

최 종
연구 보고서

볏짚의 결속방법별 암모니아 처리방법 및 사일레지
첨가물이 볏짚의 사료가치 증진에 미치는 영향
Effects of Ammonia Treatment and Silage Additives
Supplementation on Nutritive Value of Rice Straw

볏짚의 결속방법 및 암모니아 처리방법이 볏짚의 사료가치 및
젖소의 생산성에 미치는 영향
Effects of Ammonia Treatment and Binding Types on Nutritive
Value of Rice Straw and Performance of Dairy Cows

사일레지 첨가물이 생볏짚 사일레지의 사료가치 및 축우의
생산성에 미치는 영향
Effects of Silage Additives Supplementation on Nutritive Value of
Rice Straw Silage and Performance of Ruminants

연구 기관
성균관대학교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “벼짚의 결속방법별 암모니아 처리방법 및 사일리지 첨가물이 벼짚의 사료가치 증진에 미치는 영향” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1998 . 1 . .

주관연구기관명 : 성균관대학교

총괄연구책임자 : 신 형 태

세부연구책임자 : 백 순 용

연 구 원 : 정 기 환

연 구 원 : 박 영 준

연 구 원 : 성 하 균

연 구 원 : 임 동 균

연 구 원 : 여 준 모

연 구 원 : 정 찬 영

요 약 문

I. 제 목

볏짚의 결속방법별 암모니아 처리방법 및 사일리지 첨가물이 볏짚의 사료가치 증진에 미치는 영향

II. 연구개발의 목적 및 중요성

가을철 일손부족 및 인건비 과다로 볏짚의 수거형태가 인력결속에서 기계를 이용하는 사각곤포, 원형곤포 및 압착볏짚 형태로 급속히 바뀌고 있으나 농가에 널리 보급되어 있는 암모니아 처리기간 및 처리농도는 기존의 인력결속 연구결과를 적용하고 있다. 낱가리식에 의한 볏짚의 암모니아 처리시 인력결속에 의한 볏짚은 안쪽과 바깥쪽의 색상이 변해 처리가 잘되었다고 생각되지만 사각곤포, 원형곤포 및 압착볏짚의 경우 8주간 처리 후에도 낱가리 바깥쪽만 색상이 변하고 안쪽은 변하지 않기 때문에 암모니아처리 여부 및 볏짚의 성분변화와 영양적 가치가 증진되었는지 의심스러워 사각곤포, 원형곤포 및 압착볏짚의 경우 암모니아 처리가 망서려져 새로운 형태의 볏짚 수거방법(사각곤포, 원형곤포 및 압착)에 따른 암모니아 처리기간 및 처리수준에 대한 적합한 처리방법의 제시가 요구되어 왔다.

그리고 가을철 고수분 볏짚이 노동력 부족으로 많은 양이 폐기되고 있어 가을철 생볏짚을 기계로 수거하여 보존성 및 이용율을 증진시킬 수 있는 방안이 현장에서 절실히 요망되어왔다.

따라서 본 연구의 목적은 ① 볏짚의 결속방법(인력, 사각곤포, 원형곤포 및 압착)에 따른 암모니아 처리기간 및 처리수준을 구명하고 결속형태에 따른 적합한 처리방법을 적용함으로써 볏짚의 효율적 이용을 도모하여 축우의 생산능력을 향상시키고, ② 결속력이 강한 사각곤포 볏짚의 낱가리 안쪽과 바깥쪽의 암모니아 처

리상태를 구명하고 암모니아 처리수준별 질소의 흡착율을 조사하므로써 암모니아 처리효과의 제고에 의한 벼짚의 이용율을 증진시키고, ③ 가을철 고수분 벼짚을 암모니아 처리하여 사일리지화 하는 방법(비닐백 사일리지)을 구명하므로써 고수분 생벼짚의 손실을 방지하고 벼짚의 사료가치 증진에 의한 고품질의 저렴한 조사료 생산기반 강화로 축우의 경쟁력을 강화하고, ④ 암모니아 처리 벼짚 및 생벼짚 사일리지 급여가 축우의 생산성 및 영양, 생리에 미치는 효과를 구명하므로써 축우의 생산수명 연장 및 축산물의 안전성을 제고시키는데 있다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 벼짚이용에 관한 국내.외 문헌조사

국내.외 문헌조사는 시험 시작 후부터 국내에서 발행되는 학회지와 연구기관의 시험결과를 최대한 조사하였으며, 국외 문헌조사는 본 대학을 비롯한 주요 대학과 연구소에서 구독하고 있는 외국의 주요 학회지와 정기 간행물에서 ① 벼짚의 특성, ② 암모니아 처리방법 및 처리수준, ③ 암모니아 처리효과(성분변화, 섭취량 및 소화율, 반추위 발효생성물 및 미생물 변화, 가축의 생산성), ④ 암모니아의 작용기전 및 ⑤ 암모니아 처리시 발생하는 문제점에 관한 문헌조사를 통하여 연구의 방향제시에 응용하였다.

