pH, NH<sub>3</sub>-N and lactic acid concentration in Holstein steers (fattening period) on different feeding system.

NH<sub>3</sub>-N 농도는 3h에 TMR구가 대조구보다 유의적으로 높았으나 ( $p < 0.01$ ), 다른 시간에서는 두 처리구간에 통계적 유의차는 없었고 (Figure 6), 9h까지의 평균 NH<sub>3</sub>-N 농도도 두 처리구간에 유의한 차이는 없었다 (Table 33). 암모니아 농도는 미생물의 단백질 합성에 필요한 가장 중요한 질소원이며 (Bryant, 1974), 사료 내

단백질 함량이나 용해도 및 그 밖의 물리·화학적 특성에 따라 반추위내 암모니아 수치가 크게 영향을 받는다. 그리고 Erdman 등 (1986)은 반추위내 암모니아 농도는 사료의 소화 속도가 빨라질수록 증가한다고 보고하였는데, 본 실험에서 대조구가 TMR구보다 암모니아 농도가 낮은 것은 볏짚과 농후사료의 분리급여가 반추위내 미생물의 생존 환경에 영향을 주어 미생물의 활력이 저하되었고, 이러한 형상으로 인하여 분리급여구의 사료 분해속도가 TMR구보다 낮은 수치를 보인 것으로 사료된다. 또한 실제 건물기준으로 대조구의 단백질 함량이 13.6% 정도로 TMR구의 15.3%에 비하여 낮은 것도 이러한 결과를 나타낸 원인이라고 생각된다.

각 VFA 생성량이 TMR구와 대조구간에 큰 차이는 없었고, Total VFA 생성량도 역시 두 처리구간에 통계적 유의차를 발견하지 못했다 (Table 33, Figure 6). A/P ratio 또한 전 시간대에 걸쳐 TMR구가 대조구보다 높은 경향을 보였으나 통계적 유의차는 없었다. Li 등 (2003)은 육성기 홀스타인 거세우에 실험한 결과, A/P ratio는 대조구가 TMR구보다 유의하게 높았다고 보고하였는데 본 실험에서 대조구의 농후사료 다급으로 인한 propionic acid 생성량 증가로 인하여 A/P ratio이 대조구가 TMR구보다 낮게 나타난 것으로 사료된다.

#### 나) 효소 역가

사료 급여 후 9h까지의 반추위내 효소 역가 및 미생물 군집을 측정된 결과는 Table 34에 제시되었다. CMCase, xylanase 및 proteolytic activity가 사료급여 시간에 따른 변화는 Figure 7에서 보는 바와 같다. 사료를 급여한 후 3h 간격으로 채취한 반추위액 중 섬유소 분해와 관련된 효소인 CMCase와 xylanase의 활력을 측정된 결과, 전 실험기간 동안 두 처리구간에 통계적 차이는 발견되지 않았다. Proteolytic activity는 전반적으로 TMR구가 대조구보다 낮았는데 특히 사료급여 후 3h, 6h 및 9h에서 대조구가 TMR구보다 유의적으로 높은 결과를 나타내었다 ( $p < 0.05$ ).

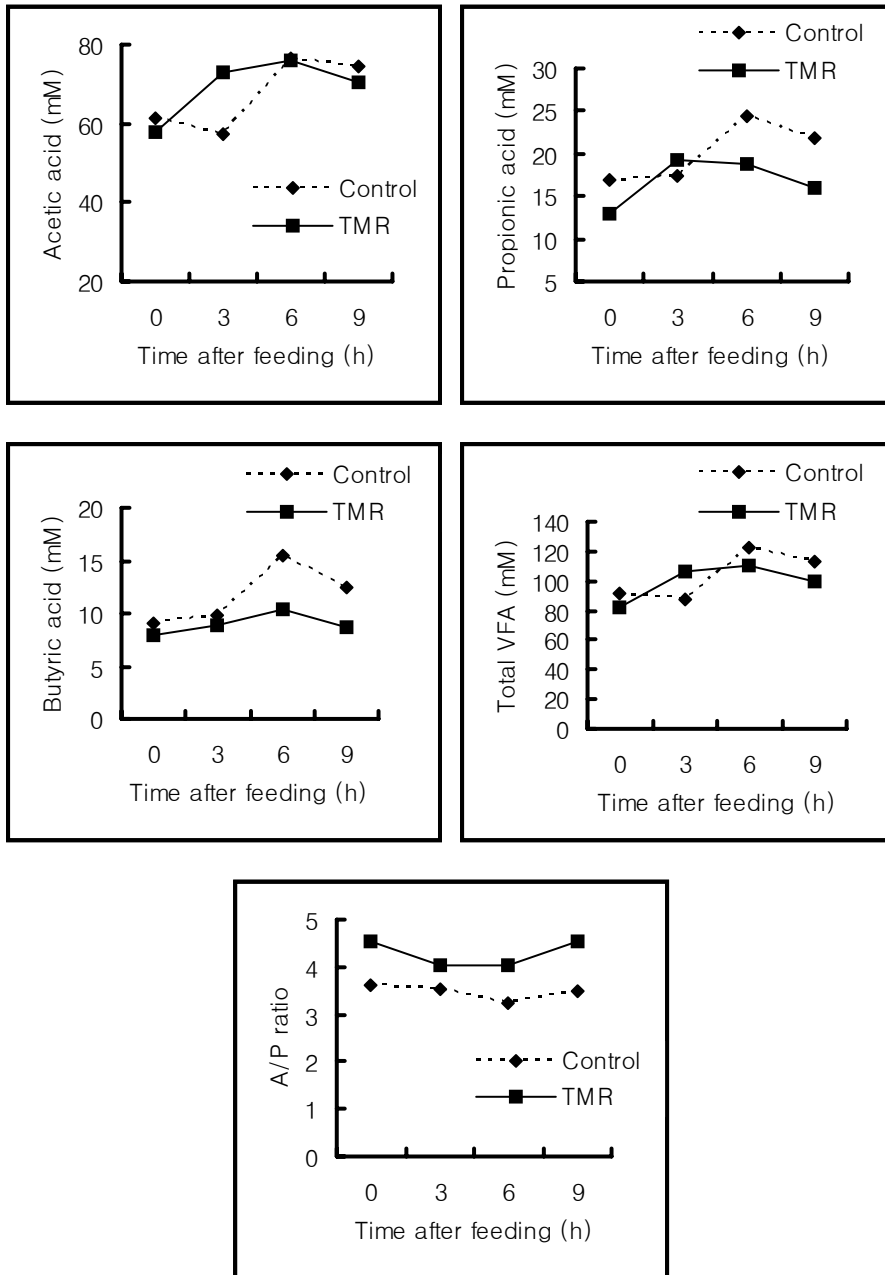


Figure 6. Change of rumen VFA in Holstein steers (fattening period) on different feeding system.

9h까지의 평균 활력을 보면 CMCase, xylanase는 두 처리구간에 통계적 차이는 없었으나 proteolytic activity는 TMR구가 대조구보다 유의적으로 낮았다. Li 등 (2003)의 연구결과에 의하면 TMR과 CR (조·농사료 분리급여)를 육성기의 홀스타인 거세우에 급여하여 3h 간격으로 위액을 채취하여 측정된 결과, CMCase의 활력은 두 처리구간에 유의성은 없었으나 xylanase의 활력은 TMR구가 대조구보다 유의적으로 증가하였다고 보고하였다.

Table 34. Influence of different diets on enzyme activity and microbial population in Holstein steers (fattening period)

Items	Control	TMR	SEM	Significance
Enzyme activity				
CMCase ( $\mu\text{mol}$ reducing sugar/ml/min)	1.53	1.49	0.089	NS
Xylanase ( $\mu\text{mol}$ reducing sugar/ml/min)	2.37	2.40	0.359	NS
Proteolytic activity (azocasein $\mu\text{g}/\text{h}$ )	0.71	0.41	0.075	*
Microbial population				
Total bacteria counts ( $\times 10^{10}$ )	50.45	73.01	7.609	NS
Total fungi counts ( $\times 10^4$ )	1.95	1.26	0.278	NS
Protozoa ( $\times 10^5$ )	6.51	7.58	0.911	NS

\* :  $p < 0.05$ ; NS: not significant.

#### 다) 미생물 군집의 변화

반추위내 미생물 군집의 변화는 Figure 8에서 보는 바와 같이 Total bacteria의 군집은 사료섭취 후 시간이 경과함에 따라 3h까지 급격히 감소하다가 점차적으로 증가하는 경향을 보였고, 그리고 대조구에 비해 TMR구에서 Total bacteria가 더 높은 군집을 형성한 것을 볼 수 있다. 반추위내 fungi는 bacteria와 반대로 사료급여

시간이 경과함에 따라 3h까지 증가하다가 서서히 감소하는 경향을 보였고, 대조구가 TMR구보다 더 높은 균집을 형성하였다.

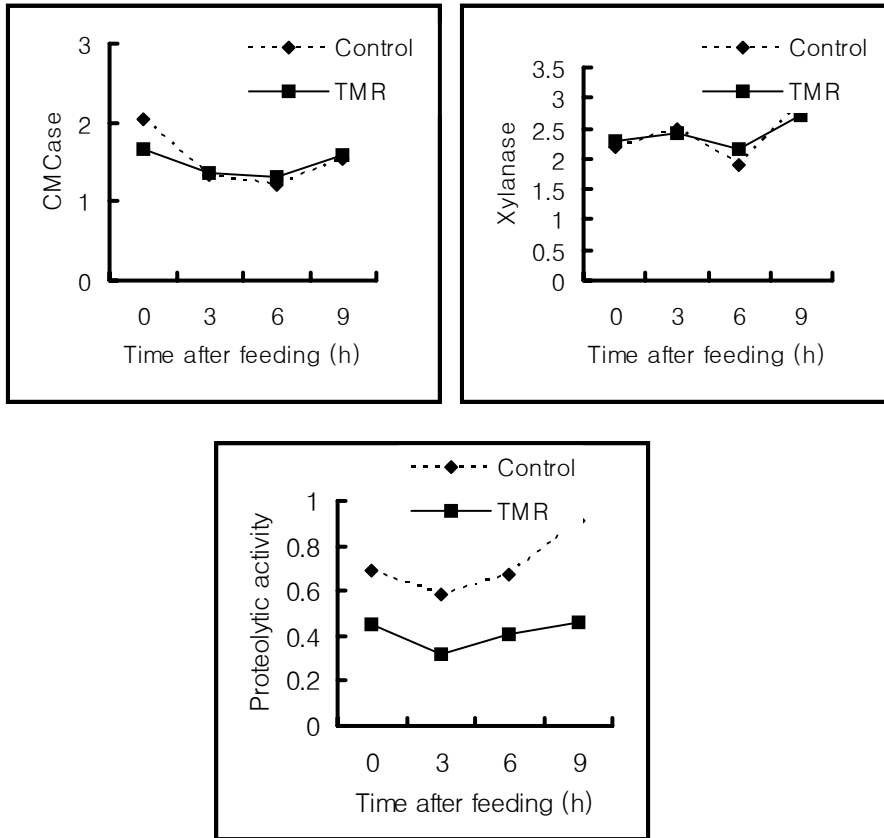


Figure 7. Change of proteolytic (azocasein  $\mu\text{g}/\text{h}$ ), CMCCase and xylanase activity ( $\mu\text{mol}$  reducing sugar/ml/min) of rumen fluid collected from Holstein steers (fattening period) on different feeding system.

Protozoa의 균집은 처리구간 큰 차이는 없었지만 TMR구가 대조구보다 높은 경향을 보였다. 이 같은 결과는 Li 등 (2003)에 육성기 홀스타인 거세우를 이용하여 실험한 결과와 유사한 경향을 나타낸 것이었다. 한편, 사료급여 후 9h까지의 평균 미생물의 균집변화는 두 처리구간에 통계적 차이는 발견되지 않았다 (Table 34).

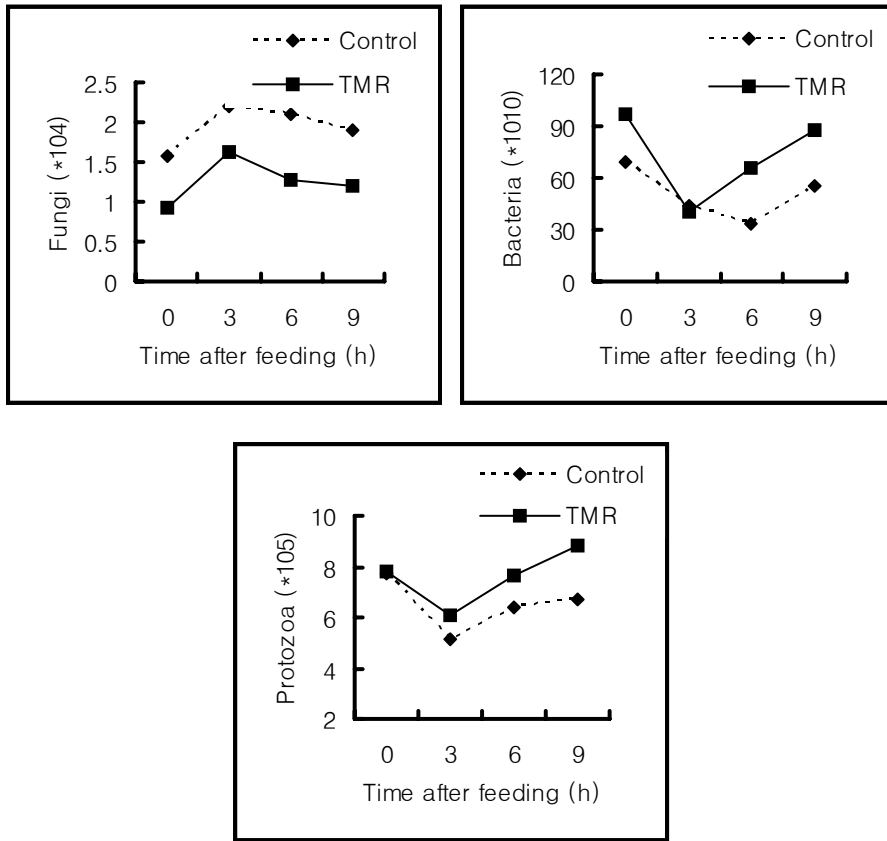


Figure 8. Change of rumen microbial population in Holstein steers (fattening period) on different feeding system.

심 등 (1998)은 볏짚, 알팔파 건초 및 옥수수 사일리지를 한국 재래산양에게 급여하여 반추위내 미생물 군집의 변화를 관찰한 결과, 옥수수 사일리지 급여구에 서 Total bacteria와 fungi의 수치가 가장 높다고 보고한 바 있다. 일반적으로 반추 위내 fungi의 군집은 사료의 종류에 의해서 크게 영향을 받는데, 반추동물에게 알팔 파 건초와 건목초를 급여하거나, 목초 사일리지나 목초 호밀을 급여하는 경우 (Bauchop,1981; Grenet 등, 1989)에는 fungi의 군집이 증가하였지만, 전분 함량이 높 은 사료나 쉽게 발효되는 어린 목초 또는 연한 잎을 급여하거나 (Greenwood 등, 1983) 곡류사료를 급여하면 (Gordon, 1985) fungi의 군집이 감소한다. 이와 같은 현 상은 반추위내의 통과속도 및 pH 변화와 관련이 있는데, 연한 목초, 잎 및 곡류사 료의 경우에는 반추위내 통과속도가 비교적 빠르기 때문에 다른 미생물보다 성장률



이 느린 fungi가 부착하여 성장을 하기 전에 하부장기로 흘러 버리기 때문이다.

라) *In vivo* 소화율

CR (조·농사료 분리급여)과 TMR을 공시축에 급여하였을 때 조단백질 소화율은 TMR구가 (69.29%)가 대조구 (54.27%)보다 유의적으로 ( $p<0.01$ )높았다. 그러나 다른 영양소의 소화율은 두 처리구간 통계적 유의차는 없었지만 TMR구가 대조구보다 다소 높은 경향을 보였다 (Table 35).

Table 35. Influence of different diets on *in vivo* digestibility (%) of nutrients in Holstein steers (fattening period)

Nutrients	Control	TMR	SEM	Significance
DM	65.11	66.67	0.969	NS
OM	67.82	68.35	0.964	NS
CP	54.67	69.29	2.925	**
EE	64.49	72.94	2.339	NS
NDF	66.46	67.93	1.267	NS
ADF	56.17	62.16	1.945	NS

\*\* :  $p<0.01$ ; NS: not significant.

3) 비육후기

가) pH, NH<sub>3</sub>-N 및 VFA의 변화

사료 급여 후 9h까지의 평균 pH, NH<sub>3</sub>-N 및 VFA의 측정 결과는 Table 36에 제시하였고, pH와 NH<sub>3</sub>-N의 사료급여시간에 따른 변화는 Figure 9에서 보는 바와 같다. TMR구의 pH는 5.87~6.32 범위이었으며, 대조구는 5.69~6.17 범위이었다. 전

실험기간 동안 pH 변화를 보면 전반적으로 두 처리구간에 통계적 유의차는 없었지만 TMR구가 대조구보다 높은 경향을 보였다. 이 같은 결과는 TMR을 급여로 사료간의 선택채식을 방지함으로 반추위내 pH를 조·농사료 분리급여보다 더 높은 수준에서 유지되었다고 사료된다.

반추동물이 섭취한 사료는 반추위내 서식하는 bacteria, protozoa 및 fungi 등에 의해서 발효되어 VFA를 생성하며 (Ørskov, 1982; Lyons, 1987), 이것은 타액 또는 사료성분에 의해서 계속 중화됨으로 반추위내 pH는 비교적 일정 수준으로 유지된다 (Maeng, 1975). 조사료와 농후사료를 분리 급여하면 반추동물은 농후사료를 선택 채식하게 되고 분해속도가 빠른 전분으로부터 휘발성 지방산이 빨리 생성되어 반추위내 pH가 2-3시간 내에 급격히 낮아진다. 김 등 (2003)은 한우에 TMR과 조·농사료 분리급여 방식을 비교한 결과, 두 처리가 모두 사료급여 후 2-3h대 pH가 급격히 낮아졌다가 서서히 증가하였고, 그리고 TMR급여에 의한 반추위내 pH변화는 대조구보다 높은 6.0 이상의 수준에서 비교적 안정적으로 유지되었다고 보고하였는데 본 실험에서도 이와 유사한 경향을 나타내었다.

Table 36. Influence of different diets on pH, NH<sub>3</sub>-N and VFA in Holstein steers (finishing period)

Items	Control	TMR	SEM	Significance
pH	5.92	6.07	0.1474	NS
NH <sub>3</sub> -N (mg/dℓ)	7.14	10.89	0.7369	**
VFA (mM)				
Acetic acid	64.72	65.88	0.9515	NS
Propionic acid	19.06	18.85	0.2419	NS
Butyric acid	10.34	11.46	0.2471	**
Total VFA	97.08	99.67	1.3301	NS
A/P ratio	3.39	3.51	0.0252	**

\*\* : p<0.01; NS: non-significant.

Figure 9에서 보는 바와 같이 NH<sub>3</sub>-N 농도의 변화는 사료급여 후 9h까지 TMR구가 대조구보다 높은 수준에서 유지되었고, 특히 사료급여 후 3h에서는 TMR구가 대조구보다  $p < 0.05$  수준에서 유의적으로 높았고, 6h와 9h에서는  $p < 0.01$  수준에서 현저히 높은 수치를 나타내었다. 그리고 Table 34에서 보는 바와 같이 9h까지의 평균 NH<sub>3</sub>-N 농도 또한 TMR구가 대조구보다 유의적으로 높았다 ( $p < 0.01$ ).

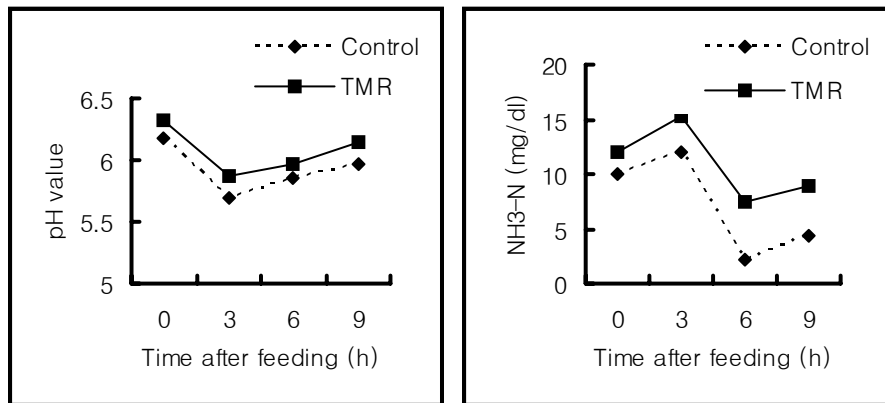


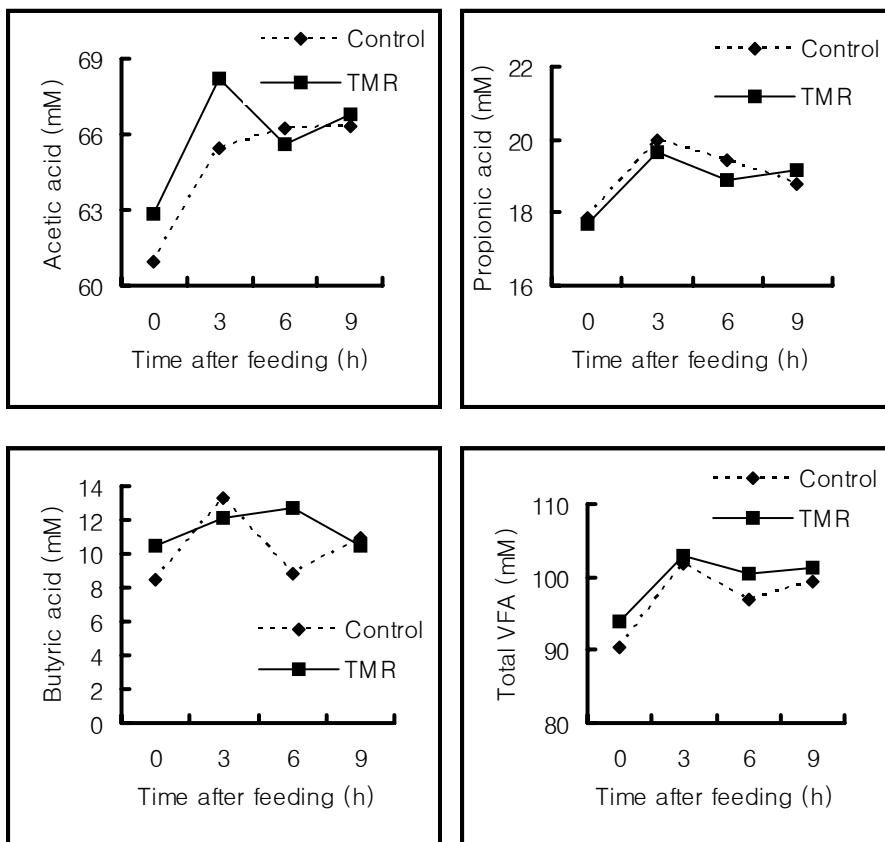
Figure 9. Change of pH and ammonia nitrogen concentration in the rumen of Holstein steers (finishing period) on different feeding system.

반추위내 미생물은 사료 단백질을 분해한 후 생성된 Peptide나 Amino acid 그리고 NH<sub>3</sub>-N을 이용하여 미생물체 단백질을 합성한다. 반추동물이 필요로 하는 대사 단백질 요구량의 약 60%가 미생물 단백질에 의해 충족되기 때문에 미생물 단백질의 합성량을 증가시키는 것이 동물 생산능력에 큰 영향을 준다. Kim 등 (1999)과 Kim 등 (2000)은 단백질과 탄수화물의 반추위내 분해속도의 동기화 (synchronization)가 미생물 단백질 합성량을 증가시킬 수 있다고 보고한 바 있다. 따라서 미생물 단백질 합성 시 미생물 성장에 필요한 에너지를 충분히 공급하여 반추위내에서의 사료의 소화와 발효를 최대로 높이기 위하여 조단백질 함량은 건물의 11% 이상 필요하다고 하고 있다.

Brannan 등 (1973)와 Eck 등 (1988)은 육우의 사양시험으로부터 사료의 섭취량과 사료에너지의 이용효율을 최대로 하기 위해서는 사료 중 조단백질 함량을 12% 전후로 하는 것이 좋다고 보고하였다. 본 실험 중 NH<sub>3</sub>-N 농도를 보면 TMR구는 7.49-15.26mg/dl, 대조구는 2.24-12mg/dl로 TMR구에 비해 전반적으로 낮았다.

특히 대조구는 미생물 단백질 합성을 위한 최소 농도인 6.0mg/dl (Henning 등, 1993)에 미치지 못하는 경우도 있었다.

한편 VFA 생성량의 변화를 보면 acetic acid와 propionic acid는 두 처리구간에 큰 차이는 없었으나 butyric acid는 0h와 6h, 그리고 사료급여 후 9h까지의 평균 생성량은 TMR구가 대조구보다 유의하게 높았다 ( $p < 0.01$ ). Total VFA 생성량은 두 처리구간에 통계적 유의성은 없었고, A/P 비율은 전반적으로 TMR구가 대조구보다 높은 경향을 보였으나 두 처리구간에 통계적 차이는 발견되지 않았다 (Figure 10). 그러나 사료급여 후 9h까지의 평균 A/P 비율은 TMR구가 대조구보다 유의적으로 높았다 (Table 36,  $p < 0.01$ ).



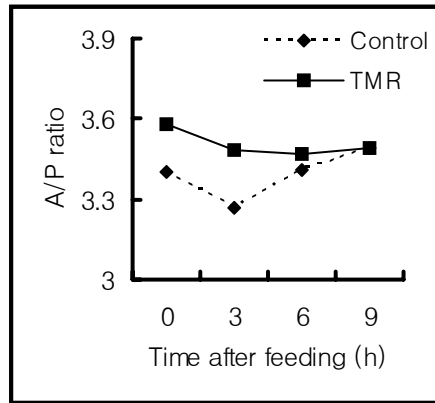


Figure 10. Change of VFA concentration in the rumen of Holstein steers (finishing period) on different feeding system.

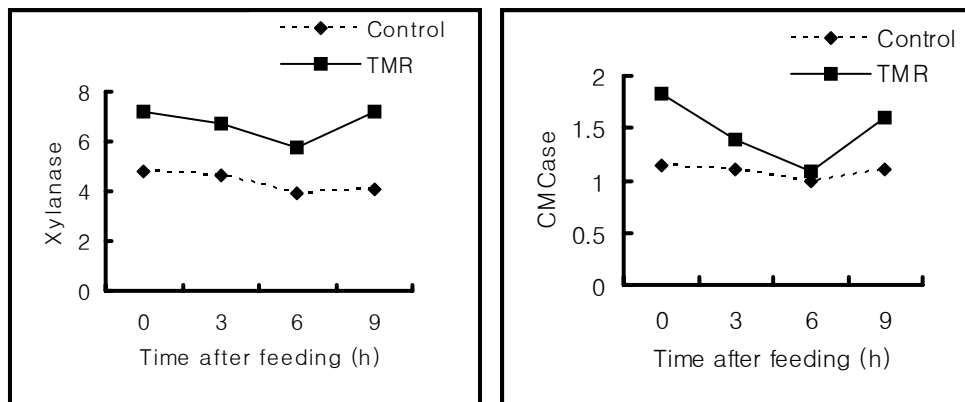
#### 나) 효소 역가

사료 급여 후 9h까지의 반추위내 평균 효소 역가 및 미생물 군집변화를 측정된 결과는 Table 37에 제시하였고, 사료급여 후 3h간격으로 측정된 후 반추위액을 채취하여 CMCase와 xylanase의 활력은 Figure 11에서 보는 바와 같다. 반추위액 중 CMCase와 xylanase의 활력을 보면 전반적으로 TMR구가 대조구보다 높은 경향을 보였고, 특히 xylanase의 활력은 0h와 9h에 TMR구가 대조구보다 유의적으로 높았다 ( $p < 0.05$ ). 그리고 사료급여 후 9h까지의 평균 활력을 보면 CMCase는 두 처리구 간에 통계적 차이를 발견되지 않았으나 xylanase는 TMR구가 대조구보다 유의적으로 53.4% 높았다 ( $p < 0.05$ ). 한편 proteolytic activity는 전반적으로 TMR구가 대조구보다 낮았으며, 특히 사료급여 후 3h, 6h 및 9h에서 대조구가 TMR구보다 유의적으로 높았다 ( $p < 0.05$ ). 그리고 사료급여 후 9h까지 proteolytic activity의 평균 활력도 TMR구가 대조구보다 75.6% 낮은 결과를 나타내었다 ( $p < 0.01$ ).

Table 37. Influence of different diets on enzyme activity and microbial population in Holstein steers (finishing period)

Items	Control	TMR	SEM	Significance
Enzyme activity				
CMCase ( $\mu\text{mol}$ reducing sugar/ml/min)	1.09	1.48	0.1331	NS
Xylanase ( $\mu\text{mol}$ reducing sugar/ml/min)	4.38	6.72	0.5564	*
Proteolytic activity (azocasein $\mu\text{g/h}$ )	0.79	0.45	0.069	**
Microbial population				
Total fungi counts ( $\times 10^4$ )	6.97	14.23	1.466	**
Protozoa ( $\times 10^5$ )	5.88	6.89	0.822	NS

\* :  $p < 0.05$ ; \*\* :  $p < 0.01$ ; NS: non-significant.



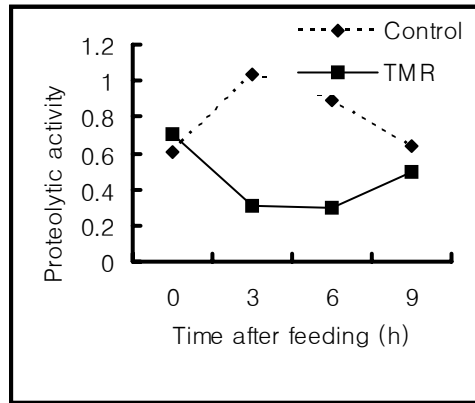


Figure 11. Change of proteolytic (azocasein  $\mu\text{g/h}$ ), CMCCase and xylanase activity ( $\mu\text{mol}$  reducing sugar/ml/min) of rumen fluid collected from Holstein steers (finishing period) on different feeding system.

#### 다) 미생물 군집의 변화

사료섭취 후 3h 간격으로 위액을 채취하여 반추위내 미생물 군집의 변화를 조사한 결과, Total fungi는 각 측정 시간대에서 TMR구가 대조구보다 높은 경향을 보였고, 특히 3h, 6h 및 9h에서 TMR구가 대조구보다 유의하게 높았다 ( $p < 0.01$ ). 한편 protozoa는 TMR구가 대조구보다 높은 경향을 보였으나 두 처리구간에 통계적 차이는 없었다 (Figure 12). 또 사료급여 후 9h까지의 평균치를 보면 TMR구가 대조구보다 Total fungi는 유의적으로 높았으나 ( $p < 0.01$ ) protozoa는 두 처리구간에 통계적 차이는 없었다 (Table 37).

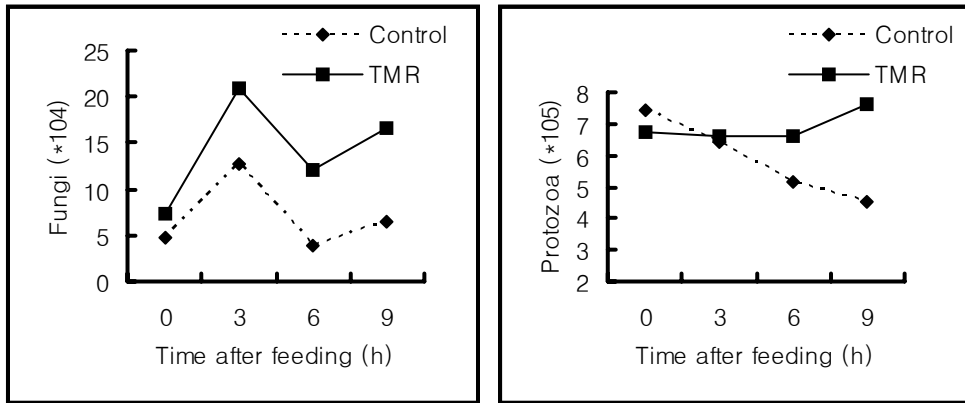


Figure 12. Change of population of fungi and protozoa in the rumen of Holstein steers (finishing period) on different feeding system.

라) *In vivo* 소화율

CR (조·농사료 분리급여)과 TMR을 공시축에 급여하여 *In vivo* 전장 소화율을 측정 한 결과는 Table 38에서 보는 바와 같다. 각 영양소 소화율 중 조단백질 소화율은 대조구 (56.86%)가 TMR구 (47.32%)보다 유의적으로 높았으며 ( $p < 0.05$ ), 다른 영양소 소화율은 두 처리구간에 차이는 없었다. 육성기와 비육전기의 홀스타인 거세우를 이용한 실험에서 각 영양소 소화율이 TMR구가 대조구보다 높게 나타내었는데, 본 실험에서 조단백질 소화율이 TMR구가 대조구보다 낮게 나타낸 것은 TMR구의 CP 함량이 대조구보다 낮아서 이러한 결과를 초래되었다고 사료된다.

이상의 결과에 의하면 TMR 급여가 반추위 발효성상, 미생물 군집 그리고 사료 소화율에 대체적으로 긍정적인 영향을 주었으나, 이러한 영향은 동물의 성장단계에 따라 약간씩 달랐다. 사료의 조성 특히 조사료의 종류와 입자의 크기 등이 큰 영향을 준 것으로 보인다.



Table 38. Influence of different diets on *in vivo* digestibility (%) of nutrients in Holstein steers (finishing period)

Nutrients	Control	TMR	SEM	Significance
DM	68.19	70.18	1.2176	NS
OM	71.61	70.07	1.7679	NS
CP	56.86	47.32	2.3937	*
EE	83.71	79.24	1.8745	NS
NDF	62.86	61.31	2.1760	NS
ADF	51.08	53.28	3.3552	NS

\* :  $p < 0.05$ ; NS: not significant.

#### 4. 고급육 생산을 위한 최소비용 TMR 개발 (사양시험)

##### 가. 연구 내용

##### 1) 실험 설계

평균체중 535kg인 거세한우 54두를 공시하였다. 실험은 사료급여 방법에 따라 3개 실험구로 나누었으며 각 실험구 마다 18두씩 배치하였다. 그리고 전 시험기간을 비육중기 (mid fattening period) 및 비육후기 (late fattening period) 2단계로 나누어 그룹 사양을 하였다(Table 39). 본 시험 중 대조구 (Control)는 전 기간에 조·농사료 분리급여, 시험1구 (Treatment 1)는 전 기간에 TMR급여, 시험2구 (Treatment 2)는 비육중기에 조·농사료 분리급여, 비육후기에 TMR급여를 하였다.

시험용 TMR은 동남사료에서 제조하였고, 농후사료는 농협 황성사료공장에서 공급하였다. 본 시험에 사용한 큰소비육 마블링(F) 배합비와 성분은 Table 40과 같고, 또한 최소비용 TMR의 배합비 및 성분은 Table 41과 같다. 시험사료는 1일 2회

로 나누어 급여하되, 볏짚, 음수 및 미네랄 블록은 자유 섭취도록 하였다.

사료의 제조는 협동과제 시험 중 TMR 원료사료의 사료영양가치의 평가 결과를 바탕으로 경기지방에서 생산되는 주요 부산물과 저렴한 원료를 검토하였으나 지속적인 이용과 원료평가, 영양소 이용율을 고려해 볼 때 매우 제한적이어서 일부 원료를 적용하면서 원가절감 배합비로 최소비용 한우용 TMR을 제조하였다. 기존 한우용 큰소비육 중기(500kg) TMR보다는 14.89원이 저렴(기존 129.79원/kg : 최소비용 114.9원/kg) 하였고, 기존 한우용 큰소비육 후기 TMR(600kg)보다는 18.66원이 저렴(기존 146.09원/kg : 최소비용 127.43원/kg)하게 배합비를 운영하였다.

Table 39. Experimental design

Treatment	Fattening stage	
	Mid	Late
Control	CR	CR
Treatment 1	TMR	TMR
Treatment 2	CR	TMR

CR: Conventional Ration; TMR: Total Mixed Ration.

Table 40. The chemical composition and formula of experimental concentrate feed (air-dry basis, %)

	DM	CP	EE	CF	Ca	P	ADF	NDF	TDN
Concentrate*	12.5	12	4.5	6.6	0.8	0.4	11	23	73

\* Formula : Grains 46.3%, Tapioca 7%, Brans & hulls 14%, Meals 19.4%, Fiber 4%, Molasses 5%, Oils 0.7%, Protected fat 0.25%, Salts 0.5%, CaCO<sub>3</sub> 1.35%, Vitamin premix 0.1%, Mineral premix 0.1%, etc. 1.3%

Table 41. The formula and chemical composition of TMR (DM, %)

	Mid fattening period	Late fattening period
Tall fescue straw	4.2	3.6
Brewers grain	14.0	14.4
Quercus charcoal	7.0	-
Fruit pulp	7.0	7.1
Lupin hull	-	4.7
Barley bran	11.9	10.7
Molasses	7.0	3.6
Corn gluten feed	8.5	5.2
Corn (mesh)	28.9	39.2
NaHCO <sub>3</sub>	0.3	0.4
Salts	0.3	0.4
Liquefied Yeast	10.5	10.7
Pre-mix	0.2	0.2
CaCO <sub>3</sub>	0.2	0.1
Total	100	100
DM	64	66
CP	13	13
Crude fiber	12	10
Ca	0.46	0.31
P	0.25	0.26
TDN	74	80
NDF	29	25
ADF	14	12

## 2) 조사항목 및 조사방법

- 가) 증체량 : 전 시험기간 중 시험 개시 시부터 종료 시까지 2개월 간격으로 체중을 측정하여 총 증체량 및 일당 증체량을 조사하였다.
- 나) 사료섭취량 : 대조구의 조사료(벼짚, 알팔파 큐브), 배합사료 급여량(섭취량)은 매일 기록관리 하였으며, 시험구의 TMR은 육성기 자유급여, 비육기 이후 자유급여하며 급여량(섭취량)을 매일 기록관리 하였다. 사료의 건물 섭취량은 급여량에서 체중 측정시의 사료통에 남아있는 잔량을 제외한 후 건물로 환산하여 구하였다.
- 다) 사료 요구율 : 사료 요구율은 사료 섭취량을 증체량으로 나누어 계산하였다.
- 라) 육량 및 육질 : 사양시험 종료 후 서울공판장에 출하하여 육량과 육질에 대한 등급판정을 실시하였다.
- 마) 경제성 : 출하소득과 사양시험시 사료비용 등을 고려한 수익성에 대한 경제성을 분석하였다.

## 나. 연구 결과

### 1) 사양시험 결과

- 가) 시험개시 체중은 대조구, 시험구1, 2가 공히 535kg 정도에서 시작되었다.
- 나) 일당증체량은 대조구, 시험구 1, 2가 각각 0.73, 0.73, 0.69kg으로 관행급여나 비육중기 이후 TMR 급여나 차이가 없었다. 비육후기만 TMR을 급여한 시험구 2가 가장 적었는데, 사료교체 스트레스와 후기 TMR 원료의 영양소 이용성 저하요인으로 사료된다.
- 다) 대조구의 배합사료 섭취량은 일일 두당 9kg 정도였다.
- 라) 대조구 전기간과 시험구 2의 후기 벼짚은 일일 두당 1kg 정도를 제한급여 하였다.
- 마) 시험구 1은 비육전기 TMR을 16kg(건물 10kg) 섭취하였다.
- 바) 일일 총건물섭취량은 대조구와 시험구 1, 2가 각각 8.9, 10.3, 9.1kg으로 대

조구가 낮았다.

사) 대조구의 배합사료만의 사료요구율은 12.34으로 나타났으며, 시험구 1의 TMR 사료요구율은 14.12로 나타났다.

아) 총건물섭취량에 대한 사료요구율은 대조구, 시험구 1, 2구가 각각 12.16, 14.12, 13.33으로 볏짚과 배합사료를 급여한 관행급여인 대조구가 가장 좋았다.

자) 본 시험기간동안 대조구에서 1두가 폐사되었고, 시험구에서는 도태나 폐사 축은 발생하지 않았다.

Table 42. Effect of TMR feeding on average daily gain, dry matter intake and feed conversion in fattening Hanwoo steers (177d)

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2	SEM
Body weight(kg)				
Initial	536.9	535.2	533.8	34.95
Final	666.1	664.7	655.2	37.39
ADG(kg/d)	0.73	0.73	0.69	0.05
Feed intake(kg/d)				
Concentrate	9.0	-	3.3	
Rice straw	1.1	-	0.5	
TMR	-	15.8	8.7	
Total intake	10.1	15.8	12.5	
Total DM intake	8.9 <sup>b</sup>	10.3 <sup>a</sup>	9.1 <sup>b</sup>	0.25
Feed conversion				
Concentrate	12.34	-	-	
Total DM intake	12.16	14.12	13.33	0.75

<sup>a,b</sup> Means with different superscripts in the same row differ significantly(P<0.05)

차) 사양시험 결과를 보면 후레이크 옥수수 대신 질이 다소 떨어지는 옥쇄실 (분쇄 옥수수)을 이용한 저가형 TMR의 경우 증체량에서 결코 뒤지지 않는

결과를 나타냈고, 시험축은 다르지만 성장단계별 사양시험 비육후기 결과(관행구 0.74kg)와 비교해볼 때 일당증체량면에서 차이가 없었다. 따라서 비육후기 원료선별과 이용성 등을 감안하여 최대한 부존자원을 충분히 이용한 원가절감형 TMR 사양체계 확립이 저비용 고효율 한우비육에 꼭 필요하다.

Attached Table 42-1. Average daily gain, dry matter intake and feed conversion of Hanwoo steers in mid fattening period (71d)

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2
Body weight(kg)			
Initial	536.9	535.2	533.8
Final	590.0	590.7	578.0
ADG(kg/d)	0.75	0.78	0.62
Feed intake(kg/d)			
Concentrate	8.3		8.3
Rice straw	1.3		1.3
Alfalfa cube	-	16.7	-
TMR			
Total intake	9.6	16.7	9.6
Total DM intake	8.4	10.7	8.4
Feed conversion			
Concentrate	11.15		13.35
Total DM intake	11.31	13.8	13.54

Attached Table 42-2. Average daily gain, dry matter intake and feed conversion of Hanwoo steers in 1st late fattening period (72-126d)

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2
Body weight(kg)			
Initial	590.0	590.7	578.0
Final	640.9	639.3	626.7
ADG(kg/d)	0.93	0.88	0.88
Feed intake(kg/d)			
Concentrate	9.3		
Rice straw	1.0		
Alfalfa cube	-	16.4	15.0
TMR			
Total intake	10.3	16.4	15.0
Total DM intake	9.0	10.8	9.9
Feed conversion			
Concentrate	10.03		
Total DM intake	9.74	12.24	11.23

Attached Table 42-3. Average daily gain, dry matter intake and feed conversion of Hanwoo steers in 2nd late fattening period (127-177d)

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2
Body weight(kg)			
Initial	640.9	639.3	626.7
Final	666.1	664.7	655.2
ADG(kg/d)	0.49	0.50	0.56
Feed intake(kg/d)			
Concentrate	9.7		
Rice straw	1.0		
Alfalfa cube	-	14.0	14.1
TMR			
Total intake	10.7	14.0	14.1
Total DM intake	9.4	9.2	9.3
Feed conversion			
Concentrate	19.65		
Total DM intake	19.03	18.97	16.97

## 2) 등급판정 결과

- 가) 도체중은 시험구 2가 가장 적었으며, 반면에 도체율은 시험구 2가 다소 높았다.
- 나) 등지방은 시험구 2가 두꺼웠다.
- 다) 육량의 증가와 밀접한 관계가 있는 배최장근단면적의 경우 대조구>시험구 1>2의 순으로 각각 88.66, 86.83 및 84.19cm<sup>2</sup>로 대조구가 가장 넓었다.
- 라) 육량지수도 대조구, 시험구가 67-68 범위로 차이가 없었으며, 근내지방도(상강도)의 경우 대조구>시험구 1>2의 순으로 각각 3.50, 3.61 및 4.78로 대조구가 낮았으며, 시험구 2가 가장 높았다.
- 마) 도체등급 판정결과 육량등급을 보면 B 등급 이상 출현율은 대조구, 시험구



1, 2가 각각 88, 83 및 71%로 대조구가 가장 높았고 근내지방도가 좋은 시험구 2는 낮았다. 바람직하지 못한 C등급은 대조구, 시험구 1, 2가 각각 12, 17 및 29%로 근내지방도의 역순으로 대조구가 가장 낮았고 시험구 2가 가장 높았다.

바) 참고로 '03년 등급판정 결과를 보면 거세우의 육량 B 등급이상 출현율은 83%로, 본 시험축의 결과와 비교해볼 때 시험구 2가 다소 낮았으나 전체평균(80%)과는 유사하였다.

사) 육질판정 결과를 보면 1<sup>+</sup>등급 출현율은 시험구 2가 59%로 가장 높았으며, 1등급 이상 출현율도 대조구와 시험구 1, 2, 3구가 각각 42%, 44%, 59%로 시험구 2가 가장 좋은 결과를 나타내었으며, 시험구 2를 제외하고 전반적으로 낮은 결과를 나타내었다. 육질에서 가장 좋지않은 3등급은 대조구, 시험구 1구에서 각각 2두가 나타났고 시험구 2에서는 없었다.

아) 참고로 '03년 등급판정 결과는 한우 거세우의 육질 1<sup>+</sup>, 1, 2, 3등급 출현율은 각각 25%, 30%, 36%, 8.5%로 1등급 이상 출현율은 55%로 나타나, 시험구 2의 결과(59%)는 양호하였으나 전체 평균(48%)과 비교시 낮았다.

자) 육색은 대조구가 다소 높게 나타났으며, 지방색은 각 처리구들간에 큰 차이는 없었다. 암적색 고기(DFD : Dark firm dry)는 전혀 없었다.

차) 본 시험결과를 통해서 볼 때 육량 결과는 대조구가 다소 좋았으며, 육질 결과는 시험구 2가 좋아 서울공판장 결과보다는 높았으나 대조구나 시험구 1의 결과는 낮았다. 종료체중으로 볼 때 시험축의 출하시기가 다소 빨라 1등급이상 출현율이 낮았는데, 1등급 출현율 70-80% 이상을 목표로 하는 한우 고급육 생산을 위하여 초음파 측정을 통한 출하시기 결정이 필요하다.

Table 43. Effect of TMR feeding on carcass traits and carcass grade of Hanwoo steers

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2	SEM
Carcass weight (kg)	392.4±20.74	390.6±23.06	384.6±21.33	29.65
Carcass rate (%)	60.87±1.77	60.42±1.79	61.03±1.51	1.78
Meat production index	68.13±1.38	67.84±2.02	67.18±1.68	1.88
Rib-eye area (cm <sup>2</sup> )	88.66±7.68	86.83±6.93	84.19±6.69	7.68
Back fat thickness (mm)	11.11±3.56	11.50±4.80	12.70±3.95	4.48
Marbling score	3.50±2.28	3.61±1.92	4.78±1.79	2.04
Meat color	4.72±0.35	4.39±0.48	4.57±0.46	0.49
Fat color	3.00±0.00	3.00±0.00	3.00±0.00	-
Meat yield grade				
A	9(53%)	7(39%)	4(24%)	
B	6(35%)	8(44%)	8(47%)	
C	2(12%)	3(17%)	5(29%)	
Meat quality grade				
1 <sup>+</sup>	4(24%)	4(22%)	7(41%)	
1	3(18%)	4(22%)	3(18%)	
2	8(47%)	8(45%)	7(41%)	
3	2(12%)	2(11%)	0(0%)	

### 3) 경제성분석 결과

가) 배합사료 도착도 가격은 큰소비육 마블링(F)가 235.5원/kg이고 벗짚 200원/kg, TMR 가격은 비육중기 170원/kg, 비육후기 180원/kg이다. 따라서 총사료비는 배합사료+벗짚+TMR 사료의 가격을 합한 것이고, 판매소득은 도체중(kg)에 경매가를 곱하고 부산물가를 합한 것이다. 소득은 판매소득에서 총사료비를 빼서 계산하였다.

- 나) 등급판정에 의한 판매수입(경매가, 부산물)은 대조구, 시험구 1, 2가 각각 662만원, 662만원, 665만원으로 차이가 없었다.
- 다) 관행구인 대조구의 두당 시험기간(177일간) 배합사료 비용은 371,012원이었고, TMR만 급여한 시험구 1은 491,968원으로 TMR 비용이 많았다.
- 라) 일일 두당 총 사료비용은 대조구, 시험구 1, 2가 각각 410,672원, 491,968원, 435,149원으로 대조구가 가장 낮았고 TMR만 급여한 시험구 2가 가장 많았다.
- 마) 소득(판매수입 - 사료비)은 대조구, 시험구 1, 2가 각각 621만원, 613만원, 622만원으로 큰 차이가 없었다.

Table 44. Economical efficiency of TMR feeding

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2	SEM
Selling price (won/head)				
Auction price	6,272,432	6,277,683	6,310,174	671,870
By-products	350,807	348,184	345,245	12,856
Total price (A)	6,623,239	6,625,867	6,655,419	679,174
Feed cost (won/head)				
Concentrate	371,012	-	-	
Rice straw	39,660	-	138,780	
Alfalfa cube	-	-	18,460	
TMR		491,968	277,909	
Total feed cost (per head) (B)	410,672 <sup>c</sup>	491,968 <sup>a</sup>	435,149 <sup>b</sup>	0
Daily feed cost	2,320 <sup>c</sup>	2,779 <sup>a</sup>	2,458 <sup>b</sup>	0
Income(C=A-B)	6,212,567	6,133,899	6,220,270	679,174

<sup>a,b,c</sup> Means with different superscripts in the same row differ significantly(P<0.01)

- 바) 본 시험 경제성 분석결과 대조구의 사료비보다 시험구의 TMR 사료비가 많아 시험구 1의 경제성이 가장 낮았는데, 성장단계별 사양시험 결과와는

달리 비육중기 이후 전기간 TMR로 마무리하는 것이 증체량이나 경제성면에서 결코 불리하지는 않다는 결론이다. 따라서 원재료비 절감으로 사료단가를 적정하게 운영한다면 저비용 고효율 사양체계 확립도 가능하다고 사료된다.

## 5. 비육기 TMR 영양소 요구량 비교(사양시험)

### 가. 연구 방법

#### 1) 실험설계

비육중기 한우 거세우(평균체중 485kg) 54두를 공시하였다. 실험은 사료급여 방법에 따라 3개 실험구로 나누었으며 각 실험구 마다 18두씩 배치하였다. 대조구는 볏짚과 배합사료를, 시험1구는 대조구와 동일한 영양수준을 적용한 TMR을, 시험2구는 한우사양표준(2002)의 영양수준을 적용한 TMR을 급여하는 3처리로 하여 출하까지 9개월간 성장단계별 비교사양시험을 실시하였다(Table 45).

시험용 TMR은 동남사료에서 제조하였고, 농후사료는 농협 황성사료공장에서 공급하였다. 본 시험에 사용한 큰소비육 마블링(F) 배합비와 성분은 Table 46과 같고, 또한 영양소 요구량별 TMR의 배합비 및 성분은 Table 47 및 Table 48과 같다.

Table 45. Experimental design

Treatment	Fattening stage	
	Mid	Late
Control	CR	CR
Treatment 1 <sup>a</sup>	TMR	TMR
Treatment 2 <sup>b</sup>	TMR	TMR

CR: Conventional Ration; TMR: Total Mixed Ration

<sup>a</sup>Nutrient levels are equal to CR

<sup>b</sup>Nutrient levels are followed by Korean Feeding Standards(2002)

Table 46. The chemical composition and formula of experimental concentrate feed (air-dry basis, %)

	DM	CP	EE	CF	Ca	P	ADF	NDF	TDN
Concentrate*	12.5	12	4.2	5.7	0.7	0.34	11	22	73

\* Formula : Grains 60.81%, Brans & hulls 11.58%, Meals 15.0%, Fiber 3%, Molasses 5%, Oils 0.7%, Protected fat 0.3%, Salts 0.5%, CaCO<sub>3</sub> 1.37%, Vitamin premix 0.1%, Mineral premix 0.1%, etc. 1.04%

Table 47. The formula of experimental TMR feed (as-fed, %)

	Treatment 1		Treatment 2	
	Mid fattening	Late fattening	Mid fattening	Late fattening
Tall fescue	3.3	2.0	3.3	2.1
Brewers grain	17.9	20.4	13.3	6.9
Coffee hull	-	-	-	3.4
Fruit pulp	10.0	6.8	10.0	13.8
Lupin hull	-	-	-	-
Malt hull	16.7	10.2	16.7	13.8
Molasses	2.1	6.8	6.7	6.9
Soybean hull	1.6	6.1	2.1	2.1
Wheat bran	-	-	9.1	-
Corn gluten feed	-	2.3	-	10.3
Soysauce process residue	-	-	0.2	-
Corn	36.8	33.9	22.8	25.1
NaHCO <sub>3</sub>	0.7	0.3	0.7	0.7
Salts	0.4	0.3	0.7	0.5
Liquefied yeast	10.0	10.2	13.3	13.8
CaHPO <sub>4</sub>	-	-	-	0.3
Pre-mix	0.2	0.2	0.2	0.2
CaCO <sub>3</sub>	0.2	0.5	0.8	0.3
Total	100	100	100	100

Table 48. The chemical composition of experimental TMR feed (DM, %)

	Treatment 1		Treatment 2	
	Mid fattening	Late fattening	Mid fattening	Late fattening
DM	63.00	63.00	63.00	62.00
CP	13.00	13.00	14.00	14.00
Crude fiber	10.00	10.00	10.00	9.00
Ca	0.31	0.59	0.78	0.69
P	0.29	0.27	0.36	0.33
TDN	79	80	74	74
NDF	25	25	30	27
ADF	12	13	13	12

## 2) 조사항목 및 조사방법

- 가) 증체량 : 전 시험기간 중 시험 개시 시부터 종료 시까지 2개월 간격으로 체중을 측정하여 총 증체량 및 일당 증체량을 조사하였다.
- 나) 사료섭취량 : 대조구의 조사료(벼짚, 알팔파 큐브), 배합사료 급여량(섭취량)은 매일 기록관리 하였으며, 시험구의 TMR은 육성기 자유급여, 비육기 이후 자유급여하며 급여량(섭취량)을 매일 기록관리 하였다. 사료의 건물 섭취량은 급여량에서 체중 측정시의 사료통에 남아있는 잔량을 제외한 후 건물로 환산하여 구하였다.
- 다) 사료 요구율 : 사료 요구율은 사료 섭취량을 증체량으로 나누어 계산하였다.
- 라) 육량 및 육질 : 사양시험 종료 후 서울공판장에 출하하여 육량과 육질에 대한 등급판정을 실시하였다.
- 마) 경제성 : 출하소득과 사양시험시 사료비용 등을 고려한 수익성에 대한 경제성을 분석하였다.

## 나. 연구결과

### 1) 사양시험 결과

- 가) 시험개시 체중은 대조구, 시험구1, 2가 공히 485kg 정도에서 시작되었다.
- 나) 일당증체량은 대조구, 시험구 1, 2가 각각 0.74, 0.68, 0.62kg으로 대조구가 가장 높았고, 한우 사양표준을 적용한 시험구 2가 가장 낮았다. 참고로 출하 전 3개월 체중측정 결과를 보면 시험구 1이 대조구보다 일당증체량은 좋았다.
- 다) 대조구의 배합사료 섭취량은 일일 두당 8.9kg 정도였으며, 볏짚은 일일 두당 1.2-1.3kg 정도를 제한급여 하였다.
- 라) 시험구 1, 2의 TMR은 자유급여하였으며, 각각 14kg(건물 9kg)를 섭취하였다.
- 마) 일일 총건물섭취량은 대조구와 시험구 1, 2가 각각 8.9, 8.9, 9.0kg으로 차이가 없었다.
- 바) 대조구의 배합사료만의 사료요구율은 12.01이었다.
- 사) 총건물섭취량에 대한 사료요구율은 대조구, 시험구 1, 2구가 각각 11.98, 13.24, 14.55로 볏짚과 배합사료를 급여한 관행급여인 대조구가 가장 좋았고 한우사양표준구인 시험구 2가 가장 낮았다.
- 아) 본 시험기간동안 환축, 도태, 폐사축은 발생하지 않았다.
- 자) 사양시험 결과를 보면 비육기의 경우 TMR 급여가 관행급여보다 증체량에서 다소 떨어졌으며, 한우 사양표준(2002) 영양소요구량보다는 에너지가 높은 관행급여 수준의 영양소가 일당증체량면에서 좋았다. 비육말기 보다는 육성기에서 비육전기나 중기까지 TMR 사양관리 시스템을 적용하고 비육후기에는 원료선별, 에너지관리, 섬유질원의 선택과 적정사용 등을 고려한 비육후기 한우 TMR 배합연구가 필요하다고 사료된다.