2. 실험 I : 암모니아 처리벼짚 급여 목장 실태조사

전국의 2,500여 낙농가 및 2,500여 비육농가에 대한 설문조사와 각 도별로 20여곳의 낙농 및 비육농가에 관한 방문조사를 통하여 ① 축군구성과 우유생산량 및 비육효과, ② 사료급여 및 사육관리 실태, ③ 암모니아 처리벼짚 급여상황, 축우의번식상황 및 질병발생 현황, ④ 낙농가 및 비육농가의 경제성 분석 및 ⑤ 암모니아 처리벼짚 급여에 관한 양축가의 반응 및 의견을 수렴하여 현 실태를 파악

하고, 그 개선점을 차년도 사양실험을 위한 암모니아 처리시 반영한 후 그 결과를 제시하고자 수행하였다.

3. 실험 II : 벧짚의 결속방법 과 암모니아 처리수준 및 저장기간이 벧짚의 사료가치에 미치는 영향

본 연구에서는 결속방법이 다른 4가지 형태의 벧짚(인력결속, 원형곤포, 사각곤포 및 압축)에 처리기간(8, 10 및 12주) 및 암모니아가스 처리수준(0, 3, 4, 5 및 6 %)을 달리하여 각각 처리한 후 암모니아처리 벧짚의 조성분 변화 및 반추위 내 소화율을 조사하여 결속방법별 최적 처리수준 및 처리기간을 구명하기 위하여 수행하였다.

4. 실험 III : 암모니아 처리수준이 사각곤포 벧짚의 암모니아 이용효율 및 부위별 처리효과에 미치는 영향

본 연구는 결속강도가 높은 사각곤포 벧짚의 암모니아 이용효율 및 처리효과를 구명하기 위하여 암모니아 처리수준(2, 3 및 4%)별 일반성분 및 세포벽 구성 성분 변화와 난가리내의 암모니아 가스 잔존율 및 벧짚내 질소 흡착율을 조사하기 위하여 수행하였다.

5. 실험 IV. 벧짚의 결속방법별 암모니아 처리수준이 착유우의 생산성에 미치는 영향

본 연구에서는 인력결속 벧짚과 사각곤포 벧짚을 동일한 수준(0, 2, 3 및 4%)으로 암모니아 처리한 후 젖소의 사료섭취량, 산유량, 우유조성, 혈액내 질소합량 및 우유내 체세포수를 조사하므로써 사각곤포 벧짚에 대한 암모니아 처리수준이 젖소의 생산성 및 우유의 품질에 미치는 효과를 구명하고 나아가 사료가치 증진, 생산성, 처리효율, 안전성 및 경제성을 고려한 결속형태별 암모니아의 적정 처리수준을 제시하기 위하여 수행하였다.

6. 실험 V. 사일리지 첨가물을 이용한 생뿔짚 사일리지의 제조기술 개발 및 사
료가치 평가

본 연구에서는 가을철 고수분 생뿔짚에 산[Formic acid, Propionic acid 및 Mixture (Formic acid+Propionic acid)], 미생물(Kem Lac, H/M F 및 P-1122) 및 영양소[Molasses, Urea 및 Mixture (Molasses+Urea)] 첨가가 생뿔짚 사일리지의 조성분, pH 및 유기산 함량 및 반추위내 소화율에 미치는 영향을 조사하여 최적 생뿔짚 사일리지 제조방법을 개발하기 위하여 수행하였다.