Table 49. Effect of different nutrient level of TMR on average daily gain, dry matter intake and feed conversion in fattening Hanwoo steers (269d)

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2	SEM
Body weight(kg)				
Initial	485.3	484.9	485.1	30.37
Final	684.8	666.6	652.1	25.26
ADG(kg/d)	0.74 <sup>a</sup>	0.68 <sup>b</sup>	0.62 <sup>b</sup>	0.03
Feed intake(kg/d)				
Concentrate	8.9	-	-	
Rice straw	1.2	-	-	
TMR	-	13.7	13.7	
Total intake	10.1	13.7	13.7	
Total DM intake	8.9	8.9	9.0	0.11
Feed conversion				
Concentrate	12.01			
Total DM intake	11.98 <sup>b</sup>	13.24 <sup>ab</sup>	14.55 <sup>a</sup>	0.70

<sup>a,b</sup> Means with different superscripts in the same row differ significantly(P<0.05)



Attached Table 49-1. Average daily gain, dry matter intake and feed conversion of Hanwoo steers in 1st fattening period (67d)

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2
Body weight(kg)			
Initial	485.3	484.9	485.1
Final	532.1	527.9	525.1
ADG(kg/d)	0.70	0.64	0.60
Feed intake(kg/d)			
Concentrate	8.3		
Rice straw	1.3		
TMR	-	12.5	12.5
Total intake	9.6	12.5	12.5
Total DM intake	8.4	7.9	7.9
Feed conversion			
Concentrate	11.90		
Total DM intake	12.07	12.49	13.28

Attached Table 49-2. Average daily gain, dry matter intake and feed conversion of Hanwoo steers in 2nd fattening period (68-185d)

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2
Body weight(kg)			
Initial	532.1	527.9	525.1
Final	636.5	613.7	603.8
ADG(kg/d)	0.89	0.73	0.67
Feed intake(kg/d)			
Concentrate	8.8		
Rice straw	1.2		
TMR	-	13.8	13.6
Total intake	10.0	9.1	13.6
Total DM intake	8.7	9.1	9.0
Feed conversion			
Concentrate	9.90		
Total DM intake	9.87	12.50	13.51

Attached Table 49-3. Average daily gain, dry matter intake and feed conversion of Hanwoo steers in 3rd fattening period (186-269d)

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2
Body weight(kg)			
Initial	636.5	613.7	603.8
Final	684.8	666.6	652.1
ADG(kg/d)	0.58	0.63	0.58
Feed intake(kg/d)			
Concentrate	9.6		
Rice straw	1.2		
TMR	-	14.7	14.6
Total intake	10.8	14.7	14.6
Total DM intake	9.5	9.7	9.6
Feed conversion			
Concentrate	16.71		
Total DM intake	16.48	15.55	17.40

## 2) 등급판정 결과

- 가) 도체중은 대조구가 가장 적었으며, 시험구 2가 가장 적었다.
- 나) 등지방은 대조구가 가장 두꺼웠고, 시험구 1이 가장 얇아 좋았다.
- 다) 육량의 증가와 밀접한 관계가 있는 배최장근단면적의 경우 대조구가 84cm<sup>2</sup>로 가장 적었고 시험구 1이 87cm<sup>2</sup>로 가장 넓었다.
- 라) 육량지수도 대조구가 66.9로 가장 적었고 시험구간의 차이는 없었다.
- 마) 근내지방도는 대조구, 시험구 1, 2가 각각 3.5, 4.6 및 3.7로 대조구가 가장 낮았고 시험구 1이 가장 좋았다.
- 바) 도체등급 판정결과 육량등급을 보면 B 등급 이상 출현율은 대조구, 시험구 1, 2가 각각 73, 87 및 87%로 대조구가 가장 낮았다. 바람직하지 못한 C등

- 급은 대조구, 시험구 1, 2가 각각 27, 13 및 13%로 대조구가 가장 높았다.
- 사) 참고로 '03년 등급판정 결과를 보면 거세우의 육량 B 등급이상 출현율은 83%로, 본 시험축의 결과와 비교해볼 때 다소 높은 편이었다.
- 아) 육질판정 결과를 보면 1<sup>+</sup>등급 출현율은 시험구 1이 44%로 가장 높았으며, 1등급 이상 출현율도 대조구와 시험구 1, 2구가 각각 40%, 69%, 47%로 시험구 1이 가장 좋았지만 대조구, 시험구 2가 전반적으로 낮았다. 육질에서 가장 좋지않은 3등급은 대조구, 시험구 1, 2에서 각각 1두, 1두, 3두가 나타나 시험구 2가 좋지 않았다.
- 자) 참고로 '03년 등급판정 결과는 한우 거세우의 육질 1<sup>+</sup>, 1, 2, 3등급 출현율은 각각 25%, 30%, 36%, 8.5%로 1등급 이상 출현율 55%와 비교시 시험구 1의 결과(69%)는 양호하였으나 전체 평균(52%)과 다소 낮았다.
- 차) 육색과 지방색은 각 처리구들간에 큰 차이는 없었으며, 암적색 고기(DFD : Dark firm dry)는 전혀 없었다.
- 카) 본 시험기간동안 환축, 도태, 폐사축은 발생하지 않았으나, 고급육생산을 위한 적정 출하시기가 아니라고 판단되어 대조구, 시험구 1 및 시험구 2에서 각각 3두, 2두, 3두가 출하되지 않아 등급판정 결과에서 누락되었다.
- 타) 지육 경매단가를 보면 대조구와 시험구 1, 2구가 각각 40%, 69%, 47%로 시험구 1이 가장 좋았지만 대조구, 시험구 2가 전반적으로 낮았다.
- 파) 본 시험결과를 통해서 볼 때 육량 결과는 대조구가 나빴으며, 육질 결과는 시험구 1이 좋아 서울공판장 결과보다는 높았으나 대조구나 시험구 2의 결과는 낮았다. 1등급 출현율 70-80% 이상을 목표로 하는 한우고급육 생산을 위하여 혈통, 사료 및 사양관리의 정착, 초음파 측정을 통한 적정 출하 시기 결정이 필요하다.

Table 50. Effect of different nutrient level of TMR on carcass traits and carcass grade of Hanwoo steers

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2	SEM
Carcass weight (kg)	395.0±24.7	391.6±26.6	389.9±22.5	31.59
Meat production index	66.9±2.7	68.2±1.5	68.1±1.5	1.87
Rib-eye area (cm <sup>2</sup> )	84.3±6.2	87.3±9.5	86.7±6.8	7.31
Back fat thickness (mm)	13.3±6.4	10.7±3.6	11.7±4.7	4.50
Marbling score	3.5±1.9	4.6±2.0	3.7±1.8	2.05
Meat color	4.9±0.3	4.9±0.4	4.9±0.1	0.49
Fat color	2.9±0.3	3.1±0.3	3.0±0.0	-
Meat yield grade				
A	3(20%)	5(31%)	4(27%)	
B	8(53%)	9(56%)	9(60%)	
C	4(27%)	2(13%)	2(13%)	
Meat quality grade				
1 <sup>+</sup>	3(20%)	7(44%)	3(20%)	
1	3(20%)	4(25%)	4(27%)	
2	8(53%)	4(25%)	5(33%)	
3	1(6.7)	1(6%)	3(20%)	
Meat price(won/kg)	12,010	12,796	12,282	

## 제2절 저비용 한우용 TMR 사료 및 지침서 개발

### 1. TMR용 부존 원료 확보 및 사료영양 가치평가

#### 가. 연구 방법

##### 1) TMR용 부존 원료사료의 영양성분 분석

가축의 사료원료로 이미 사용 중이거나 혹은 사용 가능성이 있는 농산가공부산물인 감귤박, 사과박, 영지박, 맥주박, 보리박, 커피박, 주정박, 대추박, 참나무숯, 엿밥, 루핀피, 맥아피, 깻묵 등 13종을 선정하여, 이들에 대해 일반 성분, 광물질 및 아미노산 조성을 분석하였다.

모든 시료는 경기도 소재 TMR 공장에서 사용중인 것으로써 수분함량이 원래 있는 상태에서 채취하여, 가급적 빠른 시간내에 실험실로 운반하였다. 그 후 각 시료는 55℃의 drying oven에서 48시간 동안 건조시킨 후 2mm screen이 부착된 wiley mill로 분쇄하여 화학분석에 이용하였다.

모든 시료의 일반성분 (DM, CP, EE 및 CF 등)은 AOAC (1990)방법으로 분석하였으며, 일반광물질 (Ca, P, K, Mg, Na 및 Cu 등) 및 중금속 (Cd, Hg, Pb 및 Cr 등)은 Atomic Absorption Spectrometry로 분석하였다. 그리고 Asparagine, Threonine, Serine, Glutamine, Glycine, Alanine, Valine, Isoleucine, Leucine, Tyrosine, Phenylalanine, Lysine, Histidine, Arginine, Proline, Cystine, Methionine 등 17종의 아미노산 함량은 아미노산 자동 분석기 (L. K. B, Alphaplus Pharmacia, UK)를 이용하여 분석하였다. 세포벽 구성 성분인 ADF 및 NDF는 Goering과 Van Soest방법 (1970)에 의하여 분석하였고, TDN는 Adams (1994)에 의해 개발된 수식을 이용하여 계산하였다.

##### 2) TMR용 원료사료의 영양소 소실을 측정

맥주박, 루핀피 등 8점을 선정하여 반추위내 *In situ* DM 분해율을 측정함으로써 각 원료의 사료적 가치를 평가하였다.

*In situ* 실험은 반추위에 fistula가 장착된 평균체중 600kg인 홀스타인 거세우 2두를 이용하였고, 실험에 사용된 각각의 시료들은 Group A (맥주박, 커피박, 영지박, 주정박)와 Group B (루핀피, 맥아피, 참나무숯, 깻묵)로 나누었으며, crossover design으로 실험을 실시하였다. 전 실험기간 동안 농후사료는 시판되고 있는 비육후기 사료를, 그리고 조사료는 세절된 벧짚을 급여하였으며, 조 : 농 사료의 급여비율을 6 : 4로 하였다. 공시사료의 화학적 성분은 Table 51에 보는 바와 같다. 사료는 생체중의 1.5% (건물기준) 수준으로 매일 9:00와 18:00에 2회로 나누어 급여하고 물과 미네랄블록은 자유 섭취하도록 하였다.

Table 51. Chemical composition of basal feeds fed to Holstein steers (% , based on DM)

Nutrients	Concentrate	Rice straw
DM	86.64	89.76
TDN*	82.37	41.70
CP	13.56	3.62
EE	4.22	1.68
CF	6.02	32.54
Ash	7.26	10.85
NDF	26.98	77.27
ADF	10.83	50.32

\* estimated by Adams (1994).

5×10cm의 nylon bag에 분쇄한 시료를 1g씩 넣은 다음 fistula를 통하여 반추위 내로 투입하고 각각 0, 3, 6, 9, 12, 24 및 48시간 동안 발효시킨다. 일정시간 발효가 끝난 nylon bag은 반추위에서 꺼내어 약 30분 동안 흐르는 물에 세척하였다. 모든 nylon bag은 3일간 냉동건조 시킨 후 105℃의 drying oven에서 3시간 동안 건조시킨 다음 칭량하여 건물분해율을 계산하였다.

반추위내 건물 분해상수는 Marquardt의 방법 (1963)을 기초한 SAS의 비선형 회귀 (PROC NLIN) Program에 의해 다음의 공식 (Ørskov와 McDonald, 1979)으로 a,

b, c값을 추정하였다. 즉,

$$P = a + b(1 - e^{-ct})$$

P : "t" 시간 경과시 반추위내 건물 소실율 (%)

a : "0" 시간대의 건물 소실율 (%), 즉 빠르게 분해되는 부분

b : 주어진 시간에 있어서 분해될 수 있는 영양소의 잠재적 소실율 (%), 즉 천천히 분해되는 부분

c : "b"의 시간당 분해상수 (fractional disappearance rate)

t : 반추위내의 발효시간

한편, 사료 중 건물 및 단백질 분해율은 일정하게 정해진 상수가 아니며, 반추위내 머무는 시간 즉 통과속도 (outflow rate)가 사료 종류별로 다르기 때문에 통과속도를 고려한 분해율을 측정해야 한다. 따라서 기울기 (dilution rate)는 outflow rate (k)에 의해 좌우되므로 Alex Bach 등 (1998)에 의해 다음과 같은 공식으로 건물 유효 분해도 (ED: effective degradability)를 추정하였다. 즉,

$$ED = a + b[c/(c+k)]$$

ED : 반추위내 유효 분해도

k : 사료의 반추위 통과속도, 일반적으로  $k = 0.05h^{-1}$

a, b, c : 분해상수

### 3) TMR용 원료사료의 저장성 검사

수분함량이 높은 3종류의 과일박(감귤박, 사과박, 대추박)을 이용하여 저장온도 (20°C, 30°C)와 저장방법(밀봉, 개봉)에 따른 저장성을 조사하였다. 조사항목으로는 외관상태, 내부온도, pH, NH<sub>3</sub>-N 그리고 VFA를 측정하였다.

각각의 과일박은 2kg씩 비닐봉지에 넣고 개봉과 밀봉상태로 하여 20°C와 30°C의 저장온도에서 0, 3, 6, 9, 12, 15 및 20일간 저장하였다. 각 시료는 정해진 날짜에 과



일박의 외관상태, pH, 암모니아 농도 및 내부온도를 측정하였다. 시험에 이용된 세 종류의 과일박의 영양성분 함량은 Table 52에 나타난 바와 같다.

Table 52. Chemical composition of fruit pulps (% , DM basis)

Nutrients	Citrus meal	Apple pomace	Jujube hull
DM	13.65	16.00	40.62
CP	7.80	7.55	6.32
EE	1.43	5.52	7.62
TDN	71.97	53.08	43.34
CF	13.56	23.12	25.29
NDF	26.76	54.23	66.79
ADF	20.93	39.27	57.47
Ca	0.57	0.21	0.22
P	0.06	0.17	0.03

① 원료의 외관적 상태 및 내부온도 측정

계획된 저장일자에 원료를 채취한 후 각 처리별로 냄새 및 부패정도 등 원료의 외관 상태를 파악하였고, 내부온도는 각 원료를 개봉하기 직전에 수은 온도계를 원료 중간에 위치하도록 조정하여 5분간 정치시킨 후 내부온도를 측정하였다 (하 등, 1999).

② pH와 NH<sub>3</sub>-N 농도 측정

각 저장기간이 지난 후 시료를 50g씩 채취하여 500ml Nalgene centrifuge bottle에 넣어 증류수 100ml을 첨가한 후 잘 섞어 4℃에서 24시간 동안 방치하였고, 그리고 6000rpm에서 20분간 원심분리를 하여 상층액을 취하여 sample를 제조한 후 즉시 pH를 측정하였다. 그리고 시료를 분석하기까지 냉동 보관하였다.

pH는 pH meter (Mettler Delta 340)로 측정하였고, NH<sub>3</sub>-N 농도는 Chaney와 Marbach (1962)의 방법에 의해 UV-spectrophotometer (UV-1601)를 이용하여

630nm의 흡광도에서 측정하였다.

### ③ 통계분석

본 실험에서 얻은 결과는 SAS (Statistical Analysis System, 1989)의 ANOVA 분석방법을 이용하여 분산 분석을 실시하였고 평균의 처리간 유의성은 Duncan (1955)방법으로 분석하였다.

## 나. 연구 결과

### 1) TMR용 부존 원료사료의 영양성분 분석

#### 가) 일반성분

사료의 일반성분 함량은 Table 53에서 보는 바와 같다. 실험에 사용한 모든 농산 가공부산물의 수분 함량은 대체적으로 높았다. 조단백질 함량은 깻묵과 엿밥이 각각 53.19%와 41.46%로 가장 높았으며, 다음으로는 맥주박 (22.94%), 보리박 (22.23%)순이었다. 커피박, 루핀피, 맥아피도 조단백질 함량이 12%이었다. 맥주박은 조단백질 함량이 약 25-30%로 비교적 높은 편이며, 특히 반추위내에서 분해 되지 않고, 소장으로 유입 되어 흡수 이용되는 미분해성 단백질 (UDP-Undegradable Protein)의 함량이 전체 조단백질의 약 35-45%이고, NDF 함량이 50% 정도인 부산물로서 반추가축의 단백질 및 조섬유의 공급원으로서 우수함이 여러 연구에서 입증된 바 있다 (Davis 등, 1983; Amentano 등, 1986). TDN는 주정박, 깻묵, 맥아피 및 감귤박 등이 80% 전후이었고, 참나무숯과 영지박이 30% 이하로 가장 낮았다.

조지방 함량은 커피박이 15.31%로 가장 높았고, 그 다음은 엿밥 (11.99%)과 깻묵 (11.63%)이었다. 그리고 맥주박도 8.77%의 조지방을 함유하고 있었으며 영지박과 맥아피에서 0.5% 정도로 매우 낮았다. NDF 함량은 영지박, 맥주박, 참나무숯 및 커피박이 각각 86.4, 83.23, 77.69 및 74.36%로 높았으며, 이들 부산물 사료들의 ADF 함량은 각각 66.31, 24.64, 74.41 및 48.56%이었다. 감귤박, 사과박 및 대추박 등 과일박의 NDF 함량은 각각 26.76, 54.23 및 66.79%이었으며, ADF는 각각 20.93, 39.27 및 57.47%이었다.

이상 본 연구에서 얻은 결과를 기존 보고 결과와 비교해 보면 감귤박의 조단백질, TDN과 NDF 함량이 각각 7.8, 71.94 및 26.76%인 본 연구 결과는 이 등 (1996)의 분석 결과와 유사하며, 사과박은 조 등 (2000)의 분석 결과 (조단백질 6.4%, NDF 33.9%, ADF 22.8%)에 비해 다소 높은 결과를 보였다. 일반적으로 NDF 함량과 섭취량, ADF 함량과 소화율은 부의 상관관계가 있어서 영지박, 맥주박, 참나무숯, 커피박 등 NDF 함량이 높은 부산물을 원료사료로 이용할 때 사용량을 제한하는 것이 좋다고 사료된다.

Table 53. Chemical composition of agricultural by-products (Dry matter basis, %)

By-products	DM	CP	EE	CF	NDF	ADF	TDN*
Citrus meal	13.65	7.80	1.43	13.56	26.76	20.93	71.97
Apple pomace	16.00	7.55	5.52	23.12	54.23	39.27	53.08
Ganoderma lucidum waste	18.97	7.59	0.58	35.48	86.40	66.31	25.23
Brewers' grain	23.50	22.94	8.77	20.47	83.23	24.64	68.15
Barley hull	27.55	22.23	4.16	24.06	63.61	48.11	43.98
Coffee hull	36.39	12.61	15.31	31.00	74.36	48.56	43.51
Distillers grain	37.48	19.32	2.96	5.58	12.06	8.54	84.73
Jujube hull	40.62	6.32	7.62	25.29	66.79	57.47	43.34
Quercus charcoal	53.06	1.43	0.00	65.43	77.69	74.41	16.89
Taffee dregs	57.92	41.46	11.99	2.64	44.69	23.44	69.39
Lupin hull	88.89	14.14	2.52	45.11	62.42	52.66	39.29
Malt hull	92.36	12.93	0.43	16.99	48.27	18.72	74.26
Sesame oil meal	96.71	53.19	11.63	8.93	38.95	14.97	78.11

\* estimated by Adams (1994).

이상의 결과들을 종합하면 주정박, 맥아피, 감귤박은 에너지 공급원으로, 참나무숯, 커피박, 영지박은 조사료 공급원으로, 깻묵과 엿밥은 단백질 공급원으로, 그리고 맥주박과 보리박은 단백질과 조사료 공급원으로 TMR에 이용할 수 있을 것으로 보이며, 다만 수분함량이 지극히 높은 원료들은 보관 중 일어날 수 있는 부패 가능성에 유의해야 할 것으로 보인다.

#### 나) 광물질 함량

각 부산물의 일반 광물질 (Ca, P, K, Na, Mg, Cu)과 중금속 (Cd, Hg, Pb, Cr)의 분석결과는 Table 54 및 Table 55와 같다. 일반적으로 Ca은 생체 내에서 가장 많이 존재하는 무기물로서 체중의 1.6~2.0% 정도 되며, 양적으로는 Na (2.4%)와 P (0.9~1.1%)의 중간정도이다 (Church, 1988). 본 실험에서 얻은 각 부산물의 Ca 함량을 보면 깻묵이 3.78%로 가장 높았고, 감귤박, 맥주박, 참나무숯, 루핀피 및 엿밥 등은 0.5% 정도였다. P의 함량은 깻묵 (1.20%)이 가장 높았고, 그 다음은 맥주박 (0.55%), 엿밥 (0.46%), 보리박 (0.40%)의 순이었다.

Na과 K는 동물체내의 산·염기 평형과 삼투압 조절에 있어서 매우 중요한 역할을 수행하는 광물질이다. 일반적으로 동물 조직에서 많은 양의 Na을 가지고 있으며, 그러나 식물에서는 Na 농도가 낮은 반면에 K는 풍부하다. 필요 이상의 K의 섭취는 오줌 중 Na의 배설을 증가시키므로 Na 결핍증을 초래한다. 따라서 K를 풍부히 함유되어 있는 사료를 다량 섭취하는 초식동물의 경우에는 항상 Na이 부족하지 않도록 소금 공급에 유의해야 한다. 일반적으로 소금형태로 (NaCl) 0.5~1.0% 정도를 반추동물에게 급여해야 하며 (NRC, 2001), K의 경우에는 대부분의 축종에서 0.5~0.8%를 공급하고, 비유중인 젖소의 경우에는 0.8% 이상을 급여해야 하는 것으로 보고되고 있다 (Church, 1988). 본 연구에서 각 부산물의 분석결과 주정박, 감귤박, 보리박 및 루핀피의 Na 함량은 0.05%이상으로 가장 높았고, 영지박, 맥주박 및 깻묵에서는 0.01%로 가장 낮았다. K 함량은 감귤박, 사과박, 맥아피 및 깻묵에서 0.8%이상으로 가장 높게 나타난 반면, 영지박, 맥주박 및 주정박 등에서는 가장 낮게 나타났다. 비유중인 젖소에 있어서는 1일 20g 정도의 Mg이 필요하여 대부분의 축종에서 0.07~0.20% 정도를 공급해야 하는 것으로 보고 되고 있다 (Church, 1988; NRC, 1988). Mg의 과다 섭취는 뇨중 K의 배설을 증가시키고, 반면에 과다하게 K 섭취도 Mg 배설을 증가시킨다. Mg은 골격의 구성물질 및 신경계통의 전달물질이

고 효소 등의 활성화에 관여하며, 성축의 경우 체중의 약 0.05%를 함유되고 있다. 그리고 반추동물에서 발생하는 grass tetany라고 알려진 질병도 Mg의 공급량이 부족하면 제일 먼저 세포 외액 중에 존재하는 Mg의 함량이 급격히 떨어진다고 (Church, 1988).

Table 54. Mineral composition of agricultural by-products (Dry matter basis)

By-products	Ca	P	K	Mg	Na
	%				
Citrus meal	0.57	0.06	1.14	0.13	0.05
Apple pomace	0.21	0.17	1.40	0.10	0.02
Ganoderma lucidum waste	0.16	0.05	0.01	0.02	0.01
Brewers' grain	0.47	0.55	0.03	0.19	0.01
Barley hull	0.21	0.40	0.12	0.21	0.05
Coffee hull	0.14	0.05	0.19	0.10	0.03
Distillers grain	0.16	0.32	0.09	0.06	0.17
Jujube hull	0.22	0.03	0.27	0.04	0.02
Quercus charcoal	0.49	0.02	0.39	0.06	0.03
Taffee dregs	0.55	0.46	0.13	0.18	0.02
Lupin hull	0.58	0.15	0.64	0.16	0.05
Malt hull	0.11	0.35	0.87	0.11	0.04
Sesame oil meal	3.78	1.20	1.16	0.71	0.01

Ca, Calcium; P, Phosphorus; K, Potassium; Mg, Magnesium; Na, Sodium.

Table 55. Mineral composition of agricultural by-products (Dry matter basis)

by-products	Cu	Cr	Hg	Pb	Cd
	ppm				
Citrus meal	2.79	0.53	0.01	0.43	0.02
Apple pomace	6.16	0.31	0.01	0.07	0.01
Ganoderma lucidum waste	7.59	0.26	0.05	0.05	0.16
Brewers' grain	8.85	0.38	0.00	0.00	0.04
Barley hull	14.87	0.49	0.02	0.09	0.05
Coffee hull	25.01	0.14	0.00	0.14	0.00
Distillers grain	12.94	2.80	0.03	0.05	0.21
Jujube hull	4.53	0.22	0.02	0.25	0.01
Quercus charcoal	12.68	1.30	0.00	0.04	0.02
Taffee dregs	7.69	0.38	0.02	0.17	0.01
Lupin hull	5.74	0.22	0.00	0.22	0.08
Malt hull	7.03	0.32	0.00	0.04	0.02
Sesame oil meal	36.8	0.68	0.00	0.12	0.08

Cu, Copper; Hg, Mercury; Pb, Lead; Cd, Cadmium; Cr, Chromium.

육우에서 일반 광물질의 중독 수준을 보면 K는 0.65-3%, Mg는 0.1-0.4%, Na는 0.08-10%, Cu는 8~115ppm으로 보고되고 있다. 본 연구에서 각 부산물의 분석결과, 사과박, 감귤박, 맥주박, 보리박, 커피박, 엿밥, 루핀피 및 맥아피의 Mg 함량은 0.1~0.21%내에 있었고, 깻묵에서는 0.71%로 가장 높았다. Cu는 hemoglobin의 합성에 꼭 필요한 광물질로서 결핍되면 빈혈증 (anemia) 이 발생한다. Cu는 성장중인 가축에 있어서 최소한 6ppm 이상을 급여해야 결핍증에 걸리지 않으며, 10ppm 정도를 급여하는 것이 최적 수준인 것으로 보고되고 있다 (Church, 1988; NRC, 1988). 본 연구에서 Cu의 함량을 보면 모두 안전 수준이었으며 깻묵 (36.8ppm)과 커피박 (25.01ppm)이 가장 높았고, 감귤박 (2.79ppm)과 대추박 (4.53ppm)이 가장 낮았다.

중금속의 중독 수준을 보면 육우 (성장기)에서 Cr는 3000ppm (NRC, 2001)으로 소형동물에서는 필수 광물질이고, 젖소에서는 준 필수 광물질로 취급되고 있다. 한국에서 사료별 Cr의 허용기준은 닭 배합사료의 경우 300ppm, 닭 배합사료 이외의 배합사료는 500ppm, 어분, 어즙 흡착사료 및 골분은 100ppm, 우모분, 육분, 육골분 및 동물성 단백질 혼합 사료의 경우는 300ppm 등으로 규정되어 있다 (이, 1997). Hg의 중독수준은 0.2ppm으로 중독이 되면 장의 괴사, 설사, 사료섭취량 및 체중의 감소 등 증상이 나타나고 심하면 폐사하기도 한다 (Church, 1988; NRC, 1988, 2001). Pb의 중독 수준은 30ppm이고, Cd의 중독 수준은 젖소에서 0.5ppm, 육우 (성장기)에서 0.05ppm이다 (NRC, 1988, 2001). Cd에 중독이 되면 젖소의 성장, 사료 섭취량, 음수량, 유량 등 감소를 나타냈다고 Church (1988)는 보고 하였다. 본 연구에서 각 부산물의 분석결과, Cr, Hg, Pb의 함량은 극히 미량으로서 안전한 수준이었고, Cd이 0.05ppm이상 함유된 부산물은 영지박 (0.16ppm), 주정박 (0.21ppm), 루핀피 (0.08ppm), 깻묵 (0.08ppm), 보리박 (0.05ppm)이었다. 광물질, 특히 중금속류의 함량은 사료의 가공, 저장 중 오염에 의해 크게 달라질 수 있음을 감안하여 각 원료별, 지역별, 시기별로 유의하여 검정할 필요가 있다.

#### 다) 아미노산 함량

반추동물에서는 반추위 미생물에 의해 필요로 하는 대부분의 아미노산을 합성할 수 있기 때문에 미생물 분해를 최소화하여 소장내로 직접 유입되도록 하는 방법을 이용한다. 본 연구에서 사용한 가공부산물의 아미노산 조성 (Table 56 및 57)을 보

면, Lysine의 함량은 주정박과 맥주박이 가장 높았고, 엿밥, 루핀피, 맥아피 및 깻묵 등도 높게 나타났다. Glutamine의 함량은 깻묵, 엿밥 및 맥주박이 가장 높게 함유되었다. Glycine 함량은 엿밥과 깻묵이 높게 함유되었다. 총 아미노산함량은 엿밥과 깻묵이 각각 44.92와 43.49%로 가장 높았고, 다음으로는 맥주박 (22.26%)과 주정박 (16.43%)이 높았다. 보리박, 루핀피 및 맥아피 등이 10%이상의 총 아미노산을 함유되고 있고, 감귤박, 사과박, 대추박 등의 과일박은 3.49~6.02%로 낮은 수준을 보였다.

Table 56. Amino acid composition of agricultural by-products (Dry matter basis, %)

By-products	Asp	Thr	Ser	Glu	Gly	Ala	Val	Ile	Leu
Citrus meal	0.78	0.25	0.28	0.61	0.28	0.30	0.32	0.20	0.39
Apple pomace	0.74	0.31	0.33	0.99	0.35	0.35	0.36	0.29	0.50
Ganoderma lucidum waste	0.53	0.32	0.32	0.58	0.32	0.37	0.32	0.26	0.58
Brewers' grain	1.57	0.85	0.98	5.15	0.89	1.06	1.28	0.89	1.66
Barley hull	0.85	0.20	0.11	2.96	0.68	0.82	0.94	0.55	1.26
Coffee hull	0.88	0.27	0.19	2.14	0.63	0.55	0.66	0.38	0.91
Distillers grain	1.92	0.99	1.01	1.31	0.93	1.31	1.09	0.93	1.44
Jujube hull	0.37	0.19	0.20	0.35	0.35	0.20	0.29	0.16	0.24
Taffee dregs	2.84	1.65	2.30	9.09	1.57	3.36	2.32	1.61	6.13
Lupin hull	1.34	0.53	0.69	2.59	0.58	0.52	0.63	0.49	0.83
Malt hull	1.42	0.55	0.54	1.78	0.64	0.80	0.68	0.45	0.83
Sesame oil meal	3.91	1.36	1.19	11.02	2.65	2.63	2.44	1.85	3.34

Asp: Asparagine, Thr: Threonine, Ser: Serine, Glu: Glutamine, Gly: Glycine, Ala: Alanine, Val: Valine, Ile: Isoleucine, Leu: Leucine.



Table 57. Amino acid composition of agricultural by-products (Dry matter basis, %)

By-products	Tyr	Phe	Lys	His	Arg	Pro	Met	Cys
Citrus meal	0.18	0.24	0.18	0.11	0.28	0.36	0.10	0.09
Apple pomace	0.18	0.27	0.37	0.18	0.36	0.25	0.10	0.09
Ganoderma lucidum waste	0.16	0.26	0.21	0.11	0.21	0.26	0.05	0.11
Brewers' grain	0.77	1.28	0.94	0.51	1.15	2.34	0.47	0.47
Barley hull	0.45	0.81	0.19	0.18	0.04	1.41	0.28	0.08
Coffee hull	0.33	0.58	0.16	0.16	0.08	0.47	0.16	0.03
Distillers grain	0.69	0.83	1.04	0.43	0.91	0.83	0.45	0.32
Jujube hull	0.11	0.17	0.20	0.10	0.12	0.33	0.04	0.07
Taffee dregs	1.81	2.21	0.76	1.30	1.76	4.24	1.06	0.91
Lupin hull	0.45	0.51	0.81	0.35	1.18	0.71	0.11	0.16
Malt hull	0.34	0.49	0.79	0.29	0.74	1.02	0.23	0.23
Sesame oil meal	1.85	2.28	0.67	1.13	3.89	1.65	1.47	0.16

Tyr: Tyrosine, Phe: Phenylalanine, Lys: Lysine, His: Histidine, Arg: Arginine, Pro: Proline, Cys: Cystine, Met: Methionine.

2) TMR용 원료사료의 영양소 소실율 측정

가) DM 소실율

반추위내 발효시간 (0, 3, 6, 9, 12, 24 및 48h)의 경과에 따른 각 농산가공부산물의 DM 소실율은 Figure 13에서 보는 바와 같이 주정박, 루핀피 및 맥아피가 가장 높았고, 커피박과 참나무숯은 가장 낮았다. 그리고 주정박, 맥아피, 참나무숯 및 커피박은 발효시간의 경과에 따라 DM 소실율은 24h까지 급속히 증가하였고 48h에 최고점 (peak)에 도달하였다. 반면에 맥주박, 영지박, 루핀피 및 깻묵은 반추위내에서 48h 발효한 후에도 계속 분해되고 있는 것을 알 수 있다.

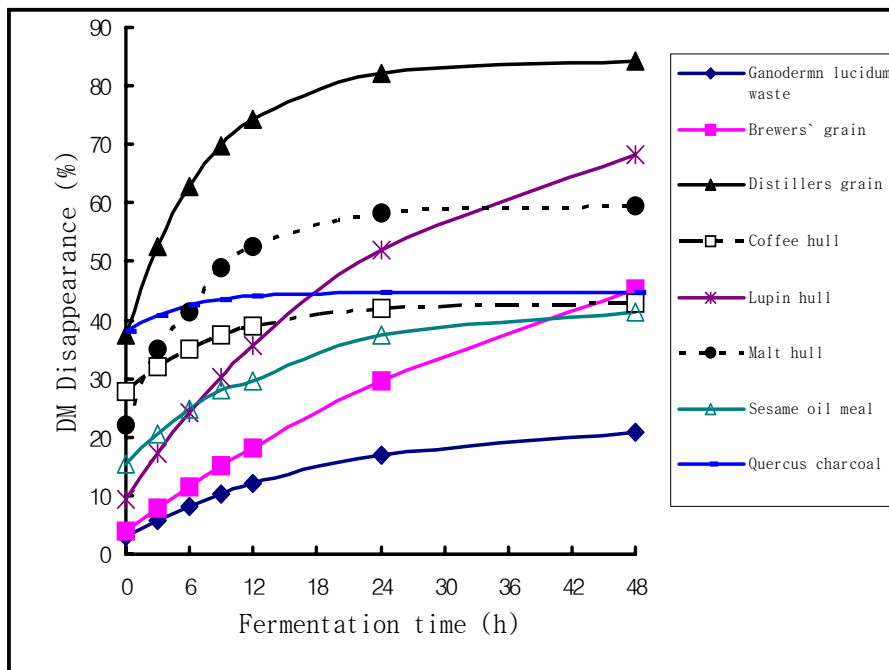


Figure 11. *In situ* dry matter disappearance (%) of some agricultural by-products.

한편 48h 후 각 시료의 건물 소실율은 영지박 18.4%, 맥주박 43.2%, 주정박 74.7%, 커피박 21.1%, 루핀피 65.1%, 맥아피 48.0%, 깻묵 30.7%, 참나무숯 10.9%으로 주정박이 가장 높았고, 참나무숯이 가장 낮았다.

DM 유효 분해도 (ED,  $k = 0.05h^{-1}$ )와 소실율 상수들은 Table 58에서 보는 바와 같다. "a" fraction (빨리 분해하는 부분)을 보면 참나무숯과 주정박은 37.95%와 37.41%로 가장 높았고, 그 다음은 커피박, 맥아피 및 깻묵 등은 15-30% 이었으며, 영지박과 맥주박은 4% 이하로 가장 낮았다. 주정박, 참나무숯 등이 "a" 값이 높은 것은 이들의 입자도가 상대적으로 작아서 Nylon bag으로 쉽게 소실되기 때문에 나타난 결과로 사료된다. "b" fraction (천천히 분해되는 부분)은 루핀피와 맥주박이 각각 69.3%와 67.3%로 가장 높았고, 그 다음은 주정박, 맥아피 및 깻묵 등이었으며, 참나무숯은 6.8%로 가장 낮았다. ED값을 보면 주정박이 71.17%로 가장 높았고, 그 다음은 맥아피, 참나무숯, 루핀피 및 커피박 등이 40%정도 이었으며, 영지박은 13.0%로 가장 낮았다.

Table 58. *In situ* degradation parameters and effective degradability (ED, %) of agricultural by-products

By-products	a	b	c	ED
Ganoderma lucidum waste	3.15	19.59	0.05	12.99
Brewers' grain	3.91	67.31	0.02	23.51
Distillers grain	37.41	46.85	0.13	71.17
Coffee hull	27.75	15.33	0.11	38.24
Lupine hull	9.23	69.30	0.04	40.40
Malt hull	22.05	37.49	0.14	49.43
Sesame oil meal	15.52	26.88	0.07	31.15
Quercus charcoal	37.95	6.80	0.18	43.25

a, easily degradable fraction; b, slowly degradable fraction; c, degradation rate constant; k, flow rate constant [ $0.05h^{-1}$ ].

$$ED = a + b[c/(c+k)].$$

Armentano 등 (1986)은 brewers wet grains를 0, 1, 2, 12, 24, 72시간 동안 반추위내에서 배양한 후 K (통과율)값이  $0.048h^{-1}$ 일 때 반추위내 *In situ* DM 분해율을 조사한 결과, "a" fraction은 29%, 그리고 "b" fraction은 41%이었고, brewers

dried grains의 경우 K값이  $0.039h^{-1}$  일 때 "a", "b" 값이 각각 20%, 42%이었다고 보고 하였다. 그리고 Seymour (1986)는 brewers grains의 "a" fraction은 28%, 그리고 "b" fraction은 36.1%이었고, CP 분해율은 K값이  $0.039h^{-1}$ 일 때 "a" fraction은 33.7%, 그리고 "b" fraction은 44.5%이었다고 보고하였다. Cozzi와 Polan (1994)은 *In situ* 방법으로 0, 2, 8, 24, 48, 72시간 배양하여 brewers wet grains의 단백질 분해율의 측정 결과, K값이  $0.05h^{-1}$ 일 때 "a" fraction은 51%, "b" fraction은 39%, 그리고 "c" fraction은 0.1 이라고 보고한 바 있다.

#### 나) NDF와 ADF 소실율

Table 59을 보면 각 부산물의 NDF 소실율로 48시간 배양 후 루핀피가 53.8%로 가장 높았다. 그 다음으로 참나무숯 41.5%, 주정박 37.9%, 맥주박 36.6%, 커피박 33.3%, 맥아피 28.4%, 영지박 28.2%, 그리고 마지막으로 깻묵 20.3%였다. 루핀피와 주정박은 DM 소실율과 함께 NDF 소실율도 높았으며 영지박은 둘다 낮았다. 배양하기 전인 0시간대에는 참나무숯의 소실율이 35.3%로 가장 높았으며 배양이 경과함에 따라 조금씩 소실되면서 48시간 배양후에는 루핀피 다음으로 소실율이 높았다. 커피박은 0시간대 소실율이 참나무숯으로 높았지만 배양이 경과하여도 소실되는 것이 적어 48시간 배양후 NDF 소실율은 33.3%였다.

Table 60은 각 부산물의 ADF 소실율로 NDF 소실율과 비슷한 경향을 보였다. 즉, 48시간 배양후 루핀피의 ADF 소실율이 45.2%로 가장 높았고 그 다음으로 참나무숯, 커피박, 맥주박, 맥아피, 그리고 마지막으로 깻묵이었다. 시간대별 ADF 소실율도 마찬가지로 0시간대 소실율은 참나무숯과 커피박이 높았다. 깻묵은 전체적으로 소실율이 낮았으며 48시간 배양후에도 10.9%로 가장 낮았다.

Table 59. NDF disappearance rate of agricultural by-products

	Incubation time, h						
	0	3	6	9	12	24	48
Brewers grain	0.26	6.46	8.48	13.11	17.90	24.79	36.57
Coffee hull	22.54	24.08	27.47	30.60	28.59	33.26	33.33
Distillers grain	17.14	25.91	28.74	30.44	34.29	35.95	37.91
Ganoderma lucidum waste	2.92	9.42	11.49	13.71	16.00	22.11	28.20
Lupine hull	5.49	11.32	14.98	22.22	25.00	39.85	53.79
Malt hull	3.92	11.69	13.82	20.07	22.37	23.97	28.39
Quercus charcoal	35.31	36.74	38.80	40.53	39.63	40.74	41.47
Sesame oil meal	2.81	6.02	9.50	11.94	15.42	17.24	20.27

Table 60. ADF disappearance rate of agricultural by-products

	Incubation time, h						
	0	3	6	9	12	24	48
Brewers grain	1.21	3.00	4.11	6.47	7.30	9.27	13.34
Coffee hull	13.85	15.55	18.64	19.95	21.08	21.29	22.95
Distillers grain	9.64	11.86	15.38	18.84	21.96	25.85	-
Ganoderma lucidum waste	4.11	6.84	7.64	8.35	12.54	14.72	18.21
Lupine hull	2.72	6.85	8.36	12.78	15.21	27.58	45.19
Malt hull	2.90	5.59	7.63	9.10	9.35	10.98	11.83
Quercus charcoal	30.58	30.60	31.21	31.59	31.07	33.31	31.68
Sesame oil meal	2.17	5.05	6.88	8.41	8.43	9.33	10.90

### 3) TMR용 원료사료의 저장성 검사

#### 가) 외관상태 변화

저장 기간과 방법에 따른 과일박 원료들의 외관상 변화 결과는 Table 61에 나타난 바와 같다. 20℃에서 저장하였을 경우 0일째는 저장방법에 상관없이 모든 과일박의 외관상태가 양호했다. 3일째 개봉상태의 감귤박에서는 시큼한 냄새와 함께 원료의 상층부에서부터 곰팡이가 발생되기 시작해서 12일째까지 지속되다가 15일 이후부터는 원료에서 부패로 인한 심한 악취가 발생하기 시작했다. 반면에 밀봉상태의 감귤박은 3일까지 양호한 상태를 유지하다가 6일 이후부터 원료에서 시큼한 냄새가 발생하기 시작하다가 9일째는 상층부에서부터 곰팡이가 생기기 시작했으며 12일까지 지속되었다. 15일 이후부터는 개봉상태의 감귤박과 마찬가지로 원료에서 심한 악취가 나기 시작했다. 사과박은 개봉상태에서 3일째까지 양호한 상태를 보이다가 6일째부터 15일째까지 상층부에서부터 곰팡이가 조사되었으며 20일째에는 원료에서 부패로 인한 심한 악취가 발생했다. 한편 밀봉상태의 사과박은 9일까지 양호한 상태를 나타내다가 15일 이후부터 20일 까지 원료에서 시큼한 냄새만 발생했을 뿐 곰팡이 발생이나 심한 악취 발생은 없었다. 개봉상태의 대추박은 6일째까지 양호하다가 9일 이후부터 상층부에서 곰팡이가 발생하기 시작해서 15일째까지 지속되다가 20일째에서 심한 악취가 발생했다. 반면에 밀봉상태의 대추박은 12일째까지 상태가 양호하였으며 15일 이후부터 원료에서 시큼한 냄새만 발생되었다.

30℃에서 개봉상태의 감귤박은 20℃에 비하여 부패로 인한 심한 악취가 6일 빠르게 발생했고, 밀봉상태에서는 3일 빠르게 곰팡이가 발생했으며 심한 악취는 5일 빠르게 발행하였다. 개봉상태의 사과박은 20℃ 저장 시와 비교하여 3일 빠르게 곰팡이가 발생했으며, 부패로 인한 심한 악취는 11일 빠르게 발생하였다. 밀봉상태의 사과박에서는 시큼한 냄새가 12일 빠르게 발생했다. 개봉상태의 대추박은 20℃ 저장 시와 비교하여 심한 악취가 3일 빠르게, 그리고 시큼한 냄새는 6일 빠르게 발생하였다.

Table 61. Effect of different storage period and condition on general appearances of fruit pulps

Temp	Fruit pulp	Condition	Storage periods (days)						
			0	3	6	9	12	15	20
20℃	Citrus	Open	Good	Sourish, Mold	→	→	→	Mal-odorous	→
		Closed	Good	→	Soursh	Mold	→	Mal-odorous	→
	Apple	Open	Good	→	Mold	→	→	→	Mal-odorous
		Closed	Good	→	→	→	Sourish	→	→
	Jujube	Open	Good	→	→	Mold	→	→	Mal-odorous
		Closed	Good	→	→	→	→	Sourish	→
30℃	Citrus	Open	Good	Sourish, Mold	→	Mal-odorous	→	→	→
		Closed	Good	→	Sourish, Mold	→	→	→	Mal-odorous
	Apple	Open	Good	Sourish, Mold	→	→	→	Mal-odorous	→
		Closed	Good	Sourish	→	→	→	→	→
	Jujube	Open	Good	→	→	Sourish, Mold	→	Mal-odorous	→
		Closed	Good	→	→	Sourish	→	→	→

따라서 20℃에서 과일박은 개봉하면 감귤박은 3일 미만, 사과박은 3일, 대추박은 6일, 그리고 밀봉하면 감귤박은 3일, 사과박은 9일, 대추박은 12일 정도까지 큰 변화 없이 저장이 가능했다. 30℃에서는 개봉하면 감귤박과 사과박은 3일 미만, 대추박은 6일, 그리고 밀봉하면 감귤박은 3일, 사과박은 3일 미만, 대추박은 6일 정도까지 저장 가능한 것으로 볼 수 있다. 30℃에서의 결과를 보면 저장 상태나 과일박 종류에 상관없이 저장기간이 대체로 좀 더 짧아야 하며 빨리 원료로 이용해야 하는 것을 알 수 있다. 봄철엔 적정 저장기간이 10일, 여름철엔 5일 이내 그리고 겨울철엔 60일 정도라고 보고한 김 등(1996)의 결과에서 볼 수 있듯이 본 시험결과에서도 20℃에서보다 30℃에서의 외관상 변화가 빨리 진행된 것이 관찰됨으로서 저장성이 온도에 의해서 영향을 받고 있음을 확인 했다. 한편 대추박은 다른 과일박들 보다

저장방법이나 저장일수에 영향을 덜 받으며 상대적으로 외관상 양호한 상태가 오래 지속되었다. 이것은 대추박의 수분 함량은 59%로 감귤박과 사과박의 수분함량이 각각 86 및 84%인 것과 비교하면 두 배 이상의 차이를 보임으로서 대추박 내 수분함량이 상대적으로 낮았기 때문이라고 사료된다. 저장방법에 관한 결과에 대해서는 개봉상태보다는 밀봉상태의 시료 저장이 보다 더 양호한 경향 이었는데 이는 밀봉시 혐기발효가 되어 비교적 오래 두어도 더 이상 부패되지 않았기 때문이거나 호기 미생물의 오염이 낮았기 때문으로 보인다.

#### 나) pH 변화

20℃와 30℃에서 저장방법과 기간에 따른 과일박 내 pH변화는 Table 62에 각각 나타나 있다. 20℃에서 저장 초기 (0-3일)의 원료 내 pH는 감귤박>사과박>대추박 순으로 높았고, 6일째는 사과박>감귤박>대추박 순이었으며 9일 이후부터 20일까지는 감귤박>사과박>대추박 순이었다. 그리고 30℃에서 0일째는 원료 내 pH가 감귤박>사과박>대추박 순이었고, 3, 6 및 12일째는 pH 값이 서로 비슷하였다. 그리고 9, 15 및 20일째는 사과박 내 pH가 가장 높았고, 9일째는 감귤박, 15일과 20일째는 대추박 내 pH가 가장 낮았다. 20℃나 30℃에서 저장하였을 때 과일박 원료 내 pH는 각각 평균 3.38 과 3.37로서 비슷하였으므로, 저장 온도에 의한 영향은 없는 것으로 사료된다. 다만, 저장 기간이 길어질수록 pH값이 감소되는 경향을 보였다. 그리고 전 저장기간 동안에 개봉상태 보다 밀봉상태의 pH가 높은 것은 저장시 발생하는 발효 과정 중에서 미생물들에 의한 유기산 이용 때문인 것으로 사료된다. Bolsen 등 (1992)과 Woolford (1984)의 보고에 의하면 사일리지를 제조, 저장과정에서 *Clostridia*에 의해서 오염이 되면 1차 발효시 생성된 lactic acid가 이용되면서 pH가 증가한다고 하였다.



Table 62. Effect of different storage period and condition on pH of fruit pulps

Period (days)	Citrus		Apple pomace		Jujube		SEM	Significance		
	Open	Closed	Open	Closed	Open	Closed		F <sup>1)</sup>	S <sup>2)</sup>	F*S <sup>3)</sup>
<i>20 °C</i>										
0	3.55	3.55	3.53	3.55	3.41	3.42	0.014	**	NS	NS
3	3.47	3.52	3.45	3.52	3.40	3.39	0.012	**	**	*
6	3.38	3.48	3.40	3.49	3.41	3.38	0.011	**	**	**
9	3.37	3.51	3.38	3.46	3.36	3.40	0.013	**	**	**
12	3.36	3.48	3.32	3.45	2.95	3.33	0.043	**	**	**
15	3.33	3.44	3.34	3.43	2.90	3.34	0.045	**	**	**
20	3.32	3.45	3.33	3.43	2.78	3.32	0.055	**	**	**
<i>30 °C</i>										
0	3.54	3.56	3.55	3.49	3.44	3.46	0.013	**	NS	NS
3	3.42	3.49	3.43	3.49	3.40	3.42	0.011	NS	*	NS
6	3.38	3.43	3.37	3.47	3.40	3.40	0.009	NS	**	*
9	3.26	3.41	3.35	3.44	3.39	3.38	0.015	**	**	**
12	3.22	3.43	3.25	3.37	3.35	3.33	0.018	NS	**	**
15	3.22	3.35	3.24	3.38	3.19	3.31	0.017	**	**	NS
20	3.21	3.36	3.22	3.37	3.19	3.31	0.018	**	**	NS

\*P<0.05, \*\*P<0.01 and NS: not significant.

<sup>1)</sup>F: Fruit pulp effect, <sup>2)</sup>S: Storage condition effect and <sup>3)</sup>F\*S: Interaction effect between fruit pulp and storage condition.

#### 다) NH<sub>3</sub>-N 농도

과일박 원료 내 암모니아 농도는 Table 63에 나타난 바와 같다. 20°C에서 암모니아 발생량을 살펴보면 0일까지의 전 저장 기간동안 사과박에서 가장 높았고, 9일 이전까지는 감귤박 그리고 그 이후에는 대추박에서 가장 적은 양이 발생되었다. 한편, 저장방법에 따른 변화는 6일까지는 처리구간 유의차가 없었고, 9일째부터 밀봉상태에서 보다 많은 양의 암모니아가 발생되었다. 한편 3일째에서는 개봉상태의 사과박에서 암모니아 생성량이 가장 많았고 밀봉상태의 감귤박에서 가장 적었다. 그리고 9, 12, 15 및 20일째에서는 밀봉상태의 사과박에서 가장 많은 암모니아가 생성되었고, 9일째 밀봉상태의 대추박을 제외하고는 개봉상태의 대추박에서 가장 적은

양의 암모니아가 생성되었다.

Table 63. Effect of different storage period and condition on  $\text{NH}_3\text{-N}$  concentration in fruit pulps (mg/dl)

Period (days)	Citrus		Apple pomace		Jujube		SEM	Significance		
	Open	Closed	Open	Closed	Open	Closed		F <sup>1)</sup>	S <sup>2)</sup>	F*S <sup>3)</sup>
<i>20 °C</i>										
0	0.25	0.30	0.83	0.88	0.41	0.44	0.061	**	NS	NS
3	0.11	0.06	1.09	0.94	0.36	0.46	0.095	**	NS	*
6	0.27	0.18	0.82	0.85	0.44	0.35	0.064	**	NS	NS
9	0.28	0.23	0.32	1.24	0.51	0.20	0.089	**	**	**
12	0.43	0.39	0.39	1.45	0.13	0.31	0.106	**	**	**
15	0.45	0.45	0.38	1.16	0.19	0.51	0.077	**	**	**
20	0.38	0.67	0.24	1.25	0.17	1.63	0.091	**	**	**
<i>30 °C</i>										
0	0.24	0.19	0.66	0.65	0.23	0.20	0.051	**	NS	NS
3	0.33	0.37	1.11	0.92	0.30	0.43	0.078	**	*	*
6	0.29	0.53	0.22	1.19	0.27	0.47	0.081	**	**	**
9	0.57	0.57	0.66	1.17	0.42	0.56	0.060	**	**	**
12	0.56	0.70	0.35	1.21	0.30	0.58	0.073	**	**	**
15	0.55	0.75	0.42	1.71	0.27	0.32	0.120	**	**	**
20	0.57	0.91	0.30	1.86	0.24	0.12	0.144	**	**	**

\*P<0.05, \*\*P<0.01 and NS: not significant.

<sup>1)</sup>F: Fruit pulp effect, <sup>2)</sup>S: Storage condition effect and <sup>3)</sup>F\*S: Interaction effect between fruit pulp and storage condition.

30°C에서의 암모니아 발생량을 살펴보면 20°C에서와 마찬가지로 0일부터 20일까지의 전 저장 기간동안 사과박에서 가장 많은 양이 발생되었다. 그리고 3일째 감귤박에서 가장 적은 양의 암모니아가 발생된 것을 제외하고 나머지 저장 기간동안은 대추박에서 가장 적은 양의 암모니아가 발생되었다. 한편, 0일째 개봉상태나 밀봉상태에서의 암모니아 발생량은 비슷하였고, 3일째는 특이하게 밀봉상태에 비교하여 개봉상태에서 보다 많은 양의 암모니아가 발생하였다. 그러나 나머지 기간 동안에는 20°C에서와 마찬가지로 밀봉상태에서 보다 많은 양의 암모니아가 생성되었다. 특히 0과 3일째 개봉상태의 사과박에서 가장 많은 양의 암모니아가 생성된 것을 제

의하고는 나머지 기간 동안에는 밀봉상태의 사과박에서 가장 많은 양의 암모니아가 생성되었다.

전반적으로 저장 상태에 상관없이 과일박 내의 암모니아 발생량은 저장기간이 길어질수록 증가하는 경향을 보였다. 이 결과는 하 등 (1999)의 결과와 유사하였는데, Church (1988)는 암모니아 농도가 증가하면 주위의  $H^+$  이온이 암모니아와 결합하여 pH가 다소 증가하는 경향이 나타난다고 하였다. 따라서 본 시험결과에서 암모니아와 pH 결과는 Church (1988)의 보고를 뒷받침해 주고 있다. 그리고 30℃에서 과일박을 3일부터 20일까지 저장 했을 때 20℃와 비교하여 전체적으로 암모니아 발생량이 좀더 많은 경향을 보였다.

#### 라) 내부온도 변화

전 저장 기간동안의 과일박 내부 온도는 Table 64에 나타난 바와 같다. 20℃에서 과일박을 저장 시 저장된 과일박 내부의 온도는 0일부터 6일까지의 결과는 다양하였다. 0일째는 대추박의 내부온도가 가장 높았고, 감귤박에서는 가장 낮았다. 3일째와 6일째 과일박 시료별 내부온도는 각각 사과박>감귤박>대추박 그리고 감귤박>사과박>대추박 순으로 높았다. 그러나 9일 이후부터 20일까지는 지속적으로 대추박 내의 내부 온도가 가장 높았고 감귤박에서 가장 낮았다. 저장 방법별로 살펴보면 0, 9 및 15일째는 개봉상태나 밀봉상태시의 내부온도는 서로 유의차가 없었다. 한편 3일째는 개봉상태에서의 내부온도가 밀봉상태보다 오히려 높았고, 반면 나머지 기간에는 밀봉상태에서의 내부온도가 개봉상태보다 높게 관찰되었다. 저장방법과 과일박 종류별 상호작용에 따른 내부온도 변화는 전 저장 기간에 걸쳐 다양하게 나타났고, 전반적으로 9일 이후부터 개봉상태의 대추박에서 가장 높은 내부온도가 조사되었다.

30℃에서 저장된 과일박 내부의 온도는 20℃에서 저장 했을 때와 비교하여 전반적으로 높았다. 20℃에서는 대추박 내부온도가 가장 높았지만 30℃에서는 저장기간 9일 이후부터는 사과박의 내부 온도가 가장 높았고, 9일째를 제외하고 대추박의 내부온도가 오히려 가장 낮았다. 또한 20℃에서 저장 했을 때와는 다르게 저장기간 6일 이후부터는 개봉상태의 내부온도가 밀봉상태 보다 지속적으로 높았다. 20℃나 30℃에서 저장 상태에 상관없이 과일박 원료 내부온도는 전 저장 기간동안 변화의

폭은 크지 않았다. 하 등 (1999)은 부패의 진행정도가 심해질수록 내부온도가 증가하였다고 예측하였는데, 본 시험 결과와 비교해 보면 부패의 진행정도와 내부온도와의 상관관계는 상당히 약한 것으로 사료된다. 본 시험 결과에서도 보다시피 20℃에서 개별 과일박 원료의 내부온도는 pH나 암모니아 농도와 무관한 경향을 보여주고 있다. 그러나 30℃에서는 개별 과일박 원료의 내부온도의 경향이 pH나 암모니아 생성량과 상당히 밀접한 관련을 보여 주고 있다. 한편 사일리지가 숙성하는 동안 50℃이상의 고온발효가 진행되면 영양소의 손실이 크고 이들 영양소의 소화율도 상당히 감소되는 것으로 보고되었다 (Muck, 1988).

Table 64. Effect of different storage period and condition on inside temperature in fruit pulps (°C)

Period (days)	Citrus		Apple pomace		Jujube		SEM	Significance		
	Open	Closed	Open	Closed	Open	Closed		F <sup>1)</sup>	S <sup>2)</sup>	F*S <sup>3)</sup>
<i>20 °C</i>										
0	17.0	17.0	18.4	18.4	18.5	18.5	0.169	**	NS	NS
3	22.5	21.5	23.6	21.3	20.0	20.0	0.313	**	**	**
6	21.0	22.0	21.0	21.0	20.5	20.5	0.125	**	**	**
9	20.0	20.0	20.0	21.0	21.5	21.0	0.152	**	NS	**
12	20.0	20.5	20.3	20.4	25.0	23.0	0.449	**	**	**
15	20.5	20.0	19.8	21.0	22.0	21.0	0.179	**	NS	**
20	20.0	20.0	20.0	20.0	21.0	19.5	0.112	**	**	**
<i>30 °C</i>										
0	17.0	17.0	18.3	18.4	18.5	18.4	0.167	**	NS	NS
3	32.0	32.4	29.0	30.3	28.0	28.0	0.430	**	**	**
6	33.5	29.5	29.0	31.3	31.1	28.7	0.392	**	**	**
9	30.0	28.9	31.5	30.0	29.9	29.6	0.184	**	**	**
12	29.5	29.9	32.0	29.0	29.0	29.3	0.262	**	**	**
15	29.0	29.5	31.0	30.3	28.9	28.3	0.239	**	**	**
20	29.0	28.0	30.0	28.4	29.0	28.0	0.168	**	**	*

\*P<0.05, \*\*P<0.01 and NS: not significant.

<sup>1)</sup>F: Fruit pulp effect, <sup>2)</sup>S: Storage condition effect and <sup>3)</sup>F\*S: Interaction effect between fruit pulp and storage condition.

마) acetic acid(mM/L)의 변화

TMR원료사료 저장시의 Acetic acid의 변화는 Table 65에서 보는 바와 같다. 각 사료 저장기간의 다른 변화지만 전 저장기간중 서서히 올라가는 경향을 볼 수 있다. 20℃저장환경에서 감귤박은 개봉저장시 9일부터 Acetic acid농도는 급격히 증가하고 밀봉시는 15일부터 증가하였다. 사과박은 개봉저장시 15일부터 급격히 증가하는 반면에 밀봉시는 전 저장기간 중 크게 변화하지 않았다. 대추박은 개봉 및 밀봉 저장시 전 저장기간 중 큰 변화는 나타나지 않았다.

30℃저장환경에서 감귤박은 개봉시 6-9일부터 Acetic acid농도는 급격히 증가하다가 감소하고 밀봉시는 12일부터 급격히 증가하였다. 사과박은 개봉시 9일째 급격히 증가하다가 급격히 감소하는 반면 밀봉시는 12일부터 증가하였다. 대추박은 개봉시 9일부터 증가하고 밀봉시는 3일부터 급격히 증가하였다.