7. 실험 VI. 생뿔짚 사일리지의 반추위내 소화율 및 반추동물의 생산성에 미치
는 영향

가을철 고수분 생뿔짚에 산, 미생물 및 영양소를 첨가하여 제조한 silage의 반추위내 소화율 및 가장효과적인 첨가물인 당밀을 사용하여 제조한 뿔짚 사일리지 급여가 젖소의 사료섭취량, 산유량, 우유조성에 미치는 효과와 비육우의 사료섭취량, 증체량, 사료효율에 미치는 효과를 조사하므로써 가을철 생뿔짚의 효율적 이용을 도모하기 위하여 수행하였다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 실험 I : 암모니아 처리뿔짚 급여 목장 실태조사

1)남부권 비육목장의 경우 목장관리는 73.5%가 축주가 직접관리하고 있었으며, 평균 사육두수는 50.2두 였고, 52.4%가 비육전문 목장이었으며, 27.3%의 목장이 TMR 사양관리 방법을 적용하고 있는 것으로 나타났다.

2)남부권 비육목장의 뿔짚 결속형태는 인력결속 44%, 사각곤포 28.9% 였고, 암모니아 처리뿔짚 급여 19.3%, 처리 및 무처리뿔짚 병용이 26.8% 였으며 평균처리기간은 9.6주 였다. 암모니아 처리상태에 대하여는 만족이 41.9%, 보통이 38.7% 였으며 암모니아 처리에 의한 섭취량 변화는 증가가 88.4%, 보통이 11.6% 였고 처리효과에 대하여는 64%가 영양소 함량이 증가한다고 하여 암모니아 처리에 대하여 매우 긍정적인 것으로 나타났다.

3)중부권 비육목장의 경우 목장관리는 82.2%가 축주가 직접관리하고 있었으며, 평균 사육두수는 54.2두 였고, 40.4%가 비육전문 목장이었으며 25%의 목장이 TMR 사양관리 방법을 적용하고 있는 것으로 나타났다.

4)중부권 비육목장의 뿔짚 결속형태는 인력결속 52%, 사각곤포 21.6% 였고 사각곤포와 인력결속 병용이 26.4%, 암모니아 처리뿔짚 급여가 29.0%, 처리 및 무처리뿔짚 병용이 25.4% 였으며 평균 처리기간은 10.4주 였다. 암모니아 처리상태에 대하여는 만족이 58.4%, 보통이 41.6%였으며 암모니아 처리에 의한 섭취량 변화는 증가가 73.3%, 보통이 26.7% 였고 처리효과에 대하여는 86.2%가 영양소 함량이 증가한다고 하여 암모니아 처리에 대하여 매우 긍정적인 것으로 나타났다.

5)북부권 비육목장의 경우 목장관리는 77.9%가 축주가 직접관리하고 있었으며, 평균 사육두수는 34.6두 였고, 41.2%가 비육전문 목장이었으며 22.4%의 목장이 TMR 사양관리 방법을 적용하고 있는 것으로 나타났다.

6)북부권 비육목장의 벼짚 결속형태는 인력결속 43.9%, 사각곤포 18.4% 였고 사각곤포와 인력결속 병용이 34.5%, 암모니아 처리벼짚 급여가 36%, 처리 및 무처리벼짚 병용이 18.5% 였으며 평균 처리기간은 7.8주 였다. 암모니아 처리상태에 대하여는 만족이 52.3%, 보통이 35.4%였으며 암모니아 처리에 의한 섭취량 변화는 증가가 73.6%, 보통이 26.4% 였고 처리효과에 대하여는 47.2%가 영양소함량이 증가한다고 하여 암모니아 처리에 대하여 타지역보다 부정적인 것으로 나타났다.

7)남부권 낙농목장의 경우 목장관리는 90.2%가 축주가 직접관리하고 있었으며, 평균 착유우 사육두수는 20.2두 였고, 평균 산유량은 20.0kg 였으며, 젖소의 주요질병은 유방염이 32.4%, 번식관계 질병이 54.8%였고, 사료급여 기준은 54.8%가 산유량인 것으로 나타났다.

8)남부권 낙농목장의 벼짚 결속형태는 인력결속 23.4%, 사각곤포 41.9% 였고 사각곤포와 인력결속 병용이 32.6%, 암모니아 처리벼짚 급여가 39.8%, 처리 및 무처리벼짚 병용이 32.4% 였으며 평균 처리기간은 7.1 주 였다. 암모니아 처리상태에 대하여는 만족이 53.9%, 보통이 41.1% 였으며 암모니아 처리에 의한 섭취량 변화는 증가가 88.8%, 보통이 11.2% 였고 처리효과에 대하여는 75.7%가 영양소함량이 증가한다고 하여 암모니아 처리에 대하여 비육목장과 마찬가지로 긍정적인 것으로 나타났다.