Table 65. Effect of different storage period and condition on acetic acid concentration

Temp.	Fruit pulp	Condi on	Storage period (day)						
			0	3	6	9	12	15	20
20℃	Citrus	Open	12.44	10.71	15.4	31.61	30.89	24.05	30.68
		Close	12.01	8.32	8.15	9.96	12.62	20.46	30.05
	Apple	Open	16.13	15.89	10.07	4.61	21.78	48.14	50.35
		Close	15.12	15.82	15.03	17.7	15.04	16.1	13.55
	Jujube	Open	57.76	55.3	44.35	50.17	48.64	59.54	-
		Close	58.99	50.81	39.89	53.62	46.68	56.45	60.5
30℃	Citrus	Open	8.98	17.4	72.4	63.3	38.4	31.5	39.2
		Close	7.8	9.7	16.9	14.6	25.1	27.4	35.1
	Apple	Open	12.6	13.7	3.8	80.2	8.6	13.9	23.0
		Close	12.6	14.4	14.4	13.4	21.3	27.1	56.5
	Jujube	Open	18.4	45.0	25.7	40.5	55.4	47.7	46.1
		Close	18.0	28.4	34.2	42.6	50.3	46.8	57.0

본 연구의 결과를 종합하면 과일박들 중 적정 저장일수는 대추박>사과박>감귤

박 순으로 길었고, 개봉할 때 보다는 밀봉했을 때 적정 저장일수가 더 길었고, 온도가 낮을수록 저장성이 더 좋았다. 과일박 내 pH는 저장온도에 상관없이 대추박에서 가장 낮았고 전반적으로 20℃에서는 사과박, 30℃에서는 감귤박에서 가장 낮은 경향을 보였고, 저장기간이 길수록 pH는 감소하였으며, 밀봉보다는 개봉상태에서의 pH가 낮았다. 암모니아태 질소는 저장온도에 상관없이 사과박에서 가장 높았고, 반면에 20℃에서는 대추박, 30℃에서는 저장 초기에는 감귤박 그리고 후반에는 대추박에서 가장 낮았다. 전반적으로 개봉상태보다는 밀봉상태에서 암모니아태 질소 생성이 더 높았고, 저장 온도가 높을수록 더 높았다. 과일박 내부온도는 저장 초기(0-6일)는 결과가 다양했으나 6일 이후부터는 20℃에서는 대추박>사과박>감귤박 순으로 높았고, 30℃에서는 사과박>감귤박>대추박 순으로 높은 경향을 나타냈고, 밀봉상태보다는 개봉상태에서 과일박 내부온도가 더 높은 경향을 나타냈다.

## 2. 고급육 생산을 위한 적정 TMR 유형 개발

### 가. 연구방법

#### 1) TMR 유형별 제조

적정 TMR 유형을 개발하기 위해 원료사료로 건 TMR을 제조한 후 수분을 첨가하여 습 TMR를 제조하였다. 수분함량이 다른 두 종류의 습 TMR사료를 저장방법 (개봉, 밀봉 혹은 CO<sub>2</sub> 충전 후 저장)과 효모제 첨가 여부를 달리하여 저장해서 발효 TMR을 제조하였다. 그리고 저장기간동안 환경의 온·습도, 저장기간별 내부 온도, pH, 건물함량, NH<sub>3</sub>-N 그리고 VFA를 측정하였다.

#### 2) TMR 유형별 소화시험

##### 가) 공시축 및 사료

평균체중 43±12.48 kg인 반추위에 Fistula가 장착된 면양 3두를 이용하여 Table 66 및 67에 나타낸 시험 사료들을 1일 체중 kg당 20g의 건물을 섭취하도록 하였다.

사료는 09:00 과 18:00의 2회 균등 급여하였고, 미네랄 블록 및 물은 자유로이 섭취할 수 있도록 하였다.

건TMR, 습TMR 및 발효TMR의 배합구성은 동일하게 하였고, 습TMR과 발효TMR의 수분함량은 각각 44.3과 46.3%로 인위적으로 조절하였다. 습TMR은 공시축에게 급여하기 전까지 발효과정을 억제하기 위하여 -4℃에서 보관 하였다. 그리고 발효TMR은 습TMR을 실온상태 (20~22℃)에서 10일간 방치하여 액상효모에 의한 발효가 일어나도록 하였다.

Table 66. The formula of experimental diets

Items	DTMR	WTMR	FTMR
Beet pulp		17.4	
Tall fescue straw		9.0	
Brewers grain		16.0	
Wet citrus pulp		11.8	
Malt hulls		10.4	
Molasses		3.5	
Wheat bran		2.5	
Corn		14.2	
Sodium bicarbonate		0.7	
Salts		0.3	
Liquid form yeast		13.9	
Vitamin mixture		0.1	
Mineral mixture		0.1	
Total		99.9	

DTMR: Dry TMR; WTMR: Wet TMR; FTMR: Fermented TMR.

Table 67. The chemical composition of experimental diets

Items	DTMR	WTMR	FTMR
Dry Matter	86.7	55.7	53.7
Ash	6.4	7.7	8.5
Crude protein	12.4	12.5	13.5
Crude fiber	18.6	17.6	18.8
Neutral detergent fiber	49.1	46.6	47.5
Acid detergent fiber	26.7	24.2	25.1
Ether extract	2.5	2.9	2.9
Total digestible nutrient	66.0	68.6	67.6

DTMR: Dry TMR; WTMR: Wet TMR; FTMR: Fermented TMR.

나) 조사항목 및 방법

실험은 3 × 3 Latin Square 방법으로 설계하였고, 12일의 적응기간과 본시험기간 2일 동안 분 채취를 하였으며, 마지막 2일째는 사료섭취 후 0, 3, 6, 및 9h에 반추위액을 채취하였다.

- ① pH : 반추위액을 채취한 즉시 pH를 pH meter (METTLER DELTA 340)로 측정하였다.
- ② NH<sub>3</sub>-N 농도 : Chaney와 Marbach (1962)의 방법에 따라 Phenol 용액으로 위액중의 암모니아를 발색시킨 후 Spectrophotometer (Spectronics 21D)를 이용하여 630nm에서 흡광도를 측정하여 계산하였다.
- ③ VFA 농도 : 채취한 반추위액을 1000 × g, 4℃에서 15분간 원심분리하고, 상층액 1ml를 취하여 Eppendorf tube에 넣고, 25% HPO<sub>3</sub> 0.2ml를 넣어 잘 혼합



시킨 후 30분간 정치시켰다. 이를 -70°C Deep freezer에서 분석 전까지 냉동 보관하였다. VFA의 분석은 Gas chromatography (HP6890, U.S.A.)를 이용하였으며, 측정의 전 과정은 Erwin 등 (1961)의 방법에 따랐다.

- ④ 효소 역가 : 채취한 반추위액을 1000 × g, 4°C에서 15분 동안 원심분리한 후 상층액을 회수하여 조효소액으로 사용하였다. CMCase의 활성은 기질용액을 0.1M citrate buffer (pH 5.0)에 1% (w/v) CMC용액이 되게 하여, 조효소액 0.5ml과 CMC 기질 용액 0.5ml을 섞고, 55°C에서 1시간 반응시키고, 원심분리한 후, 상층액 0.2ml에 DNS 0.6ml을 더하고 100°C에서 5분간 진탕 반응시켜 상층액 내의 환원당의 양을 DNS법 (Miller, 1959)으로 550nm에서 흡광도를 측정하여 구하였다. CMCase 1 unit 는 1분 동안에 1 $\mu$ mol의 glucose를 생성하는 효소의 양으로 하였다. Xylanase도 CMCase의 측정법과 동일한 방법으로 수행하였다.

Proteolytic activity는 Charney와 Tomarelli (1974)의 방법을 Disdale 등 (1980)이 개선한 방법으로 측정하였다.

- ⑤ *In vivo* 소화율 : 각 영양소의 *In vivo* 소화율을 구하기 위하여 각 실험 기간의 마지막 2일간 분을 채취하고, 채취한 분을 60°C Drying oven에서 3일간 건조한 후 Wiley mill로 분쇄하여 일반분석시료로 사용하였다. 영양소 소화율은 섭취한 영양소에서 분으로 배설된 영양소를 뺀 값을 소화된 양으로 하여 섭취량에 대한 비율로 나타내었다.

#### 다) 통계분석

본 시험에서 얻어진 결과는 SAS (1989)의 GLM 방법으로 분석하였고, 처리 평균간의 비교는 Duncan (1955)의 Multiple range test를 이용하였다.

### 3) TMR 유형별 한우 비육후기 사양시험

#### 가) 공시축 및 사료

평균체중  $604.7 \pm 10.41\text{kg}$ 인 비육후기 거세 한우 18두를 건TMR구, 습TMR구 및 발효TMR구의 3처리를 두고, 각 처리당 6두씩 배치하여 4개월간 사양시험을 수행하였다. 전 시험기간 동안 공시축은 3 Group으로 나누었으며, 각 Group당 6두씩 체중을 고려하여 임의 배치하여 군 사양 (group feeding)하였다. 사료급여는 1일 2회 자유급식 하였고, 물과 미네랄 블록은 자유 섭취토록 하였다. 공시사료의 원료조성 및 화학적 성분은 Table 64에서 제시한 바와 같다.

#### 나) 조사항목 및 방법

공시축은 2개월 간격으로 체중을 측정하였으며, 사료의 건물 섭취량은 급여량에서 사료통에 남아있는 잔량을 제거한 후 건물로 환산하여 구하였다. 사료 요구율은 사료 섭취량을 증체량으로 나누어 계산하였다. 그리고 실험 종료 후 출하된 실험축의 도체 등급표를 분석하여 육량 및 육질등급을 분석하였다

#### 다) 통계분석

본 시험에서 얻어진 결과는 SAS (1989)의 GLM 방법으로 분석하였고, 처리 평균간의 비교는 Duncan (1955)의 Multiple range test를 이용하였다.

### 나. 연구 결과

#### 1) TMR 유형별 제조

##### 가) 저장기간에 따른 TMR 유형별 DM함량의 변화

저장기간중 TMR사료의 DM함량의 변화는 Table 68에서 보는 보와 같이 수분함량 30% 및 40%인 TMR의 건물함량은 각각 68.2% 및 61.7%였다. 수분함량 30%와 40%의 TMR사료 모두 저장기간이 경과함에 따라 개봉 저장시 DM함량이 증가하였으나 밀봉 및 CO<sub>2</sub> 충전 후 밀봉저장의 경우는 DM함량은 변화하지 않았다. 이와 같은 결과가 나타난 것은 개봉저장시에는 수분함량이 감소함에 따라 DM함량이 증가하였으나 밀봉 혹은 CO<sub>2</sub>충진 후 밀봉저장한 사료는 사료내 수분함량이 유지되면

서 사료의 DM함량도 유지되었다고 할 수 있다. 그리고 사료중 효모제의 첨가는 DM 함량에 영향을 주지 않았다.

Table 68. Effect of moisture content, yeast supplementation, and storage condition period on DM(%) of TMR

Yeast	Storage period (day)	Moisture 30%			Moisture 40%		
		Open	Close	CO <sub>2</sub> -Close	Open	Close	CO <sub>2</sub> -Close
No addition	0	68.2	-	-	61.7	-	-
	5	76.4	66.8	65.4	76.1	59.7	59.6
	15	81.3	66.1	65.8	82.9	58.9	59.5
	30	-	67.2	66.5	-	58.9	58.2
Addition	0	68.4	-	-	61.5	-	-
	5	75.6	67.3	65.7	74.9	59.8	59.3
	15	84.4	66.5	66.1	83	58.6	58.9
	30	-	67.6	67.4	-	58.6	57.9

나) 저장기간에 따른 TMR 유형별 pH의 변화

저장기간이 경과함에 따라 pH가 현저히 감소하였으며, 수분함량 40% TMR이 30% TMR보다 pH가 다소 낮은 경향이였다 (Table 69). 그러나 개봉, 밀봉 그리고 CO<sub>2</sub> 충전 후 밀봉간에는 차이가 없었다.

다) 저장기간에 따른 TMR 유형별 내부온도(°C)의 변화

저장기간의 경과에 따른 TMR사료의 내부온도는 개봉 저장시 저장 후 5일째 온도 급격히 상승하다가 급격히 떨어지면서 서서히 환경온도와 일치하게 변화하였으나 밀봉 혹은 CO<sub>2</sub>충진 후 밀봉저장에서는 저장기간 중 크게 변하지 않았다(Table 70).

개봉저장시 수분함량 40%과 30%의 TMR사료를 보면 발효온도는 수분함량 40%의 TMR사료가 수분함량 30%과 비해 높은 것으로 나타나고 또 효모제 첨가와 무첨가사료를 비해 첨가한 사료의 발효온도가 높은 것으로 나타났다.

Table 69. Effect of moisture content, yeast supplementation, and storage condition period on pH of TMR

Yeast	Storage period (day)	Moisture 30%			Moisture 40%		
		Open	Close	CO <sub>2</sub> -Close	Open	Close	CO <sub>2</sub> -Close
No Addition	0	5.47	-	-	4.37	-	-
	5	4.28	4.44	4.48	4.19	4.1	4.16
	15	4.29	4.41	4.6	4.19	4.01	4.1
	30	-	4.31	4.45	-	3.96	3.98
Addition	0	5.59	-	-	4.40	-	-
	5	4.68	4.46	4.49	4.27	4.23	4.25
	15	4.43	4.48	4.63	4.21	4.11	4.19
	30	-	4.38	3.44	-	4.00	4.09

Table 70. Effect of moisture content, yeast supplementation, and storage condition period on internal temperature of TMR

Yeast	Storage period (day)	Moisture 30%			Moisture 40%		
		Open	Close	CO <sub>2</sub> -Close	Open	Close	CO <sub>2</sub> -Close
No Addition	0	18.5	-	-	18	-	-
	5	39	18.2	17.8	40.7	19	18.8
	15	23.5	21	20.5	23.3	21.5	20.8
	30	-	24.2	24	-	24	24.1
Addition	0	18	-	-	18	-	-
	5	46.7	18.8	18.5	49	19.3	18.8
	15	23	22	21.2	22.8	21	20.8
	30	-	24	24.2	-	24.1	24.1

라) 저장기간의 경과에 따른 TMR사료의 NH<sub>3</sub>-N(mg/100ml)의 변화

Table 71을 보면 저장기간의 경과에 따라 TMR사료내 NH<sub>3</sub>-N농도는 현저히 증가하는 것을 보였다. 수분함량 30%의 TMR사료를 보면 개봉저장시 저장기간의 연장에 따라 현저히 증가하였다. 밀보 혹은 CO<sub>2</sub>충진 후 저장시에도 저장기간에 따라 현저히 증가하였다. 그러나 밀봉과 CO<sub>2</sub>충진 후 저장한 사료간에 큰 차이는 없었다. 수분함량 40%의 TMR사료에서도 동일한 결과를 나타냈다.

Table 71. Effect of moisture content, yeast supplementation, and storage condition period on NH<sub>3</sub>-N(mg/100ml) of TMR

Yeast	Storage period (day)	Moisture 30%			Moisture 40%		
		Open	Close	CO <sub>2</sub> -Close	Open	Close	CO <sub>2</sub> -Close
No Addition	0	2.74 <sup>c</sup>	-	-	2.54 <sup>b</sup>	-	-
	5	4.8 <sup>b</sup>	2.78 <sup>b</sup>	2.29 <sup>c</sup>	5.12 <sup>a</sup>	2.59 <sup>c</sup>	2.69 <sup>c</sup>
	15	7.96 <sup>a</sup>	2.96 <sup>b</sup>	3.03 <sup>b</sup>	4.7 <sup>a</sup>	3.94 <sup>b</sup>	3.78 <sup>b</sup>
	30	-	3.75 <sup>a</sup>	3.84 <sup>a</sup>	-	5.09 <sup>a</sup>	4.85 <sup>a</sup>
Addition	0	2.84 <sup>b</sup>	-	-	2.91 <sup>c</sup>	-	-
	5	5.78 <sup>a</sup>	2.43 <sup>b</sup>	2.36 <sup>b</sup>	5.39 <sup>b</sup>	2.75 <sup>c</sup>	2.61 <sup>c</sup>
	15	5.82 <sup>a</sup>	2.66 <sup>b</sup>	2.88 <sup>b</sup>	7.71 <sup>a</sup>	3.72 <sup>b</sup>	3.96 <sup>b</sup>
	30	-	3.97 <sup>a</sup>	3.73 <sup>a</sup>	-	5.00 <sup>a</sup>	4.63 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup>different superscripts differ significantly(p<0.05)

마) 저장기간의 경과에 따른 TMR사료의 acetic acid(mM/L)의 변화

Table 72에 TMR사료의 저장기간에 Acetic acid의 농도변화를 보면 각 저장방법에서 모두 저장기간의 경과에 따라 Acetic acid의 농도는 현저히 증가하였다. 수분함량 30%과 40% TMR 사료를 보면 밀봉과 CO<sub>2</sub>충진 후 밀봉저장에서 수분함량 40% TMR는 수분함량 30% TMR과 비하여 Acetic acid 농도가 높은 것으로 나타

났다.

Table 72. Effect of moisture content, yeast supplementation, and storage condition period on acetic acid (mM/L) of TMR

Yeast	Storage period (day)	Moisture 30%			Moisture 40%		
		Open	Close	CO <sub>2</sub> -Close	Open	Close	CO <sub>2</sub> -Close
No Addition	0	5.44 <sup>b</sup>	-	-	5.79 <sup>b</sup>	-	-
	5	13.98 <sup>a</sup>	12.24 <sup>a</sup>	6.46 <sup>b</sup>	25.14 <sup>a</sup>	16.22 <sup>c</sup>	14.15 <sup>b</sup>
	15	17.2 <sup>a</sup>	12.29 <sup>a</sup>	13.17 <sup>b</sup>	27.61 <sup>a</sup>	19.91 <sup>b</sup>	25.56 <sup>a</sup>
	30	-	14.21 <sup>a</sup>	25.66 <sup>a</sup>	-	24.84 <sup>a</sup>	27.79 <sup>a</sup>
Addition	0	3.26 <sup>b</sup>	-	-	8.73 <sup>c</sup>	-	-
	5	12.05 <sup>a</sup>	8.95 <sup>b</sup>	8.36 <sup>c</sup>	21.92 <sup>b</sup>	16.34 <sup>c</sup>	13.33 <sup>b</sup>
	15	14.18 <sup>a</sup>	13.89 <sup>a</sup>	14.15 <sup>b</sup>	34.35 <sup>a</sup>	26.52 <sup>b</sup>	24.93 <sup>a</sup>
	30	-	16.55 <sup>a</sup>	18.84 <sup>a</sup>	-	34.51 <sup>a</sup>	31.30 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup> different superscripts differ significantly (p<0.05)

## 2) TMR 유형별 소화시험

### 가) pH와 NH<sub>3</sub>-N농도의 변화

각 유형의 TMR을 섭취한 후 3h간격으로 pH와 NH<sub>3</sub>-N농도를 측정 한 결과는 Table 73에 나타난 바와 같다. 반추위 평균 pH와 사료급여 후 3 h에서의 pH는 건 TMR구보다 습TMR구와 발효TMR구에서 높았다 (p<0.01). 반면에 사료급여 후 0 h 과 9 h에서는 처리구간 통계적 유의차가 발견되지 않았고, 6 h에서의 pH값은 각각 6.48, 6.40 및 6.33으로 발효TMR>습TMR>건TMR구의 순으로 높았다 (p<0.05).

본 시험에서 처리구들의 평균 pH는 6.55이었는데 이는 Russell 등 (1979)이 보고 한 반추위내 발효과정을 저하시키는 한계 pH인 6.2 보다 높은 수준이었다. 유형별

TMR에 의해 반추위내 pH가 영향을 받은 이유는 우선 건TMR에 비해 고른 조·농 사료의 섭취가 있었으나 아니면 습TMR이나 발효TMR의 단백질 이용성이 건TMR 과 다르기 때문인 것으로 사료된다. 심 등 (1998)은 사료 내 단백질이 반추위내에서 일종의 buffering agent로 작용하는 것으로 판단하였으며, 본 연구결과에서 습TMR 이나 발효TMR을 급여한 처리구에서 측정된 암모니아태 질소 농도가 건TMR처리 구보다 높게 나타난 것이 이를 뒷받침하는 증거라고 볼 수 있다.

Table 73. Effects of types of TMR on pH and NH<sub>3</sub>-N in the rumen of sheep

Time (h)	DTMR	WTMR	FTMR	SEM	significance
<i>pH</i>					
0	6.80	6.81	6.84	0.014	NS
3	6.29 <sup>b</sup>	6.38 <sup>a</sup>	6.43 <sup>a</sup>	0.026	**
6	6.33 <sup>b</sup>	6.40 <sup>ab</sup>	6.48 <sup>a</sup>	0.032	*
9	6.54 <sup>b</sup>	6.63 <sup>ab</sup>	6.66 <sup>a</sup>	0.223	NS
Mean	6.49 <sup>b</sup>	6.55 <sup>a</sup>	6.60 <sup>a</sup>	0.021	**
<i>NH<sub>3</sub>-N (mg/dl)</i>					
0	10.60	11.41	12.05	0.899	NS
3	11.48 <sup>b</sup>	15.39 <sup>a</sup>	13.48 <sup>a</sup>	0.515	**
6	2.26 <sup>b</sup>	3.75 <sup>ab</sup>	5.44 <sup>a</sup>	0.749	*
9	3.67 <sup>b</sup>	5.99 <sup>a</sup>	5.34 <sup>ab</sup>	0.434	*
Mean	7.01 <sup>b</sup>	9.13 <sup>a</sup>	9.15 <sup>a</sup>	0.521	*

\* P<0.05; \*\* P<0.01 and NS: not significant.

<sup>a,b,c</sup> Mean values in a row different superscript differ significantly (P<0.05).

DTMR: Dry TMR; WTMR: Wet TMR; FTMR: Fermented TMR.

NH<sub>3</sub>-N농도는 사료섭취 전 (0 h)에서는 처리구들간 통계적 유의성이 발견되지 않았지만, 사료섭취 후 3 h, 6 h 및 9 h에서는 습TMR와 발효TMR를 급여했을 때 암모니아태 질소 농도가 건TMR급여할 때 보다 높았다 (p<0.05). 사료섭취 후 9h내

평균 암모니아태 질소 농도도 마찬가지로 습 TMR구와 발효TMR구가 건TMR구보다 높았다 ( $p<0.05$ ). 한편 처리구들 중 6 h 에서의 암모니아태 질소 농도는 발효 TMR구, 그리고 9 h에서는 습TMR구에서 가장 높았다.

Erdman 등 (1986)은 반추위내의 암모니아태 질소 농도는 사료의 소화 속도가 높을수록 증가한다고 보고 하였는데, 본 실험에서 TMR내 수분함량이 비교적 높은 습TMR과 발효TMR구에서 암모니아태 질소 농도가 건TMR구 보다 높았던 것은 반추위 미생물들에 의해서 분해되는 속도가 높았기 때문이거나 또는 제조 또는 저장 중 사료 단백질의 일부가 분해되었기 때문인 것으로 보인다.

#### 나) VFA 농도

Table 74 및 75에 보는 바와 같이 acetic acid와 총 VFA 생성량은 3h, 6h 및 9h에서 처리구들간에 통계적 유의차가 발견되지 않았다. 그러나 0h에서는 발효 TMR구에서의 acetic acid 생성량이 건TMR이나 습TMR구보다 높았고 ( $p<0.01$ ), 평균 acetic acid 생성량이 발효TMR구에서 가장 높게 조사된 것도 0h에서의 처리구간 차이를 반영하고 있다 ( $p<0.05$ ). 전 샘플 채취 시간 (0, 3, 6 및 9h)과 평균 propionic acid 생성량은 건TMR이나 습TMR구보다 발효TMR구에서 유의성 있게 높았다. Butyric acid 생성량은 0h의 발효TMR구에서 가장 높았고 ( $p<0.01$ ), 나머지 시간대와 평균 생성량은 처리구들간에 통계적 유의차가 발견되지 않았다. 전 샘플링 시간대에 걸쳐 A/P ratio는 발효TMR구에서 가장 낮았고 습TMR를 급여하였을 때 높은 경향이였다. 따라서 평균 A/P ratio는 습TMR구가 발효TMR구나 건TMR구보다 높았다 ( $p<0.01$ ).



Table 74. Effects of types of TMR on VFA production in the rumen of sheep

Time (h)	DTMR <sup>1)</sup>	WTMR <sup>2)</sup>	FTMR <sup>3)</sup>	SEM	significance
<i>Acetic acid (mM)</i>					
0	38.55 <sup>b</sup>	36.83 <sup>b</sup>	57.29 <sup>a</sup>	3.667	**
3	66.02	65.94	69.48	2.121	NS
6	60.08	65.37	71.24	4.058	NS
9	47.82	51.91	62.91	4.015	NS
Mean	53.12 <sup>b</sup>	54.90 <sup>b</sup>	65.23 <sup>a</sup>	3.209	*
<i>Propionic acid (mM)</i>					
0	9.43 <sup>b</sup>	8.03 <sup>b</sup>	14.56 <sup>a</sup>	1.095	**
3	19.87 <sup>b</sup>	18.53 <sup>b</sup>	22.82 <sup>a</sup>	0.838	**
6	17.49 <sup>b</sup>	17.61 <sup>b</sup>	22.20 <sup>a</sup>	1.531	*
9	13.66 <sup>b</sup>	13.34 <sup>b</sup>	17.61 <sup>a</sup>	1.293	*
Mean	15.11 <sup>b</sup>	14.38 <sup>b</sup>	19.30 <sup>a</sup>	1.118	**
<i>Butyric acid (mM)</i>					
0	10.32 <sup>b</sup>	9.82 <sup>b</sup>	14.83 <sup>a</sup>	1.112	**
3	13.61	13.46	13.32	0.683	NS
6	12.28	13.28	16.30	1.398	NS
9	9.96	11.12	13.12	1.116	NS
Mean	11.54	11.92	13.93	0.922	NS

\* : P<0.05; \*\* : P<0.01; NS: not significant.

<sup>a,b,c</sup> Mean values in a row different superscript differ significantly (P<0.05).

DTMR, Dry TMR; WTMR, Wet TMR; FTMR, Fermented TMR.

Table 75. Effects of types of TMR on total VFA and A/P ratio in the rumen of sheep

Time (h)	DTMR <sup>1)</sup>	WTMR <sup>2)</sup>	FTMR <sup>3)</sup>	SEM	significance
<i>Total VFA (mM)</i>					
0	61.32 <sup>b</sup>	57.40 <sup>b</sup>	91.41 <sup>a</sup>	6.125	**
3	103.20	102.56	109.94	3.575	NS
6	91.97	98.93	111.39	6.661	NS
9	73.34	78.64	96.58	6.573	NS
Mean	82.46 <sup>b</sup>	84.38 <sup>b</sup>	102.33 <sup>a</sup>	5.425	*
<i>A/P ratio</i>					
0	4.10 <sup>b</sup>	4.61 <sup>a</sup>	4.09 <sup>b</sup>	0.097	**
3	3.33 <sup>ab</sup>	3.62 <sup>a</sup>	3.03 <sup>b</sup>	0.094	**
6	3.45 <sup>b</sup>	3.79 <sup>a</sup>	3.30 <sup>b</sup>	0.086	**
9	3.50 <sup>b</sup>	3.95 <sup>a</sup>	3.68 <sup>b</sup>	0.081	**
Mean	3.59 <sup>b</sup>	3.99 <sup>a</sup>	3.52 <sup>b</sup>	0.079	**

\*, P<0.05; \*\*, P<0.01; NS, not significant.

<sup>a,b</sup> Mean values in a row different superscript differ significantly (P<0.05).

DTMR, Dry TMR; WTMR, Wet TMR; FTMR, Fermented TMR.

#### 다) 효소 역가

사료 섭취 후 3h간격으로 위액을 취하여 반추위내 각 효소의 역가를 측정 결과는 Table 76에 제시하였다. CMCase의 역가는 0h 과 9h에서 처리구들간 통계적 유의성이 발견되지 않았고, 평균값 또한 처리구들 사이에 비슷하였다. 한편 3h 과 6h에서의 CMCase 역가는 습TMR>발효TMR>건TMR구의 순으로 높았다 (p<0.05).

Xylanase 역가는 사료급여 후 시간에 상관없이 TMR 종류에 의해 영향이 있었으나, 6h에서는 습TMR과 발효TMR을 급여하였을 때 건TMR급여에 비해 높았다 (p<0.01).

Proteolytic activity는 3h 과 6h 에서는 처리구들간 통계적 유의차가 없었지만, 0h 에서는 건TMR 과 습TMR구 보다 발효TMR구에서 proteolytic activity가 높았다 ( $p<0.05$ ). 그리고 9h 와 실험기간 동안의 평균 proteolytic activity는 건TMR구보다 습TMR과 발효TMR구에서 높은 수치를 나타내었다 ( $p<0.01$ ).

이와 같이 시간대별로 급여한 TMR의 종류간 섬유소분해 효소와 단백질 분해 능력의 차이가 있는 것은 습TMR이나 발효TMR내 효소가 존재하거나 부분 소화가 발생하여 반추위 미생물의 영양소원으로 더 잘 이용되었기 때문으로 사료된다.

Table 76. Effects of types of TMR on enzymes activity in the rumen of sheep

Time (h)	DTMR	WTMR	FTMR	SEM	significance
<i>CMCase (glucose, <math>\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}</math>)</i>					
0	0.515	0.494	0.510	0.047	NS
3	0.406 <sup>b</sup>	0.479 <sup>a</sup>	0.460 <sup>ab</sup>	0.021	*
6	0.422 <sup>b</sup>	0.517 <sup>a</sup>	0.465 <sup>ab</sup>	0.028	*
9	0.434	0.489	0.474	0.036	NS
Mean	0.445	0.493	0.477	0.030	NS
<i>Xylanase (xylose, <math>\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}</math>)</i>					
0	2.56	2.24	2.66	0.121	NS
3	1.99 <sup>b</sup>	2.19 <sup>ab</sup>	2.50 <sup>a</sup>	0.096	NS
6	1.78 <sup>c</sup>	2.06 <sup>b</sup>	2.27 <sup>a</sup>	0.081	**
9	2.09	2.23	2.31	0.083	NS
Mean	2.11	2.18	2.44	0.079	NS
<i>Proteolytic activity (azocasein, <math>\mu\text{g}/\text{h}</math>)</i>					
0	0.116 <sup>b</sup>	0.129 <sup>b</sup>	0.186 <sup>a</sup>	0.024	*
3	0.135	0.190	0.158	0.016	NS
6	0.108	0.117	0.121	0.009	NS
9	0.080 <sup>b</sup>	0.119 <sup>a</sup>	0.117 <sup>a</sup>	0.013	**
Mean	0.110 <sup>b</sup>	0.139 <sup>a</sup>	0.145 <sup>a</sup>	0.011	**

\* :  $P<0.05$ ; \*\* :  $P<0.01$ ; NS: not significant.

<sup>a,b,c</sup> Mean values in a row different superscript differ significantly ( $P<0.05$ ).

DTMR: Dry TMR; WTMR: Wet TMR; FTMR: Fermented TMR.

라) *In vivo* 소화율

전장 소화율은 Table 77에 나타난 바와 같다. 습TMR과 발효TMR을 급여하였을 때 건물, 조단백질, 조지방 및 NDF 소화율은 건TMR보다 유의성 있게 높았다 ( $p < 0.01$ ). 처리구별 유기물 소화율은 각각 69, 68 및 66%로 WTMR > FTMR > DTMR의 순이었다 ( $p < 0.05$ ). ADF 소화율은 발효TMR에서 가장 높았고, 건TMR과 습TMR에서는 유사하였다 ( $p < 0.05$ ). 이와 같이 처리구들간 외관상 영양소 소화율의 차이는 이미 고찰한 바와 같이 VFA 생산량이 증가하고 각종 효소 활력이 높아진 것으로도 설명할 수 있다.

Table 77. Effects of types of TMR on apparent total tract digestibility of nutrients in sheep

Nutrients	DTMR	WTMR	FTMR	SEM	significance
DM	62.07 <sup>b</sup>	68.29 <sup>a</sup>	68.05 <sup>a</sup>	0.834	**
OM	65.88 <sup>b</sup>	69.07 <sup>a</sup>	67.98 <sup>ab</sup>	0.587	*
CP	58.12 <sup>b</sup>	65.59 <sup>a</sup>	66.38 <sup>a</sup>	0.996	**
EE	67.78 <sup>b</sup>	74.35 <sup>a</sup>	76.09 <sup>a</sup>	1.296	**
NDF	53.26 <sup>b</sup>	62.09 <sup>a</sup>	62.43 <sup>a</sup>	1.301	**
ADF	53.80 <sup>b</sup>	54.77 <sup>b</sup>	58.08 <sup>a</sup>	1.027	*

\*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$ .

<sup>a,b,c</sup> Mean values in a row different superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ).

DTMR: Dry TMR; WTMR: Wet TMR; FTMR: Fermented TMR.

반추위 발효성상에 관하여 이미 앞부분에서 언급했다시피, 발효TMR내 발효균들의 활동에 의하여 사료원들의 세포벽물질이 연화 혹은 파쇄 됨으로서 반추위 미생물들이 직접 이용하기 쉬웠기 때문에 외관상 소화율이 증가된 것으로 사료된다. 한편, 하 (2001)는 TMR내의 수분 함량은 35-40%로 맞추어 주는 것이 사료 섭취량을 증가시키는 효과뿐만 아니라 사료입자를 서로 부착시켜 선택 섭취를 방지하는데 도

움이 된다고 하였는데 이와 같은 이유 때문에 본 연구에서도 습TMR 또는 발효TMR의 경우 좀 더 양호한 반추위 환경이 조성되고 또 소화율도 높아진 것으로 보인다.

종합적으로 본 시험 결과들을 요약하면 건TMR 보다는 습TMR이나 발효TMR을 급여했을 때 TMR내의 발효균들의 활동에 의하여 사료원들의 세포벽물질이 연화 혹은 파쇄 됨으로서 반추위 미생물들이 직접 이용하기 쉬웠기 때문에 반추위발효와 영양소 이용효율이 향상되었다. 따라서 본 연구결과에 의하면 습TMR이나 발효TMR 형태로 급여하는 것이 건TMR에 비해 더 우수한 것으로 보인다.

### 3) TMR 유형별 비육후기 사양시험

#### 가) 증체량 및 사료 요구율

비육후기 거세한우에 대한 유형별 TMR의 급여효과는 Table 78에서 보는 바와 같이 총 증체량과 평균 일당 증체량은 WTMR>FTMR>DTMR의 순으로 습TMR구가 건TMR구보다 높았다. 건물 섭취량은 FTMR>WTMR>DTMR의 순으로 역시 습TMR구가 건TMR구보다 높았다. 사료 요구율은 습TMR구가 건TMR구보다 낮았다. 한편, 발효TMR구의 사료 요구율이 습TMR구보다 높게 나타내었는데 이는 습TMR구에 비해 발효TMR구의 건물 섭취량은 비슷하였으나 증체량이 낮았기 때문이다.

#### 나) 도체성적 및 도체등급

Table 79에서 보는 바와 같이 유형별 TMR 급여가 거세 한우의 도체중은 큰 영향을 미치지 않았으나 도체율에서는 습TMR구가 건TMR구보다 낮았다 ( $p<0.01$ ). 배최장근단면적은 WTMR구>DTMR구>FTMR의 순으로 습TMR구에서 가장 높았다. 등지방두께는 FTMR>DTMR구>WTMR의 순으로 발효TMR구가 가장 높았으며, 근내지방도 (상강도)는 FTMR>WTMR>DTMR의 순으로 각각 4.67, 4.33 및 2.67로 습TMR과 발효TMR구가 건TMR구보다 높았다.

Table 78. Effect of type of TMR on average daily gain, dry matter intake and feed conversion in Hanwoo steers

Items	DTMR	WTMR	FTMR	SEM	Significance
Body weight (kg)					
Initial	605.0	604.5	604.5	2.455	NS
Final	701.7	718.3	701.7	5.227	NS
Total gain (kg)	96.7	113.8	97.2	5.132	NS
ADG <sup>1</sup> (kg/day)	0.767	0.904	0.771	0.041	NS
DMI <sup>2</sup> (kg/day)	9.92	11.02	11.69	-	-
FC <sup>3</sup>	12.93	12.19	15.16	-	-

DTMR: Dry TMR; WTMR: Wet TMR; FTMR: Fermented TMR.  
 ADG<sup>1</sup> : Average daily gain; DMI<sup>2</sup> : Dry matter intake; FC<sup>3</sup> : Feed conversion.  
 NS: not significant.

Table 79. Effect of type of TMR on carcass characteristics of Hanwoo steers

Items	DTMR	WTMR	FTMR	SEM	Significance
Carcass weight (kg)	427.5	410.0	432.0	5.153	NS
Carcass rate (%)	60.92 <sup>a</sup>	57.07 <sup>b</sup>	61.56 <sup>a</sup>	0.660	**
Meat production index	67.84	68.23	65.77	0.610	NS
Rib-eye area (cm <sup>2</sup> )	93.17	97.00	88.67	1.973	NS
Back fat thickness (mm)	12.17	11.67	16.23	1.253	NS
Marbling score	2.67	4.33	4.67	0.419	NS
Meat color	5.00	5.00	5.17	0.056	NS
Fat color	3.00	3.00	3.00	0	NS
Meat yield grade (A:B:C)	3:2:1	3:3:0	1:2:3	-	-
Meat quality grade (1+:1:2:3)	0:1:4:1	2:2:1:1	2:2:2:0	-	-

\*\* : P<0.01; NS: not significant.

육량 A 등급 출현율은  $DTMR=WTMR>FTMR$ 의 순으로 각각 50, 50 및 16.7%이었으며, 고급육 (1<sup>+</sup>와 1등급) 출현율은  $WTMR=FTMR>DTMR$ 의 순으로 각각 66.7, 66.7 및 16.7%로 건TMR구에서 가장 낮았다. 조 (2003)는 거세한우에 조·농분리 사료, 습TMR 및 건TMR을 급여하였을 때 육량 A 등급 출현율이나 육질 1등급이상 출현율에서 습TMR구가 건TMR구보다 우수하다고 보고하였는데 본 시험에서도 유사한 결과를 얻었다.

전반적으로 유형별 TMR을 비육후기 거세한우에 급여하였을 때 건물 섭취량, 일당 증체량 및 사료 요구율에서 습TMR구가 우수하였고, 육량 A 등급과 고급육 출현율에서도 동일한 결과를 얻었다. 이와 같은 결과는 건TMR에 비해 습TMR은 조·농사료가 쉽게 분리되지 않기 때문에 사료 섭취할 때 조·농사료의 선택채식을 방지할 수 있어 반추위 발효를 안정화시키므로 나타낸 결과라고 사료된다.

#### 4. 고급육 생산을 위한 한우용 TMR 지침서 개발

본 과제에서 도출된 각종 연구결과와 국내외 자료 및 일반농가의 실정을 파악하여 국내에 도입가능한 한우용 TMR 급여지침서를 개발하였다. 이 지침서에는 TMR 원료 및 제조방법과 함께 국내외 비육우 TMR 연구사례, TMR 배합프로그램 활용방법 등을 소개하여 농가에서 TMR을 적용할 수 있도록 하였다. 이 외에도 영양소 요구량 설정, 비육밀소의 선발, 출하적기 판정, 초음파 기술의 활용, 보리 급여 및 비타민 조절 방법 등을 포함하여 한우 고급육 생산 기술을 종합적으로 다루는 지침서를 제작하였다.

지침서는 최종보고서에 별첨하여 농림기술관리센터 및 지정 배포기관으로 배포하였다.

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제1절 고급육 생산을 위한 한우용 TMR 사양체계 개발

주관과제인 “고급육 생산을 위한 한우용 TMR 사양체계 개발”의 1년차 연구목표는 고급육 생산을 위한 한우 비육용 TMR 시스템을 개발하기 위해 국내외 육우용 TMR 시스템을 조사하는 것과 함께 육성기 TMR 사양시스템을 개발하는 것이었다. 2년차 연구목표는 1년차 연구에 이어 비육전기 TMR 사양시스템을 개발하는 것과 함께 고급육 생산을 위한 최소비용 TMR을 개발하는 것이었다. 3년차 연구목표는 2년차 연구에 이어 비육후기 TMR 사양시스템을 개발하는 것이다.

위 연구목표를 달성하기 위해 국내 한우 TMR 사료시장의 현황을 조사하였으며 우리나라의 함평축협, 장수축협과 일본 미야자끼현의 이시야마 육우조합을 기초로 하여 국내외 TMR 시스템을 조사하였다. 그리고 성장단계별 TMR을 개발하기 위해 육성기, 비육전기 그리고 비육후기별로 각각 사양시험 및 소화시험을 실시하였다. 또한 경제적인 TMR을 개발하기 위한 최소비용 TMR 사양시험을 실시하였으며 영양소 요구량을 달리한 비육기 TMR 영양소 요구량 비교 실험 등 다양한 사양시험을 실시하였다.

주관과제의 연구 결과를 통해 국내 TMR 시장의 현황 및 국내외 TMR 사양시스템에 관한 자료를 제공하였고, 성장단계별 TMR 사양 기술을 제공하여 농가에서 TMR 사양으로 한우 고급육을 생산하고자 할 때 중요한 기초자료로 활용될 것이다. 최소비용 TMR 개발을 위한 농가부산물의 연구 자료는 농가에서 실질적인 자료로 활용할 수 있을 것이다.

### 제2절 저비용 한우용 TMR 사료 및 지킴서 개발

협동연구과제인 “저비용 한우용 TMR 사료 및 지킴서 개발”의 1년차 연구목표는 TMR용 부존원료 확보 및 사료영양 가치를 평가와 함께 고급육 생산을 위한 적정 TMR 유형을 개발하는 것이다. 위 연구목표를 달성하기 위해 농산가공부산물인



감귤박, 사과박, 영지박, 맥주박, 주정박, 깻묵 등 13종을 선정하여 일반성분, 광물질, 아미노산 조성 및 반추위내 *in situ* 건물분해율 등을 측정함으로써 각 원료의 사료적 가치를 평가하였다. 그리고 이 중 수분함량이 높은 감귤박, 사과박 및 대추박의 저장중 사료가치 변화를 보기 위하여 20℃와 30℃의 저장온도에서 저장방법(개봉과 밀봉)과 저장기간을 달리하여 저장한 후 물리적, 화학적 변화를 조사하였다. 본 연구결과를 통해 영양소의 특성을 잘 살리면 TMR 원료로써 단백질, 에너지원으로써 이용할 수 있는 자원이 될 수 있으며 특히 맥주박, 주정박 등과 같은 비교적 자주 사용되어 왔던 원료 외에도 영지박, 커피박 등도 TMR 원료로써의 이용 가능성을 제시하였다. 그리고 TMR 원료 저장시 물리적·화학적 변화에 대한 결과는 TMR 공장 뿐만 아니라 농가에서도 TMR 원료 및 사료를 저장하는 데 있어 중요한 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

2년차 연구목표는 TMR 유형별로 소화시험과 반추위 발효특성을 조사하고 유형별 사양시험을 실시하는 것이다. 고급육 생산을 위한 적정 TMR 유형을 개발하기 위해 세 가지 형태의 TMR (건TMR, 습TMR, 발효TMR)을 비육후기 거세 한우에 급여하여 사료의 이용효율과 증체 및 육질에 미치는 영향을 조사하여 연구목표를 달성하였다. 본 연구에 의하면 습TMR구나 발효TMR구가 건TMR구에 비해 소화율, total VFA, CMCase와 xylanase, 일당증체량 그리고 고급육 출현율이 높았다. 특히 고급육 출현율은 건TMR구가 16.7%이고, 습TMR구와 발효TMR구 66.7%로 상당한 차이를 보였다. 따라서 건TMR에 비해 습TMR이나 발효TMR이 반추위 환경을 좀더 안정화시키고, 또한 한우의 증체나 육량, 육질 등급에 더 좋은 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다.

마지막으로 3년차 연구목표는 2년차에 실시한 유형별 사양시험을 마무리하고 고급육 생산을 위한 한우TMR 사양관리체계를 정립하는 지침서를 개발하는 것이다. 한우용 TMR 급여지침서를 개발하기 위해 본 과제에서 도출된 각종 연구결과와 국내외 자료 및 일반농가의 실정을 파악하여 국내에 도입가능한 한우용 TMR 급여지침서를 개발하였다. 이 지침서에는 TMR 원료 및 제조방법과 함께 국내외 비육우 TMR 연구사례, TMR 배합프로그램 활용방법 등을 소개하여 농가에서 TMR을 적용할 수 있도록 하였다. 이 외에도 영양소 요구량 설정, 비육밀소의 선발, 출하적기 판정, 초음파 기술의 활용, 보리 급여 및 비타민 조절 방법 등을 포함하여 한우 고급육 생산 기술을 종합적으로 다루어 한우 농가에 많은 자료를 제공할 수 있을 것이다.

## 제 5 장 연구개발결과의 활용계획

### 1. 기초자료 제공

- ① 국내 TMR 시장의 현황 및 국내외 TMR 사양시스템에 관한 자료 제공
- ② TMR용 부존사료자원의 사료영양가치 및 저장 조건에 관한 자료 제공
- ③ TMR 사양에 의한 한우 고급육 육량, 육질 관련 기술 자료 및 실증 자료 구축
- ④ 기존 관행법과 TMR 사양이 한우의 증체량, 사료 효율, 경제성에 미치는 영향에 관한 실증자료 제공

### 2. 산업계 및 농가로의 기술 제공

- ① 농가부산물을 활용한 경제적 TMR 개발 적용
- ② 고급육 생산을 위한 최적 한우용 TMR에 대한 지침서 농가보급

### 3. 논문 발표 :

#### 1) 학술지 발표 :

- ① 유형별 완전혼합사료 급여가 반추위내의 발효성상 및 영양소 소화율에 미치는 영향 (한국동물자원학회지, 2003, 45: 805~812)
- ② Effects of Feeding System on Rumen Fermentation Parameters and Nutrient Digestibility in Holstein Steers (Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 16: 1482~1486)

#### 2) 학회 발표 :

- ① “*In Vivo* Rumen Fermentation and Nutritional Digestibility by Conventional Ration and Total Mixed Ration Feeding System in the Castrated Holstein Cows” (한국동물자원과학회 학술발표회, 2003)

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

### 제1절 TMR의 개념 및 도입배경

오래전부터 반추동물의 사양관리 방식으로서 조사료와 농후사료의 분리급여가 일반적이 것이었다. 그러나 낙농산업의 발달과 더불어 젖소의 능력이 크게 향상되고, 좀더 효율적인 사양관리 방법에 대한 수요가 높아짐에 따라 개발된 사양관리 방식이 바로 TMR 시스템이다. TMR에 대한 최초의 연구는 1930년 중반 미국의 Purina Milling Co. 농장에서 실시되었는데, 그들은 BIR (Built-In- Roughage)이란 프로그램을 통하여 조사료와 곡류사료의 혼합물을 급여하는 연구를 실시하였다. 그러나 이 시도는 정보의 부족 등 여건 미비로 큰 효과는 보지 못하였고, 그 후에도 많은 연구를 시도 하였지만 성공하지 못하였다.

“Complete feed” (완전사료)라고 하는 표현은 Illinois대학의 올손 교수의 연구팀이 1965년 “Hoard Dairyman”지에서 발표한 논문에 최초로 소개되었고, 그 다음 1981년 Journal of Dairy Science 학회창립 75주년을 기념하여 “미국 낙농의 과거 25년간의 발전과 금후 25년간의 기술전망”을 특집으로 다루었는데 그 특집의 핵심 중 하나가 TMR이었다. 당시 젖소 영양의 선두 연구자인 C. E. Coppock 박사가 “Complete Ration”이라는 표현을 사용하였는데, TMR과 같은 뜻이라고 하였고, Complete Ration은 사료의 선택채식 방지, 자유섭취, 영양설계의 정량화, 사료급여의 생력화, 반추위 발효의 안정성 유지, 유생산량 증가 등의 장점들이 있으며, 또 제조공정상 조사료의 세절 및 혼합을 위한 비용이 추가로 필요하지만 대규모 낙농에는 크게 공헌할 기술이라고 표현하였다.

이후 Complete feed에 관한 연구가 미국을 위시한 세계 각지에서 조사료와 농후사료의 비율, 배합하는 사료의 종류와 조합, 반추위내 발효성상의 변화, 채식행동, 균의 구성, 사료효율, 질병과의 관계, 배합 급여기계, 경제성 등의 다방면의 연구결과가 발표되었다. 현재 TMR의 혼합기계 (TMR 믹서기)의 비약적인 발달과 각종 사양관련 지식과 정보의 발전, 다양한 TMR 혼합용 원료의 개발로 대규모 방목이 불가능하거나 조사료의 공급이 원활하지 못한 지역과 집약적인 낙농

을 추구하는 지역에서 비교적 규모가 큰 목장을 중심으로 자리 잡아가고 있다.

TMR은 낙농 산업이 발달하면서 기존 분리급여체제 보다 간편하고 동시에 생산성에 따라 영양소를 적절하게 공급할 수 있도록 하는 사양관리 시스템이다. 즉 TMR은 조사료, 농후사료, 그리고 기타 영양소 (비타민, 무기물 등)를 함유되어 하루에 필요한 영양소를 섭취하도록 거의 완벽에 가깝게 혼합한 사료라고 말할 수 있다. McCulough (1991)는 TMR를 『소에게 급여하려는 모든 것들을 급여시에 혼합하여 하나로 만든 먹이』라고 정의하였다.

이스라엘에서는 1950년대, 일본은 80년대, 한국은 90년대 초반부터 본격적으로 보급되기 시작한 TMR 급여체제는 조사료와 농후사료의 분리급여체계와는 달리 이들 사료자원의 혼합뿐만 아니라 각종 부산물을 동시에 혼합 급여할 수 있는 사양관리 방법으로써 농가 사정에 따라 원료의 종류가 다양해 질 수 있으며, 지역 고유의 각종 부존자원의 활용이 가능하다는 것이 장점이 있다. 또한 TMR은 분리급여 하였을 때의 사료의 선택채식, 혼합원료의 변화에 의해 일어나는 사료 조성변이를 감소시킬 수 있는 방법 (Kleiber 등, 1952)이고, 적정 영양소의 공급으로 생산성을 증진시키고 사료의 취급을 단순화시킬 수 있으며 (Olson, 1965; Rakes, 1969), 산유 능력별 또는 생리 단계별 사양관리가 가능하여 생산성의 극대화는 물론 소화 생리상의 안정화를 도모해 줄 수 있다는 장점이 있기 때문에 선진 낙농국가에서 광범위하게 이용되고 있다 (Owen, 1979; Howard 등, 1986).

## 제 2절 TMR의 특성

### 1. TMR의 특징

TMR 형태의 사료 급여는 일정 농도의 영양소를 지닌 사료를 수시로 섭취할 수 있어 생산성을 증진할 수 있을 뿐만 아니라 (O'Dell 등, 1968; Kaufmann 등, 1976) 사양관리의 편리성과 노동력 절감 등 장점이 있다 (Table 80). TMR을 사용하면 농후사료의 다량 급여로 인한 산중독 (Acidosis)위험을 줄일 수 있으며 (Hernandez-Urdaneta 등, 1976), 조 농 사료를 균일하게 섭취하므로 반추위내 pH를 안정화시키고 초산과 프로피온산의 적절한 비율을 유지시켜 유지방 함량

을 유지시켜주고, 또한 건물 섭취량이 증가된다고 알려져 있다 (Coppock 등, 1972). Østergaard와 Grohn (2002)은 젖소의 acidosis의 발병이 사료 내 농후사료 비율이 높을 때 특히 농후사료와 조사료를 분리급여 했을 때 높다고 하였다.

TMR 급여체계는 조사료와 농후사료를 단순히 혼합한다는 의미에 그치지 않는다. TMR은 각종 부존사료자원 특히 고 수분 농산부산물 이용할 수 있기 때문에 사용할 수 있는 원료의 종류가 다양해질 수 있으며, 지역 고유의 각종 부존 자원의 활용이 가능하다는 장점을 지닌다. TMR은 가공부산물 등 부존자원을 최대한 이용하여 동물에 균형 있는 영양소를 공급하고 기호성이 낮고 가격이 저렴한 사료의 사용량을 증가시킬 수 있으며, 축산경영의 생력화를 통한 인건비 절약에도 크게 기여할 수 있다 (Haresign and Cole, 1981).

Table 80. Advantages and Limitations of TMR

Advantage	Limitation
- Increased milk production	- Exclusion or difficulty with baled hay
- Reduces feed costs	- Fixed equipment cost
- Improved in metabolic health problems	- Some modification of existing facilities may be necessary
- Reduce labour intensity	- Ration formulation is more demanding

(Hoffman and Howard, 1989)

그리고 사료 취급을 단순화시킬 수 있으며 (Olson, 1965; Rakes, 1969), 생산성의 극대화뿐만 아니라 소화생리상의 안정화를 도모해 줄 수 있다 (Owen, 1979; Howard 등, 1986). TMR 급여의 장점 (하, 2001)을 정리해보면 다음과 같다.

#### 가. 반추위 발효의 안정화

TMR은 사료의 자유채식을 전제로 한 사양관리 시스템으로 소가 언제든지 조사료와 농후사료를 균일하게 섭취하기 때문에 반추위내의 pH가 일정하게 유지되어 반추위내의 환경조건을 최적으로 맞추어 줌으로써 섬유소 소화율의 향상, 미생물 단백질 합성량 증가, NPN이용성 향상 및 반추위 소화문제 발생빈도 감소 등의 이점이 있다. 이들을 종합하면 "반추위 발효의 안정화"로 요약할 수 있다.

#### 나. 생산성의 향상

TMR 급여로 전반적으로 0.2-0.3% 정도의 유지율과 20-30%의 산유량의 증가를 기대할 수 있고, 선택채식을 방지하므로 분리급여로 발생할 수 있는 편식으로 인한 영양소 불균형이나 사료의 낭비를 방지할 수 있다. TMR은 자유채식하기 때문에 하루에 10-12회 이상 사료를 섭취하여 반추위내 pH의 변화폭이 작음으로 인하여 건물섭취량 증가, 대사성 질병 및 소화 장애의 발생빈도를 줄일 뿐만 아니라 동물의 건강유지로 경제수명도 연장된다. 또한 그 지역에서 많이 생산되는 값싼 가공 부산물이나 농산 부산물을 TMR 혼합에 이용하므로 사료비를 절감할 수 있으며, 부산물의 폐기에 따른 환경오염 방지도 공헌을 한다.

#### 다. 사양관리의 편리성과 규모화

TMR사양시스템은 기존의 분리급여 시스템에 비하여 사양관리의 기계화, 자동화가 가능하고, 사양의 규모화, 관리의 용이화, 노동의 생력화 및 노동시간의 단축 등의 장점이 있을 뿐만 아니라 동물의 생산능력에 따라 정확한 사료 설계가 가능하고 사료 품질관리의 일관성, 용이성 등의 장점도 있다.

그러나 TMR급여체계를 이용하려면 원활한 단미사료의 공급, 주기적인 원료사료의 분석, 적절한 사료배합 프로그램의 확보, 일정수준의 TMR 지식 및 시설투자 등의 여러 가지 조건이 필요하다. 그리고 충분한 기술능력이 없어 사양관리가 잘못되면 과비, 번식장애 및 각종 대사성 질환 등의 여러 문제점이 발생할 수 있다는 것이 TMR의 단점이라고 할 수 있다.

## 제3절 TMR과 반추위 발효

### 1. 반추 미생물의 역할

#### 가. 반추 미생물의 종류 및 특성

소 전체 위 용량의 85%를 차지하고 있는 반추위에서는 bacteria, protozoa, fungi와 같은 미생물이 대량으로 서식하고 있다. 이 중 bacteria는 현재까지 22속 63종이 분류되었으며, 반추위액 1ml당  $10^{10} \sim 10^{11}$  정도 존재하고, 반추미생물의 대부분을 차지하는 동시에 반추위 내의 대부분의 대사활동을 수행하고 있다. Protozoa는 현재까지 6속 16종이 발견되었으며, 그 수는 반추위액 1ml당  $10^5 \sim 10^6$  정도였다. Fungi는 1975년 Orpin에 의해 처음으로 그 존재가 밝혀졌는데, 당시까지 fungi의 zoospore를 편모 protozoa로 잘못 인식하여 왔었다. 그러한 zoospore를 fungi로 재분류하면서 fungi의 속과 종도 계속 발견되어 현재 5속 17종이 분류되었고, 그 수는 protozoa와 유사하게 존재하는 것으로 알려지고 있다.

이러한 반추위 내 서식하는 미생물은 반추동물의 생명유지에 매우 중요한 기능을 수행하고 있다. 이들의 기능을 살펴보면 ① 반추동물이 스스로 이용할 수 없는 섬유소를 발효시킴으로써 VFA, CO<sub>2</sub> 및 CH<sub>4</sub>를 생성하여 이용할 수 있도록 도와주며, 생성된 VFA는 반추위 벽을 통하여 체내로 흡수된 후 산화되어 에너지원으로 이용되거나 또는 미생물의 체합성에 이용된다. ② 반추위 발효과정에서 미생물 단백질을 합성하여 반추동물에게 중요한 단백질 원을 제공한다. ③ 반추위 내에서 여러 가지 비타민 B군을 합성하여 반추동물에게 공급한다. ④ 사료 중에 함유되어 있는 중독 물질을 파괴하여 해독시킨다. 한편 메탄과 이산화탄소는 더 이상 동물들이 이용할 수 없는 형태이며 트립에 의해 배출되고, 그리고 일부 암모니아는 bacteria에 의해 단백질 합성에 이용된다.

반추위액의 정상적인 VFA 비율은 acetic acid 60~70%, propionic acid 15~30%, butyric acid 5~15%이며, 나머지 5%는 그 외의 다른 유기산들로 구성된다. acetic acid와 butyric acid는 유지방 및 체지방 합성에 중요한 전구체인데 반해, propionic acid는 반추동물에서 포도당 합성의 전구체이다. VFA 생성비율은 급여하는 사료형태에 따라 변하는데, 즉 사료 내 농후사료의 비율이 높으면

propionic acid의 생성량이 증가하고 따라서 A/P비율을 감소시킨다.

나. 사료급여와 반추위 발효 산물

반추동물이 섭취한 사료는 반추위에 서식한 bacteria, protozoa 및 fungi 등 미생물의 작용에 의해 분해 되고, VFA 및 미생물태 단백질로 전환된 후 가축이 이용하는데, 이것은 급여하는 사료의 종류, 조·농 사료의 비율, 급여방식 등에 의하여 많은 영향을 받게 된다. 조사료와 농후사료의 급여비율이 반추위의 pH 및 VFA에 주는 영향은 Figure 14에서 보는 바와 같이 조·농 비율이 약 40 : 60 이하이며 acetic acid농도가 현저히 감소하고, 유지율이 떨어지는 반면에 propionic acid는 현저히 증가하고, pH는 감소하는 것을 볼 수 있다.

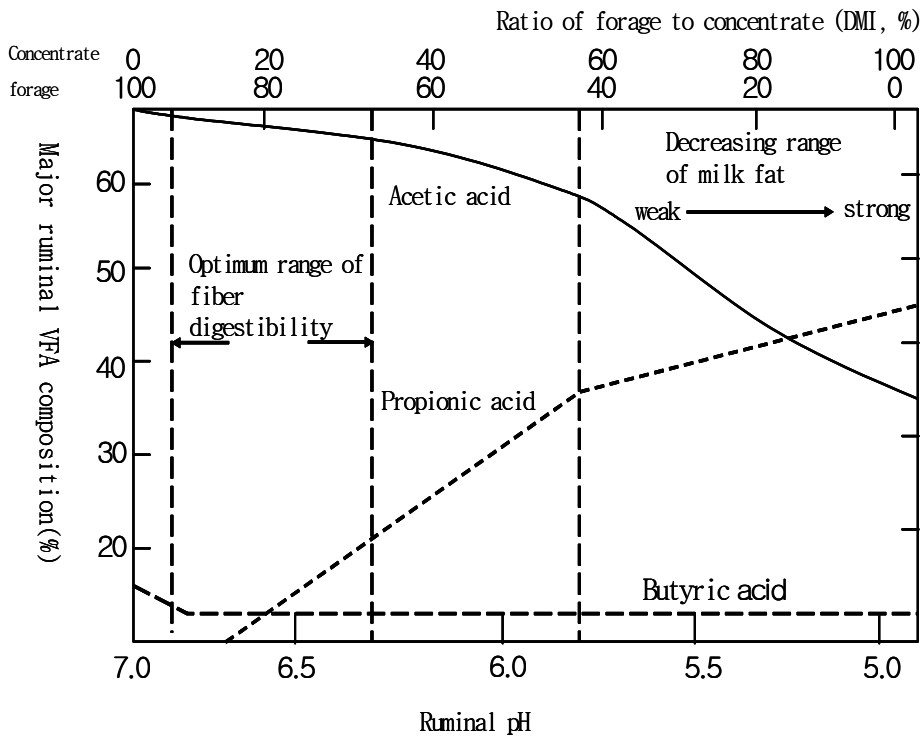


Figure 14. Effects of diet on rumen pH and volatile fatty acids (Muller, 1982).



한국과 같이 조사료 자원이 부족하여 농후사료 급여를 위주로 하는 사양체계에서는 반추위내 pH가 낮아져 미생물의 활동이 둔화되기 쉽고, 이 것은 결국 반추위내 기능을 악화시키고, 또 유지방 감소 등으로 인해 생산성의 저하도 유발하게 된다. 농후사료 급여량이 적정 수준 이상으로 많거나 증가 수준을 갑자기 높일 경우 반추위내 pH가 일시적으로 낮아져 반추위 기능이 약화됨에 따라 사료 섭취량이 감소되고 (Hungate, 1966; Hutchinson 등, 1971), 조섬유 및 NDF와 ADF의 소화율이 떨어지고 (Mitsuru 등, 1985), 심할 경우 반추 운동이 정지되기도 한다 (Forbos, 1986).

TMR 급여체계는 분리급여 하였을 때 볼 수 있는 사료의 선택채식, 혼합원료의 변화에 의해 일어나는 조성 차이에 따른 변이를 감소시킬 수 있는 방법 (Kleiber 등, 1952)이며, 조사료와 농후사료를 항상 균일하게 섭취할 수 있고, 반추위내 pH의 변화폭을 줄일 뿐만 아니라 acetic acid와 propionic acid 적절한 생성 비율을 유지시켜 전체 사료 건물 섭취량이 증가된다고 알려져 있다 (McGilliard 등, 1983). Hobson (1972)에 의하면 정상적인 반추위내 발효를 위해서는 반추위내 pH가 최소한 6.0을 유지하여야 한다. 반추위내 서식하는 bacteria 중 pH에 매우 민감한 cellulolytic bacteria는 pH 6.2 이하일 때 성장이 억제되고, 주요 기질로 사용되는 섬유소의 소화는 pH 6.8이상 일 때 적당하며 (McCullough, 1986), amylolytic bacteria의 성장 또한 pH가 5.6~7.0에서 적당하다고 보고 한 바 있다 (Ørskov, 1978).

McCullough (1973)는 각 발효산물의 적정 pH를 보고하였는데, cellulose 소화는 pH 6.0~6.8, 미생물 단백질의 합성은 6.3~7.4, 단백질의 분해활력은 6.5~7.0, 그리고 총 VFA 생산량에는 6.2~6.6가 가장 적당하다고 하였다. 반추동물은 그들이 섭취한 사료 중 가소화 유기 성분의 약 65%를 발효에 의하여 휘발성 지방산 (VFA) 형태로 분해하고, 이 들을 흡수하여 에너지원으로 사용하기도 한다. 그러나 에너지 공급을 증대하기 위해 농후사료를 과다하게 급여하면 미생물 군집의 변화가 오고 이에 따라 발효 이상 또는 생산물의 흡수 불균형 등의 문제가 발생하며, 타액 분비량도 감소한다 (Balch, 1958). 특히, 그 정도가 심하면 반추위내 pH가 점점 낮아지고 따라서 acetic acid 농도가 줄어들고 대신에 lactic acid가 점점 많아져 젖산중독(lactic acidosis)을 일으키는데, lactic acidosis로 폐사할 경우 전체 산의 96%는 lactic acid가 차지할 만큼 많이 생성되기도 한다 (Ryan, 1964). 또한 D-lactic acid가 체내에 축적되어 H<sup>+</sup>이온이 완전 해리된 상태로 존

재하기 때문에 혈액 또는 세포액의  $\text{HCO}_3^-$ 를 고갈시키어 체액의 pH 유지를 어렵게 한다 (Braide와 Dunlop,1969).

## 2. 조사료의 중요성

### 가. 조사료의 역할

조사료는 반추동물에 있어서 일반적으로 두 가지의 기능을 수행한다고 볼 수 있다. 즉 조사료 자체 갖고 있는 영양소로서의 영양적 기능과 조사료의 물리적 특성에 의한 생리적 기능을 들 수 있다. 다시 말하면 섬유소의 기능은 VFA 합성 원료, 즉 에너지원으로서의 역할, 포만감 제공, 타액 분비를 자극하여 제1위 발효를 안정화시키는 물리적 효과, 그리고 양이온 교환능력으로 제1위내 pH의 지속적인 완충능력의 효과 등이 있다 (농진청, 1995).

소와 같은 반추동물은 반추위의 생리적 기능을 유지시켜 주기 위해 필수적으로 일정량의 섬유질 조사료를 지속적으로 공급해 주어야 한다. 조사료의 공급은 저작과 반추 과정을 통해 타액 분비를 촉진시키고, 따라서 위액 생성과 유용 미생물 및 위액 내 각종 산의 균형을 유지시켜 줌으로써 사료의 섭취와 흡수 이용을 높이는데 기여한다. 젖소에 있어서 조사료의 역할은 반추위내 휘발성 지방산의 조절, 비유초기에 제4위 전위증의 방지, 그리고 건유기 젖소에 반추위 포만감을 주고 상피세포의 휴식과 재생을 촉진시키는데 기여한다. Table 81에서 사료 종류별 사료섭취 및 반추에 소요시간을 제시하였다 (농진청, 1995).

조사료의 비율이 낮은 고 농후사료를 급여하게 되면 저작과 반추작용이 적어지면서 침의 분비량이 감소하여 침에 의한 중화력이 감소한다. 또한 휘발성지방산 (VFA) 생성이 증가되고 젖산이 축적되어 반추위 pH는 더욱 떨어지게 된다. 이렇게 반추위 pH가 감소하면 반추위내 미생물 군집 또한 변하게 된다. 즉 pH에 민감한 섬유질 분해 bacteria는 감소하며, 젖산을 생산하는 bacteria는 증가하는 등의 미생물 군집 변화가 생긴다. 이런 경우 젖소는 사료 섭취량이 감소하고 산 중독증, 제4위 전위증, 간농양, 케토시스 등의 대사성 질병이 발생할 뿐만 아니라 경제 수명 단축, 번식능력, 산유량 및 유지방의 감소 현상이 나타난다.

Table 81. Effects of diets on time for eating and rumination

Items	Running time (min/kg, DM basis)		
	Intake	Rumination	Total
High-grade hay	25-30	55-75	80-105
Middle-grade hay	25-40	65-85	80-125
Pasture silage	30-60	60-85	90-145
Concentrate	5-10	10-25	15-35
Rice straw	40-60	90-120	130-180

조사료는 급여수준이 높을 경우에는 NDF 함량 및 입자도에 의하여 조사료의 사료가치가 결정되어 사료 섭취량을 조절하는 물리적 요인으로 작용하지만 (Sudweeks 등, 1981), 낮은 경우에는 생리 화학적 기작에 의하여 사료 섭취량이 조절되며, 조사료는 반추위의 기능을 유지시켜 소화 장애를 최소화하는 작용을 한다 (Bartley, 1976; Mertens, 1986). 비육 전 기간 동안 조사료를 급여하지 않았을 때의 증체 성적이 대부분 떨어졌으며 (Thompson 등, 1965; Preston과 Wills, 1974; Kreikemeier 등, 1990), 장기간 동안 농후사료만 급여하면 rumenitis, parakeratosis 및 간농양을 나타낸다 (Huntington, 1988).

#### 나. Effective NDF

NDF는 neutral detergent에서 용해되지 않는 식물 세포벽 물질 (cellulose, hemicellulose, lignin 등)이며, ADF는 acid detergent에서 용해하지 않는 부분 (cellulose, lignin 등)을 말한다. NDF는 구조탄수화물과 비구조탄수화물을 분리하는 가장 좋은 방법이다. 많은 연구에 의하면 적당 NDF 함량은 조사료를 기초로 한 사료의 경우에는 건물 중 27~30%이고, 이중 조사료 유래의 NDF는 총 NDF의 75%, 즉 건물 중의 21~22%일 때 반추위의 건강과 최대의 사료섭취량을 이끌어 낼 수 있다고 하였다. NDF 혹은 ADF와 같은 화학적 성분의 함량도 중

요하지만 기능적 역할을 할 수 있는 유효 섬유라고 하는 물리적 요구량도 중요하다. 이것에 따라 rumen mat의 형성과 반추 시간에 영향을 주기 때문에 반추 동물인 소의 건강을 유지하는데 매우 중요하다.

근래 유효섬유 (유효 NDF, Effective NDF)라는 용어가 사용되고 있는데, 이것은 사료를 일정한 규격 (size)을 가진 체 (sieve)로 분리하여 설정 규격 이상의 사료입자의 비율과 건물 중 NDF 함량으로부터 산출한다. 일정 규격 이상의 사료입자는 제1위에 체류하여 반추 자극을 유기한다는 가설을 토대로 한 지표이며 체의 크기는 일정하지 않지만, 하나 예를 들면 어떤 지표에서는 2cm의 체를 이용하여 2cm 이상의 입자비율로 규정하고 있다. 이 비율이 50% 이상인 경우는 계수가 1.0, 30%이면 0.97, 20%이면 0.9, 10%이면 0.8, 0%이면 0.4-0.5로서 NDF 함량에 이 계수를 곱하여 E-NDF를 계산한다.

일본에서 비유우의 E-NDF의 권장치는 체중의 1.2-1.3%로 되어 있다 (阿部亮, 2000). 일반적으로 이론적 절단 길이 (TCL: 수확 시 칼날의 조정폭)가 0.95cm일 때에 그 실제의 길이는 목초 사일리지에 있어서 15~20%가 3.8~5cm가 되고, 조사료의 경우 그 절단 길이가 3.8cm 이상의 것이 20% 이상 있으면 이 때에 NDF의 유효성은 100%로 본다 (김, 1999). Heinrichs (1996)는 적절한 사료 입자도에 도달하기 위해서는 조사료와 TMR에 대하여 Table 82와 같이 추천하고 있다.

다양한 양질의 조사료를 기반으로 하는 미국이나 캐나다의 TMR시스템과는 달리 한국은 일본이나 이스라엘처럼 여러 가지 농산, 식품가공부산물을 다량 사용하는 시스템을 적용하고 있어서 이들 원료의 NDF 공급능력과 이들로부터 유래되는 NDF의 조사료로서의 효과 등에 대해서 고려하여야 한다. 즉, 비조사료 섬유소원의 NDF는 대개 반추위내 소화율이 높고, 또 입자가 작아서 비중이 높아 반추위를 떠나는 속도가 빠르다는 특징이 있어 물리적 자극을 제공하는 측면에서 조사료에 비해 그 효과가 떨어진다. 이들에 대한 연구결과에 의하면 조사료로서의 효과 (유효 조사료)면에서 큰 입자의 건초에 비해 대두피는 약 20% 정도에 불과하나, 통면실은 약 80%로서 원료의 종류에 따라 큰 변이가 있다. 비교적 유효 조사료 효과가 큰 원료는 통면실, 면실피, 감귤박 등이 있다.

Table 82. Recommended particle size of forage and TMR for the Penn State Separator

Items*	Corn silage	Haylage	TMR
Upper sieve (>0.75 ")	2~4% if not sole forage	10~15% in sealed silo	6~10% or more
	10~15% if chopped and rolled	15~25% bunker silo, wetter mixture	3~6% focus on TNDF and FNDF
Middle sieve (0.75~0.31 ")	40~50%	30~40%	30~50%
Bottom pan (<0.31 ")	40~50%	40~50%	40~60%

\*Portion remaining on the screen; TNDF: total ration NDF; FNDF: forage NDF.

Table 83. Forage particle size and physically effective NDF of different dietary sources

Diet	Partical size (cm)	Index for physical effect
Hay	> 10	1.0
	4.8--8	0.95
	2.4--4.0	0.90
	0.25	0.40
Corn silage	2.4--4.0	0.90
	1.2--2.0	0.85
	0.6--1.0	0.80
Non-forage fiber	-	0.40
Corn	1.25	0.60
	0.90	0.40

(Ha, 2001)

Table 83에서는 사료 종류별, 입자별 NDF의 물리적 효과 지수가 비교하였는데 10cm 이상의 긴 건초를 지수 1로 보았을 때 상대적인 물리적 효과를 보면 긴 건초에 비해 세절 건초는 약 40%의 효과가 있다. 옥수수 silage는 입자의 크기에 의해 큰 영향을 받지 않으며, 맥주박 등 비조사료 섬유소원의 물리적 효과 지수는 40% 정도이다.

#### 다. 조사료의 입자도

반추동물은 다른 영양소와 함께 섬유질도 공급해야하고 (NRC, 1989), 최소 섬유질 요구량을 충족시키지 못하면 건물 소화율 감소, 유지율 저하, 각종 소화 이상 및 대사성 질병 등이 발생 한다 (Sudweeks 등, 1981). 그러나 조사료로부터 충분한 NDF를 소에게 급여하더라도 입자가 작으면 섬유소 부족 시에 보는 것과 같은 대사성 질병들이 발생할 수 있다 (Fahey 등, 1988). 따라서 적절한 조사료의 입자길이는 반추위 기능을 위해 필수적이며 (Woodford와 Murphy, 1988), 불충분한 입자 크기는 반추위내 A/P 비율 감소, pH 저하로 유지율 감소를 야기 한다 (Santini, 1983).

Sudweeks (1981)에 따르면 사료의 물리적 형태는 정상적인 반추위 기능을 유지하고 저작을 자극하는데 중요한 역할을 한다고 하였다. 조사료 입자크기가 감소하면 DMI가 증가하고, 소화율은 감소하는 현상을 나타내고 (Jaster 등, 1983), 입자가 작은 조사료는 초기 저작과 삼킨 후 반추위를 떠나는 속도가 빨라 건물 섭취량 및 반추위 내 건물의 하부장기로 이행율이 증가하며 (Fahey 등, 1988), 결국 미생물 소화를 위한 반추위 내 체류 시간이 짧아서 조섬유 소화율이 감소한다 (Uden, 1987).

## 제4절 TMR과 분리급여의 효과 비교

### 1. 조·농사료의 분리급여

반추동물에 있어서 조·농사료의 분리급여는 전통적인 사양관리 방법으로써

오래전부터 이용해 왔으며, 지금까지도 많은 농가에서 이용하고 있다. 반추동물은 단위동물과는 달리 조사료를 이용할 수 있는 생리적 특성을 가지고 있을 뿐만 아니라 조사료의 급여량이나 조·농사료의 급여비율, 급여회수 (Figure 15) 및 급여순서 등은 반추위의 pH에 영향을 준으로 발효성상 및 생산성 등에 큰 영향을 미치게 된다. 농후사료를 다량 급여하면 pH가 감소하고 (Hungate, 1966), 반추위내 propionic acid 발생량이 많아지게 되며 (Barnett and Raid, 1957) 소화율도 감소 (Colocci 등, 1982)한다. 그러나 조사료를 다량 급여하면 cellulolytic bacteria의 활성으로 acetic acid의 생산량이 증가하여 착유우의 유지율이 증가된다 (Davis and Brown, 1970; Hume, 1970).

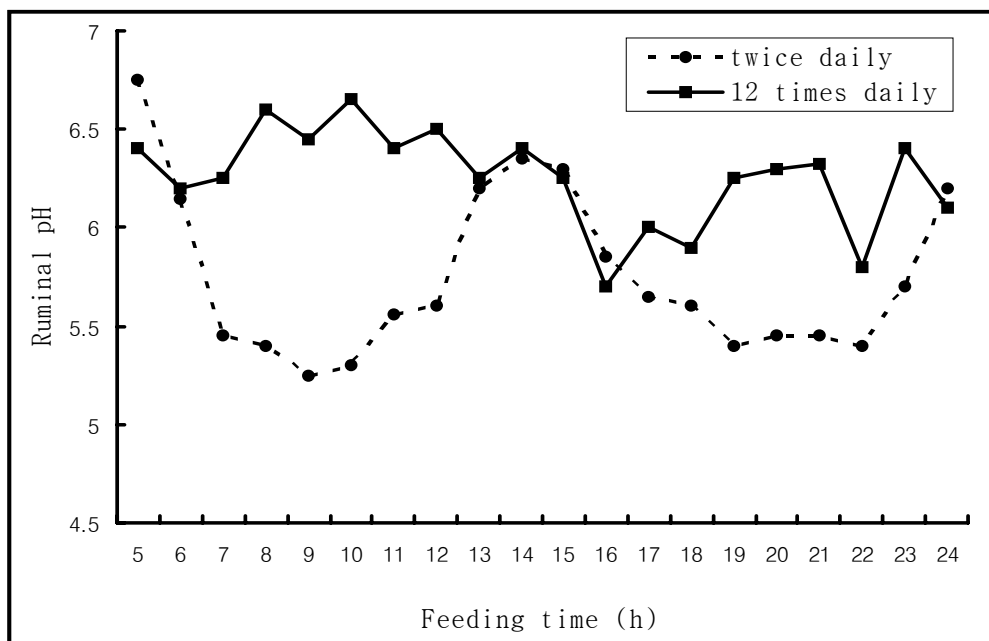


Figure 15. Effect of feeding frequency on ruminal pH (Ha, 2001).

반추동물에 있어서 농후사료의 급여량과 질은 반추위내의 cellulose 분해 능력을 가진 미생물들의 증식과 활력에 직접적으로 영향을 미침으로써 조사료이용성에 지대한 영향을 준다 (Warner, 1962). Hernandez-Urdaneta 등 (1976)은 TMR을 사용하면 과산증 위험을 줄일 수 있다고 하였으며, Østergaard와 Grohn (2002)은 준 임상 반추위 과산증의 발병은 사료 내 농후사료 비율이 높게 포함

되어 있을 때, 특히 농후사료가 조사료와 분리되어 급여하였을 때 많이 발생한다고 하였다.

농후사료 다급으로 인하여 다량의 유산이 생성되면 반추위내 pH가 정상 이하로 내려가게 되며, 따라서 정상적인 미생물의 발육을 저해하고 동시에 제1위의 기능을 크게 떨어뜨린다. 반추위 미생물이 정상적인 성장과 활동을 유지하기 위한 반추위내 최저 pH는 6.0 이다 (Hobson, 1972). 그러나 *B. Amylophilus*는 pH가 5.5까지 떨어져도 성장할 수 있고, *P. elsdenii*는 4.8, 그리고 *Streptococci sp.* 및 *Lactobacilli sp.*는 그 이하에서도 활동할 수 있다 (Hobson, 1965). 그러나 protozoa 및 cellulolytic bacteria는 pH 6.0 이하에서는 대부분이 사멸된다.

한편 농후사료를 다량 급여하면 반추위 pH의 변화폭이 커져 각종 소화기 장애가 나타날 확률이 높아지고 체액의 산·알카리 균형이 불안정해져 수태율도 영향을 받게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 사료 급여순서를 바꾸거나 사료 급여회수 (Feeding frequency)를 증가시키는 방법을 택해야 할 것이다. 즉, 같은 품질 및 같은 량의 사료라도 여러 차례로 나누어 급여하면 반추위내 환경의 극단적인 변화를 방지하고 공급되는 단백질과 에너지 균형을 이루게 함으로써 영양적 효율을 향상시킬 수 있다. 유지방은 제1위에서 탄수화물의 발효에 의해 생성된 acetate,  $\beta$ -hydroxybutyrate와 더불어 C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub>을 보유하고 있는 지방산에 의하여 주로 합성된다. 농후사료의 다회급여와 TMR의 자유 급식은 반추위내 pH 변화폭을 완만하게 하고, acetic acid의 생성량을 증가시켜 유지율을 향상시킨다.

## 2. TMR 급여

Campell와 Marilan (1961)은 착유우에게 사료를 1일 2회, 4회 및 7회 급여하였던 시험 결과를 보면 각각 유지율이 4.1, 4.4 및 4.6%로 급여회수 증가에 따라 상승했을 뿐만 아니라 건물 소화율 또한 증가했다고 보고하였다. Table 84에서와 같이 사료 종류별 급여순서가 반추위 발효성상에 미치는 영향을 보면, 건초-농후사료-사일리지 순으로 급여하였을 때 반추위내 pH 변화가 가장 적었던 것을 볼 수 있다 (윤 등, 1993). TMR은 1일 급여회수를 제한하지 않기 때문에 섭취빈도가 높아져 pH를 위시한 반추위액의 안정화를 기하는데 도움이 될 것이다.



낙농 산업의 발달과 더불어 사료급여체계를 보다 간편하게 하고, 동시에 생산성에 맞는 영양소를 적절하게 공급할 수 있도록 효율적인 급여체계를 유지할 필요가 있다. 기존에 이용되어 왔던 분리급여 사양관리 시스템은 사양관리, 영양소 공급, 동물의 건강유지, 관리상의 편리성 및 장비의 기계화 및 사육의 규모화 등에서 많은 단점을 초래하기 때문에 낙농업의 효율적 생산 등에서 큰 제한 요인으로 작용하는 것이 현 실정이다. 이들을 해결해 줄 수 있는 방법은 바로 TMR 사양관리 시스템이라고 할 수 있다.

Table 84. Effect of feed type and feeding sequence on fermentation characteristics in the rumen

Items	Change	Feeding sequence			
		H-C-S	C-H-S	S-C-H	C-S-H
pH	Maximum	6.82	6.82	6.77	6.88
	Minimum	6.27	5.90	5.89	5.88
	Average	6.49	6.30	6.34	6.28
NH <sub>3</sub> -N (mg/dℓ)	Maximum	8.84	8.80	7.25	7.53
	Minimum	4.49	4.20	2.70	3.85
	Average	6.21	5.94	4.82	5.06
VFA (mM/ℓ)	Maximum	69.44	61.42	57.46	55.52
	Minimum	18.83	17.15	16.07	16.02
	Average	3.69	3.58	3.58	3.47

H : hay; C : concentrate; S : silage.

TMR 급여체계는 분리급여 했을 때의 사료의 선택채식, 혼합원료의 변화에 의해 일어나는 사료 조성 차이에 따른 변이를 감소시킬 수 있는 방법이다 (Kleiber 등, 1952). 또 착유우의 경우, 고 에너지 사료, 즉 조·농 비율이 낮은 사료의 경우에는 농후사료를 별도로 분리하여 급여하는 방식보다 TMR을 자유채식 시키면 채식회수의 증가와 함께 사료 섭취량이 증가하고, 동시에 반추위내 pH가 더 높은 수준에서 유지됨으로 섬유질의 발효효율이 증가하며, 또한 암모니

아 농도를 균일하게 유지함으로 질소 이용효율의 향상 및 산유량과 유지율 증가 등의 효과를 얻을 수 있다 (Owen, 1984).

Greenhalgh 등 (1979)은 조사료를 충분히 급여할 때는 TMR과 분리급여 간에 큰 차이를 보이지 못하였으나, 조사료의 급여량이 부족하고 농후사료를 과다하게 급여하는 사양체계에서는 TMR급여가 분리급여보다 유지율을 높여주는 결과를 가져온다고 하였다. 따라서 TMR급여 방식은 동물에게 적정 영양소를 공급해 줌으로 생산성을 증진시키고, 또 사료의 취급을 단순화시킬 수 있다 (Olson, 1965; Rakes, 1969). TMR 시스템은 젖소의 산유능력과 생리단계에 따라 사양관리를 함으로써 생산성의 극대화는 물론 소화생리상의 안정화도 도모해 줄 수 있다는 점때문에 선진 낙농국가에서 광범위하게 이용되고 있다 (Howard 등, 1986; Owen, 1979).

Table 85. Differences in DMI and milk yield between feeding method

Item	Feeding system	Early lactation	Mid lactation	Late lactation
DMI (kg/day)	Separated	20.0	18.5	15.5
	TMR	22.6	21.5	21.9
Milk yield (kg/day)	Separated	25.5	18.6	11.9
	TMR	27.3	20.9	15.3
Milk fat (%)	Separated	3.38	3.37	3.82
	TMR	3.59	3.56	3.68

Coppock 등 (1981)은 TMR은 소들이 사료 내용물들을 분리하거나 골라먹는 습성을 감소시킨다고 하였고, Woodford 등 (1986)은 TMR 급여의 가장 큰 장점은 농후사료를 다량 섭취하므로 인한 반추위액의 pH 저하를 방지하는데 있으며, TMR 급여방식은 일반적으로 조사료의 자급도가 낮은 지역에서 식품가공부산물 등의 기타 부존사료자원을 이용할 때 더욱 효율적이다. Table 85는 분리급여와 TMR를 급여하였을 때 사료 섭취량과 산유량의 차이를 보여주고 있다.

### 3. 육우사육에 TMR의 도입

사료 급여방식은 번식우, 비육우 및 육성우 등에 따라 구분해서 사용해야하고, 또 소의 사양방식(군 사육, 단방사육, 방목 등)에 따라서도 급여방식이 달라야 한다. 번식우에서는 과잉비만을 방지하기 위해 제한급여를 하는 경우가 많고, 비육 및 번식용 육성우에서는 과잉비만을 방지하고 또 소화기의 발달을 촉진하기 위하여 농후사료를 제한급여하면서 조사료를 무제한 급여하는 예가 있다. 그리고 군 사육의 비육우에서는 각 개체가 충분히 사료를 섭취할 수 있게 무제한 급여를 하는 경우가 많다. 그러나 대상축이나 사양방식에 관계없이 사료의 형태는 TMR로 급여하는 것이 효과가 크고, 특히 군 사육의 경우는 더 큰 효과를 얻을 수 있다.

육용우 생산을 하기 위해서는 적정 영양관리를 하는 것은 생산자에게는 중용한 과제이다. 그러나 군 사육에서 사료를 분리급여 하는 경우, 각 개체의 조사료와 농후사료의 섭취비율을 파악하는 것이 어렵고, 발육의 편차가 나타나기 쉽고, 안정적인 육용우 생산이 어려워지는 하나의 원인으로 된다. 최근 급여사료(사료 섭취량, 조·농사료의 섭취비율, 사료내의 에너지 및 조단백질과 비타민의 함유량 등)가 육용우의 생산성에 영향을 준다는 것이 밝혀졌다. 사양표준의 활용도 소가 섭취하는 사료 전체량 파악이 전제가 되기 때문에 적절한 영양관리를 위하여서도 TMR의 활용이 바람직하다.

비육우에서 발육에 따라 육성기, 비육전기, 비육중기 및 비육후기로 나누어 사양관리 하는 것이 많은데 TMR의 활용은 이런 사양관리를 쉽게 한다. 특히 육용우의 경영규모가 확대되고 있는데, 대규모의 경영에서는 TMR의 채용에 의해 영양관리를 쉽게 하고, 개체간 발육의 일치성을 시도함과 동시에 사료급여를 단순화와 생력화할 수 있다. 그러나 TMR 제조 시 물을 첨가하거나, 수분함량이 높은 부산물을 첨가한 경우 기호성이 증가하고, TMR의 균일성을 개선효과를 있는 반면 장기간 방치하면 계절에 따라 품질이 변할 수 있으므로 주의가 필요하다.

## 제6절 TMR과 부존자원의 활용

### 1. 부존자원의 종류 및 특징

한국 축산업에서 가장 중요한 과제는 생산비의 70%이상을 차지하고 있는 사료비의 절감이다 (성, 2001). 농산가공부산물 등 부존자원은 가축 사료자원으로서의 잠재성이 높고 (De Boer, 1985; 최 등, 1993), 적절히 사용하면 자급사료 확보율을 높일 수 있을 뿐만 아니라 사료원료의 수입도 줄일 수 있어 현재 이들의 효율적 이용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 사료자원으로 이용할 수 있는 부존자원은 농업부산물, 농산가공부산물, 도축부산물, 가축 분, 남은 음식물 등 종류나 생산량도 매우 다양하다. 더욱이 이러한 자원의 대부분은 이용되지 않고 자연환경 속으로 버려짐에 따라 환경을 오염시키는 원인이 되고 있다. 이러한 자원을 적극적으로 개발하여 사료자원으로 이용한다면 환경의 오염을 줄일 뿐만 아니라 배합사료중의 96%의 원료사료를 수입에 의존하는 우리나라 양축농가의 사료비를 절감하는데 기여할 수 있다 (신, 1995).

부산물은 사료자원으로서 가능성이 충분하다. 사료화가 용이한 농산가공부산물의 종류는 다양하며 영양가치에 따라 조사료 또는 농후사료 대용으로 사용이 가능하고, 몇몇 주요 부산물을 제외하고는 가격이 저렴한 편이다. 이들 부산물의 일반특징은 수분, 단백질 및 섬유소 함량이 상대적으로 높으며, 입자도가 작고 기효성이 양호하다. 그러나 수분과 단백질 등 유기물이 많이 함유되어 있기 때문에 빠른 부패와 부피가 커서 사료로 이용하는 데 어려움이 있다. 부산물을 TMR의 원료사료로 이용할 경우 비용절감은 물론 훌륭한 수분 조절제로서 널리 활용될 수 있을 것이라 생각된다.

부존자원은 사료자원으로서 종류가 다양하고, 또 생산하는데 있어 지역적 계절적으로 운반과 저장 등 사료로 이용되어지는 과정에서 해결되어야 할 문제점들로 인하여 이용량은 매우 제한적이다. 주정박, 두부박 등의 농산가공부산물과 남은 음식물은 수분 함량이 높아 여름철에 쉽게 변질되기 때문에 위생적 안전성을 유지할 수 있는 기술개발이 필요하다. 감귤박, 사과박, 포도박 등과 같이 계절적으로 집중되어 생산되어지는 부산물은 간편하고 경제적인 저장 기술 개발이 필요하다. 농산가공부산물을 사료자원으로 이용할 때 다음과 같은 문제점들이 있다. ① 맥주박, 주정박, 남은 음식물 등 고 수분함량으로 인해 저장 및 운반의 불편, 부패성과 악취 발생, 사료 제조시 취급 불편 및 이용량 제한 등의 단점이 있다. ② 장유박, 남은 음식물 등은 염분 함량이 높기 때문에 사료섭취량 감소 및 흡수량 증가 등의 현상이 발생한다. ③ 감귤박, 사과박 등의 과일박은 생산의 계절성 때문에 안정적, 지속적 공급문제가 발생하고, 저장기술과 이용기술이 필요

하다. ④ 전분박, 맥주박은 생산에 있어 지역성이 있기 때문에 운송과 이용에서 제한요인이 된다.

TMR은 수분함량이 높고 또한 모든 원료가 혼합된 상태이기 때문에 부존자원 특히 수분함량이 높거나 영양소 함량은 높으나 기호성에 문제가 있는 원료를 활용할 수 있는 장점이 있기 때문에 이들을 적절하게 이용하면 사료비를 절감할 수 있다.

## 2. TMR의 부존자원의 이용

2001년 현재 국내 배합사료 생산에 이용하고 있는 원료 중에서 수입 원료가 74.6% 차지함으로써 원료의 수입 의존도가 매우 높으며, 곡류 수입량은 7,916천 톤으로 전체 수입 원료의 71.5%에 달하고 있다 (한국축산연감, 2002). 그러나 국내에서 생산되어 배합사료의 원료로 이용되고 있는 가공 부산물의 사용량을 감안하면 원료 자급율은 5%내외에 그칠 것으로 추정된다 (한 등, 1998). Regan와 Mead (1927)은 오래전부터 가공 부산물에 대한 사료화 연구를 해왔고, Walker와 Molermott (1917)은 감귤 가공 부산물의 사료로써의 이용에 관한 연구를 발표한 바 있다. 일본에서는 유박류 (64.2~92.8%), 강피류 (78.5~100%), 전분제조 부산물 (70~100%), 주류제조부산물 (18.9~94%), 제당부산물 (0~100%), 과일 및 야채 가공부산물 (25.1~86.8%)를 이용하고 있는 것으로 나타났고, 부산물중 약 50%는 소에 의해 소비되며, 특히 착유우 사료에 많이 사용하고 있다고 하였다 (성, 2001).

TMR은 기존 분리급여와는 달리 사료 급여작업을 단순화 시킬 뿐만 아니라 (Olson, 1965; Rakes, 1969) 각종 부존 사료자원을 동시에 혼합 급여할 수 있고, 농가 사정에 따라 다양한 부산물을 활용할 수 있는 장점이 있다. 이스라엘 TMR은 자국에서 생산되는 모든 농산 부산물을 최대한 사료자원으로 활용하는 것이 특징으로 (박과 김, 2001), 개인 농가에서는 불가능한 다양한 종류의 원료를 다량으로 구입 및 저장하고 있으며, 현재 약 20여종의 원료사료를 확보하고 있다.

## 3. 부산물의 이용수준

농산 식품가공 부산물의 사용은 사료비의 절감과 환경물질의 경감효과와 함께

생산수준을 유지하고 메탄 발효에 안정화를 가져오는 점도 기대할 수 있다. 그러나 부산물 또는 목건초를 위주로 한 일반적인 조사료에서는 예를 들어 각각의 NDF의 함량이 같은 경우에도 섬유소로서의 효과가 다를 수 있다. 즉 NDF의 함량은 높아도 입자도가 작아 반추위 발효환경을 건강하게 유지시켜 줄 수 있는 물리성이 부족한 경우가 있으므로 특히 주의해야 한다. 그래서 TMR에서 유효섬유 (E-NDF)이라는 표현을 사용하고 있다.

반추동물은 반추위내 미생물의 작용에 의해 식물조직중의 섬유소를 이용할 수 있도록 진화해 왔다. 그러나 현대축산의 발전에 따라 곡류 등 농후사료를 많이 급여하는 사양시스템이 도입되면서 섬유소의 부족으로 급격한 발효와 pH의 현저한 저하 등으로 대사장애, 채식정지, 생산성 저하 등 증상이 종종 발생하고 있다. 이들을 방지하기 위해 사료내의 최저섬유함량 (건물기준으로)은 NDF가 16%, 즉 조섬유로는 7%, ADF로 10%가 필요하다.

그러나 사료 내 섬유소 함량이 증가하면 사료전체의 소화율을 저하시키고, 동시에 소화관내에서의 정체시간을 증대시키기 때문에 사료섭취량의 감소를 초래한다. 최대 사료 섭취량을 나타내는 섬유소 함량은 소의 품종과 사료의 구성, 비육단계 등에 따라 다르지만, 일반적으로 NDF로 30% 전후라고 생각된다.

## 제 7 장   참고문헌

- A.O.A.C. 1990. Official method of analysis (14th Ed.) Association of official analysis Chemist Washington, D. C.
- Adams, R. S. 1994. Penn State professor emeritus of dairy science, for use in forage and feed-testing schemes.
- Allison, M. J. 1976. Population control in the rumen and microbial adaptation to dietary change. In Buffers in ruminant physiology and metabolism. M. S. Weinberg and A. L. Sheffner(ed). pp. 10-18. Church and Dwight Co. New York.
- Amentano, L. E., T. E. Hemington, C.E. Polan, A. J. Mde, J.H. Herbein and P. Umstadt. 1986. Ruminal degradation of dried brewers grain, wet brewers grain and soybean meal. J. Dairy Sci. 69: 2124.
- Balch, C. C. 1958. Observations on the act of eating in cattle. Brit. J. Nutr. 12: 330.
- Barnett, A. J. G. and R. L. Reid. 1961. Reactions in the rumen. pp 59~98. Richard Clay and Co. London
- Bartley, E. E. 1976. Bovine Saliva: production and function. In: M. S. Weinberg and A. L., Shaffner(Ed). Buffers in Ruminant physiology and Metabolism. pp. 61. Church and Dwight Co. New York.
- Bauchop, T. 1981. The rumen anaerobic fungi: Colonizers of plant fiber. Ann. Rech. Veter. 10: 246.
- Bolsen, K. K. C. Lin and B. E. Brent. 1992. Effects of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. J. Dairy Sci. 75: 3066.
- Brannan, W. L., Hatfield, E. E., Owens, F. N. and Lewis, J. M. 1973. Protein concentration and sources for finishing ruminants fed high-concentrate diets. J. Anim. Sci. 36: 782.
- Briggs, P. K., J. P. Hogan and R. L. Reid. 1957. The effect of volatile fatty acids, lactic acids and ammonia on rumen pH in sheep. Aust. J. Agr. Res. 6: 674.

- Bryant, M. P. 1974. Nutritional features and ecology of predominant anaerobic bacteria of the intestinal tract. *Am. J. Clin. Nutr.* 27: 1313.
- Burrows. W. and J. W. Moulder. 1968. Textbook of microbiology. Vol. 1. 19th ed., Philadelphia: W. B. Saunders Co. pp. 118-121 and 135~138.
- Campell, J. R. and C. P. Merilan. 1961. Effects of frequency of feeding on production characteristics and feed utilization in lactating cow. *J. Dairy Sci.* 44 : 664.
- Chaney, A. L. and Marbach, E. P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Chin. Chem.* 8: 130-132.
- Church, D. C. 1988. The Ruminant Animal. Digestive physiology and nutrition. Prentice hall. Eaglewood cliffs. New Jersey.
- Colocci, P. E., L. F. Chase and P. J. Van Soest. 1982. Feed intake apparent diet digestibility, rate of particulate passage in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 65: 1445.
- Coppock, C. E. C. H. Noller, B. W. Crowl, C. D. Mclellou, and C. L. Rhykerd. 1972. Effect of group versus individual feeding of complete ration on feed intake of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 55: 324.
- Coppok, C. E. D. L. Bath, and B. Harrid, Jr. 1981. From feeding to feeding systems. *J. Dary Sci.* 64: 1230.
- Cowsert, R. L., and M. J. Montgomery. 1968. Effect of varying forage to concentrate ratio of isonitrogenous ration on feed intake by ruminants. *J. Dairy Sci.* 52: 64.
- Cozzi, G. and C. E., Polan. 1994. Corn gluten meal or dried brewers grain as partial replacement for soybean meal in the diet of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 77: 825.
- Davis, C. I., 1979. The use of buffers in the rations of lactating dairy cows. In: W. H. Hale and P. Meinhardt(Ed.). Regulation of acid-base balance. pp 51-64. Church and Dwight Co., Inc., Piscataway. NJ.
- Davis, C. L. and R. E. Brown. 1970. Low fat milk syndrome on physiology of digestion and metabolism in the ruminant. Ed. by A. T. Phillipson. New Castle: Oriel Press Ltd.



- Davis, C. L., D. A. Grenawalt and G. C. McCoy. 1983. Feeding value of pressed brewers grain for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 66: 73.
- De Boer, F. 1985. Availability and utilization of by-products and wastes in EC countries in feeding value of by-products and their use by beef cattle Edited by CH. V. Boucque, L.O.Fiems and B.G. Cottyn. pp. 5-18. Luxembourg: EC.
- Disdale et al. 1980. *Appl. Environ. Microbiol.* 39: 1059
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11:1.
- Eck, T. P., Bartle, S. J., Preston, R. L., Brandt, R. T. and Richardson, C. R. 1988. Protein source and level for incoming feed-lot cattle. *J. Anim. Sci.* 66: 1871.
- Erdman, R. A., G. H. Proctor and J. H. Vandersall. 1986. Effect of rumen ammonia concentration on *in situ* rate and extent of digestion of feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 69: 2312.
- Erfle, J. D., D. J. Boila, R. M. Teather. S. Mahadevan and F. D. Sauer. 1982. Effects of pH on fermentation characteristics and protein degradation to rumen microorganisms *in vitro*. *J. Dairy Sci.* 65: 1457.
- Erwin, E. S., Marco, J. and Emery, E. M. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44:1768.
- Fahey, G. C., and L. L. Berger. 1988. Carbohydrate nutrition of ruminants. Page 269 in *The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition*. D. C. Church, ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Firkins, J. L., L. L. Berger, N. R. Merchen, G. C. Fahey, and D. R. Nelson. 1986. Effects of feed intake and protein degradability on ruminal characteristics and site of digestion in steers. *J. Dairy Sci.* 69: 2111.
- Forbos, J. M. 1986. The voluntary food intake of farm animals. pp. 40-51. Butterworth London.
- Gibson, J. P. 1984. The effects of frequency of feeding on milk production of dairy cattle: An analysis of published results. *Anim. Prod.* 38: 181-189.
- Goering. H.K. and Van Soest. P. J. 1970. Forage Fiber Analysis(Apparatus. Reagents. Procedures, and Some Applications) U.S.D.A. Agricultural

Research Service Agriculture Handbook No. 379.

- Gordon, G. L. R. 1985. The potential for manipulation of rumen fungi. *Rev. Rural Sci.* 6: 124.
- Greenhagh, J. F. D., G. W. Reid and E. A. Sarmiento. 1979. The utilization by dairy cows of rations given as complete diets or separate feeds. 30th EAAP, Harrogate, July.
- Greenwood, Y., F. J. Hall, C. G. Orpin, and I. W. Paterson. 1983. Microbiology of seaweed digestion in orkney sheep. *J. Physio. (Lond.)* 342:121.
- Grenet, E. A. Breton, P. Barry, and G. Fonty. 1989. Rumen anaerobic fungi and plant substrates colonization as affected by diet composition. *Anim. Feed Sci. Technol.* 26: 55.
- Haresign W and D. J. A. Cole. 1981. Recent Developement in Ruminant Nutrition. pp. 312-324. Butterworths.
- Hernandez-Urdeaneta, A., C. E. Coppock, R. E. Mcdowell, D. Gianola, and N. E. Smith. 1976. Change in forage-concentrate ratio of complete feeds for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 59: 695.
- Hobson, P. N. 1965. Continuous culture of some anaerobic and facultatively anaerobic rumen bacteria. *J. Gen. Microbiol.* 38: 167-172.
- Hobson, P. N. 1972. Physiological characteristics of rumen microbes and relation to diet and fermentation patterns. *Proc. Nutr. Soc.* 31: 136.
- Hoover, W. H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *J. Dairy Sci.* 69: 2755.
- Howard, K., N. Takusari and N. Yamagishi. 1986. Effect of TMR feeding frequency on eating behavior of lactating cow. *J. Dairy Sci.* 69 (7): 692.
- Hume, I. D. 1970. Synthesis of microbial protein in the rumen. II. A response of higher volatile fatty acids. *Aust. J. Agric. Res.* 21: 297.
- Hungate, R. E. 1966. *The Rumen and its Microbes.* Academic Press, NY.
- Hungate, R. E. 1968. Ruminal fermentation. *Handbook of physiology. Alimentary canal.* Vol. V. pp. 2725.
- Hungate, R. E. 1969, A roll tube method for the cultivation of strict anaerobes. In: *Method in microbiology*(Norris, J. S. and D. E. Ribbons, Eds.) Vol. 3B.

- pp 117-132. Academic press. London and New York.
- Huntington, G. B. 1988. Nutritional problems related to the gastro-intestinal tract. In: D. C. Church(Ed) *The Ruminant Animals : Digestive Physiology and Nutrition*. pp. 476-478. Prentice-Hall. Englewood Cliffs. NJ.
- Hutchinson, K. J. and R. J. Wilkins. 1971. The voluntary intake. *J. Agri. Sci.* 77: 539.
- Isaacson, H. R., F. C. Hinds, M. P. Bryant, and H. N. Owens. 1975. Efficiency of energy utilization by mixed rumen bacteria in continuous culture. *J. Dairy Sci.* 58: 1645.
- Jaster, E. H., and M. R. Murphy. 1983. Effects of varying particle size of forage on digestion and chewing behavior of dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 66 : 802.
- Kaufmann, W., F. H. Ferris and L. A. Maynard. 1976. Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH regulation in the rumen and on feed intake in ruminants. *Livestock Production Science.* 3: 103.
- Kim, K. H., Choung, J. J. and Chamberlain, D. G. 1999. Effects of varying the degree of synchrony of energy and nitrogen release in the rumen on the synthesis of microbial protein in lactating dairy cows consuming a diet of grass silage and a cereal-based concentrate. *Journal of the Science of food and Agriculture.* 79: 1441.
- Kim, K. H., Lee, S. S., Jeon, B. T. and Kang, C. W. 2000. Effects of the pattern of energy supply on the efficiency of nitrogen utilization for microbial protein synthesis in the non-lactating cows consuming grass silage. *Asian-Aust. of Ani. Sci.* 13: 962.
- Kleiber, M. A. H. Smith, A. L. Black, M. A. Brown, and B. M. Tolbert. 1952. Acetate as a precursor of milk constituents in the intact dairy cow. *J. Biol. Chem.* 197: 371.
- Kropp, J. R., R. R. Johnson, J. R. Males, and F. N. Owens. 1977. Microbial protein synthesis with low quality roughage rations: Isonitrogenous

- substitution of urea for soybean meal. *J. Anim. Sci.* 45: 837.
- Li, D. Y. Sang S. Lee, N. J. Choi, S. Y. Lee, H. G. Sung, J. Y. Ko, and J. K. Ha. 2003. Effects of Feeding System on Rumen Fermentation Parameters and Nutrient Digestibility in Holstein Steers. *Asian-Aust. of Ani. Sci.* 16: 1482.
- Lowe, S. E., M. K. Theodorou, A. P. J. Trinci and R. B. Hespell. 1985. Growth of anaerobic rumen fungi on defined and semidefined media lacking rumen fluid. *J. Gen. Microbiol.* 131: 2225.
- Lyons, 1987. *Biotechnology in the feed industry*. Alltech Technical. Nicholasvill, Ky.
- Maeng, W. J. 1975. Factors influencing rumen microbial growth rates and yields: Effects of sources of nitrogen and energy. Ph. D. Dissertation. Univ. of California Davis.
- McCullough. M. E. 1991. 'Total mixed rations and supercow'. *Hoard's Dairyman*. W. D. Hoard & Sons Co. WI. USA.
- McGilliard. M. L. J. M. Swisher, and R. E. James. 1983. Grouping lactating cows by nutritional requirements for feeding. *J. Dairy Sci.* 66: 1084.
- Merchen, N. R., J. L. Firkins and L. L. Berger. 1986. Effect of intake and forage level on ruminal turnover rates, bacteria protein synthesis and duodenal amino acid flows in sheep. *J. Anim. Sci.* 62: 216.
- Mertens, D. R. 1986. Effect of physical characteristics forage particle size and density on forage utilization. *Proc. AFLA Nutr. Symp.* pp. 91. St. Louis. MO.
- Miller, G. L. 1959. Use of dinitrosalicylic reagent for the determination of reducing sugars. *Anal. Chem.* 31: 426.
- Mitsuru, I., Kaoru and A. Akira. 1985. Effect of feeding level of concentrate on digestibility and TDN value of the ration in lactating cow. *JPN. J. Zootech. Sci.* 56 (10): 769.
- Muck, R. E. 1988. Factors influencing silage quality and their implications for management. *J. Dairy Sci.* 71: 2992.
- National Research Council. 1996. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 6th Rev.

- Ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- NRC. 1988. Mineral Tolerance of Domestic Animals. National Academy Press. Washington, D. C., USA.
- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Ed. National Academy Press. Washington, D. C., USA.
- O'Dell, C. S. W., M. J. Ulyatt and J. A. Monro. 1968. The physical breakdown of feed during digestion in the rumen. Proc. New Zeland Soc. Anim. Prod. 37: 173.
- Okeke, G. C., J. G. Buchanan and W. L. Grovum. 1983. Effect of buffers on ruminal rate of passage and degradation of soybean in steers. J. Anim. Sci. 56: 1393.
- Olson, T. 1965. Contribution of chewing during eating and rumination to the clearance of digesta from the rumen. J. Anim. Sci. 42: 1219.
- Ortega, M. E., M. D. Stern, and L. D. Satter. 1979. The effect of rumen ammonia concentration on dry matter disappearance in situ. J. Dairy. Sci. 62(suppl. 1): 76(Abst).
- Ørskov, E. R. 1978. Effect of composition of absorbed and products of digestion on energy metabolism. In Ruminant Digestion and Feed evaluation. D. F. Osbourn. D. E. Beever and D. J. Thomason (ed.). ARC.
- Ørskov, E. R. 1982. Protein nutrition in ruminant. pp. 19-39. Academic Press.
- Ørskov, E. R., and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. J. Agri. Sci. Cambridge 92: 499.
- Østergaard, S., and Y. T. Grohn. 2000. Concentrate feeding dry matter intake, and metabolic disorders in Danish dairy cows. Livest. Prod. Sci. 65: 107.
- Owen, J. B. 1979. Complete diets for cattle and sheep. Farming Press Limited.
- Owen, J. B. 1984. Complete-diet feeding for cattle. Livest. Prod. Sci. 11: 269.
- Owen, J. B. 1981. Complete-diet feeding for dairy cows. Recent Developments in Ruminant Nutrition. Butterworths, London. pp. 313.
- Peters, J. P., J. A. Z. Leedle and J. B. Paulissen. 1989. Factors affecting the *in*

- in vitro* production of volatile fatty acids by mixed bacterial populations from the bovine rumen. J. Anim. Sci. 67: 1593.
- Rakes, A. E. 1969. Effects of solids and liquid flows on fermentation in continuous cultures. J. Ani. Sci. 48: 692.
- Regan, W. M. and S. W. Mead. 1927. The value of orange pulp for milk production. Calif. Agr. Exp. Sta. Bul. 427.
- Reid, R. L., J. P. Hogan and P. K. Briggs. 1957. The effect of diet on individual volatile fatty acids in the rumen sheep with particular reference to the effect of low rumen pH and adaption on high starch diet. Aust. J. Agr. Res. 6: 691.
- Russel, J. B., Schcarp, W. M. and Baldwin, R. L. 1979. The effect of pH on maximum bacterial growth rate and of bacterial competition in the rumen. J. Anim. Sci. 48:251.
- Ryan, R. K. 1964. Concentrations of glucose and low molecular-weight acids in the rumen of sheep following the addition of large amounts of wheat to the rumen. Amer. J. Vet. Res. 25: 646.
- SAS Institute, Inc. 1995. DAD. For Linear models: a guide to the ANOVA and GLM procedures. SAS. Inst. Inc., Cary, NC.
- SAS. 1989. User's Guide : Statistics, Version 6 Edition, SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- Seymour, W. M. and C. E. Polan. 1986. Dietary energy regulation during gestation on subsequent lactational response to soybean meal or dried brewers grains. J. Dairy Sci. 69: 2837.
- Strobel, H. J., and J. B. Russell. 1986. Effect of pH and energy spilling on bacterial protein synthesis of carbohydrate-limited cultures of rumen bacteria. J. Dairy Sci. 69: 2941.
- Sudweeks, E. M. L. O. Ely, D. R. Mertens and L. R. Sisk. 1981. Assessing maximum amounts and form of roughage in ruminant diets: Roughage value index system. J. Anim. Sci. 53: 1406.
- Thompson, J. T., N. W. Bradley and C. O. Little. 1965. Ruminant volatile fatty acid concentrations and performance of steers fed different levels and

- forms of hay and grain. *J. Anim. Sci.* 24: 1179.
- Uden, P. 1987. The effect of grinding and pelleting hay on digestibility, fermentation rate, digesta passage and rumen and faecal particle size in cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 19 : 145.
- Walker, S.S. and F.A. Molermott. 1917. The utilization of cull citrus fruits in Florida. *Fla. Agr. Exp. Sta. Bui.* p. 135.
- Warner, A. C. I. 1962. Some factors influencing the rumen microbial population. *J. Gen. Microbiol.* 28: 129.
- Wilson, J. R., E. E. Bartley, J. D. Anthony, B. E. Brent, D. A. Sapienza, T. E. Chapman, A. D. Dayton, R. J. Milleren, R. A. Frey and R. M. Meyer. 1975. Analysis of rumen fluid from "Sudden Death" lactic acidotic and healthy cattle fed high concentrate ration. *J. Anim. Sci.* 41: 1249.
- Woodford, J. A., N. A. Jorgensen, and G. P. Barrington. 1986. Impact of dietary fiber and physical form on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 69 : 1035.
- Woodford, S. T., and M. R. Murphy. 1988. Effect of forage physical form on chewing activity, dry matter intake, and rumen function of dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 71 : 674.
- Woolford, M. K. 1984. *The silage fermentation.* Marcel Dekker, Inc., N.Y.
- Yang, C. M. J. and G. A. Varga. 1989. Effect of three concentrate feeding frequencies on rumen protozoa, rumen digesta kinetics, and milk yield in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72: 950.
- 김경훈, 김기수, 이상철, 오영균, 정찬성, 김건중. 2003. 섬유질배합사료 급여가 비육 후기 거세한우의 반추위 발효성상, 소화율 및 산육성에 미치는 영향. *동물자원지* 45 (3): 387.
- 김동균. 2002. 국내 TMR이용의 현재와 미래전망. TMR 연구회 추계 심포지움.
- 김용곤. 1998. 한우 비육시 성장월령 및 사료급여 방법에 따른 체조직 및 육질특성 변화에 관한 연구. 박사학위 논문. 경상대학교.
- 김현섭, 윤상기, 권용기, 박수봉, 정의수, 강우성. 1996. 습윤 맥주박의 계절별 저장성, 반추위 분해율 및 일반성분 변화. *농업논문집* 38 (2): 605.
- 성경일, 2001. 식품가공 부산물의 효율적 이용. TMR연구회, 농촌진흥청 축산기술

- 연구소. pp 61-86.
- 성경일. 2001. 식품가공부산물을 이용한 TMR 조제. TMR 연구회 발표자료집.
- 송용석, 유병원, 한형철, 이성호, 이정진, 김광수. 1994. TMR그여 목장과 조농분리급여 목장의 착유우 반추위내 산성도 (pH)에 관한 현장조사. 한농지. 16 (4): 326.
- 신중서. 1995. 발효사료급여, 성장호르몬 투여 및 거세가 고품질 쇠고기 생산에 미치는 영향. 강원대학교 대학원 박사학위 논문.
- 심성수, 김홍대, 황일환, 강민원, 고종렬, 김완영, 이성실, 하종규. 1998. 조사료원의 종류가 산양의 반추위 발효성상 및 미생물 조성에 미치는 영향. 한영사지. 22 (5): 317.
- 이문한, 1997. 사료위생과 축산물 안정성 확보. 제7회 사료가공단기과정. 한국양양사료학회.
- 이왕식, 강신흠, 강수원, 양창범, 오우영, 고서봉, 양승주. 1996. 감귤박 습식 펠렛급여가 육우 교잡우의 생산성 및 육질에 미치는 영향. 농업논문집. 38 (2) : 625.
- 이정진, 1995. 낙농에 있어 공동배합형태에 의한 TMR 사양의 효과조사와 발전방향, 고려대학교 석사학위 논문.
- 조영무. 2003. 거세한우에 대한 섬유질배합사료 급여효과. 한우 섬유질배합사료 현황과 기술개발. p83-98.
- 조익환, 황보순, 이영옥, 안종호, 김현진, 이주삼. 2000. 사과박 첨가가 볏짚 사일리지의 품질과 *in situ* 소실율에 미치는 영향. 한축지. 20 (4) : 295.
- 채현석, 한정대, 윤상기, 김현섭. 1994. 가족규모 낙농농가의 혼합사료 급여유형에 관한 연구. 축산시험연구보고서 pp 301-315.
- 최상숙, 조용범, 김동식, 맹원재. 1993. 반추가축에 있어서 한약재 부산물의 사료적 가치에 관한 연구. 축산분야 종합 학술대회 요지. pp. 212.
- 하종규, 강민원, 고종렬, 1999. 고능력우를 위한 TMR 사양관리 및 전망. 새천년맞이 낙농 심포지움, pp45-65.
- 하종규, 김홍대, 이청수, 박병오, 김선우, 이성실, 고종렬, 1999. 두부비지의 첨가수준에 따른 TMR의 저장성 및 이용성 구명. 한영사지. 23 (1): 29.
- 하종규. 2001. TMR을 위한 이론적 배경. 공주산업대학 최고경영자과정.
- 농림부, 농촌진흥청 축산기술연구소, 2002. 한국사양표준 한우.



- 한인규, 김홍대, 곽병오, 고영곤, 감동근, 전현식, 이성실, 신형태, 하종규, 박장희.  
1998. 해외 부존 사료자원의 개발 및 이용성 연구. 1. 해외 부존 사료자원의  
일반성분과 아미노산 분석 결과. 한영사지. 22 (5): 275.
- 阿部 亮, 2000. 食品製造副産物利用と TMR センター. 酪農綜合研究所.
- 和泉康史. 1979. 粗飼料と 濃厚飼料の 給與割合ガウシ 第一胃内 揮發性 脂肪酸の 生  
産に 及ぼす 影響. 日畜 會報. 50 (7): 443.

## 주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술 개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.