9)중부권 낙농목장의 경우 목장관리는 62.9%가 축주가 직접관리하고 있었으며, 평균 착유우 사육두수는 25.8두 였고, 평균 산유량은 22.6kg 였으며, 젖소의 주요질병은 유방염이 55.8%, 번식관계 질병이 18.7% 였고, 사료급여기준은 58.5% 가 산유량인 것으로 나타났다.

10)중부권 낙농목장의 벼짚 결속형태는 인력결속 31.1%, 사각곤포 34.9% 였고 사각곤포와 인력결속 병용이 34.0%, 암모니아 처리벼짚 급여가 23.6%, 처리 및 무처리벼짚 병용이 50.6% 였으며 평균 처리기간은 8.6 주 였다. 암모니아 처리상태에 대하여는 만족이 56.1%, 보통이 43.9% 였으며 암모니아 처리에 의한 섭취량

변화는 증가가 91.3%, 보통이 8.7% 였고 처리효과에 대하여는 69.7%가 영양소 함량이 증가한다고 하여 암모니아 처리에 대하여 긍정적인 것으로 나타났다.

11)북부권 낙농목장의 경우 목장관리는 67.4%가 축주가 직접관리하고 있었으며, 평균 착유우 사육두수는 17.1두 였고, 평균 산유량은 21.1kg 였으며, 젖소의 주요질병은 유방염이 41.3%, 번식관계 질병이 27.9% 였고, 사료급여기준은 70.2% 가 산유량인 것으로 나타났다.

12)북부권 낙농목장의 벚짚 결속형태는 인력결속 28.0%, 사각곤포 36.5% 였고 사각곤포와 인력결속 병용이 35.5%, 암모니아 처리벚짚 급여가 28.5%, 처리 및 무처리벚짚 병용이 47.4% 였으며 평균 처리기간은 8.0 주 였다. 암모니아 처리상태에 대하여는 만족이 38.0%, 보통이 50.0% 였으며 암모니아 처리에 의한 섭취량 변화는 증가가 90.8%, 보통이 9.2% 였고 처리효과에 대하여는 59.0%가 영양소 함량이 증가한다고 하여 암모니아 처리에 대하여 긍정적인 것으로 나타났다.

13)비육 및 낙농목장의 암모니아 처리 및 이용시 문제점으로 ① 처리시기(암모니아 공급)의 획일화, ② 가스량 부족, ③ 사각곤포의 경우 내부처리 불량, ④ 난가리 작업시 일손부족, ⑤ 비닐의 내구성 부족 및 ⑥ 난가리 아래부분의 변패로 나타났으며, 이에대한 개선 방안으로 ① 원하는 시기에 암모니아를 처리할 수 있도록 관주도의 가스공급보다 공급업체의 다원화가 요구되며, ② 농민이 처리수준을 선택할 수 있도록 결속 종류별로 최적의 권장 처리수준을 제시하여야 하고, ③ 비닐의 내구성을 높이고 조류에 의한 파손방지를 위하여 벚짚이 보이지 않게끔 비닐을 진한 색상으로 제작하도록 유도하고, ④ 처리후 난가리 밑부분의 변패방지를 위하여 깔판설치 및 처리후 일정기간이 지난후 배수가 가능하도록 개폐용 배수장치 부착 등이 요망된다.

2. 실험 II : 볏짚의 결속방법과 암모니아 처리수준 및 저장기간이 볏짚의 사료 가치에 미치는 영향

1)결속방법이 다른 볏짚에 각각 0, 3, 4, 5 및 6%의 암모니아를 처리한 후 8주, 10주 및 12주째의 조회분 및 조지방 함량(%)은 결속방법 및 암모니아 처리수준에 관계없이 차이가 없었다.

2)볏짚에 각각 0, 3, 4, 5 및 6%의 암모니아를 처리한 후 8주, 10주 및 12주째의 조섬유 함량(%)은 처리수준이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈으나 유의적인 차이는 없었다.

3)결속방법이 다른 볏짚에 각각 0, 3, 4, 5 및 6%의 암모니아를 처리한 후 8주째의 조단백질 함량(%)은 각각 인력결속, 4.72, 11.08, 12.79, 13.12 및 13.15; 원형곤포, 4.68, 11.13, 11.81, 12.57 및 12.59; 사각곤포, 4.38, 10.28, 11.03, 11.73 및 11.80; 압축, 4.46, 9.73, 10.51, 10.82 및 12.17로 나타나 암모니아처리에 의하여 유의적으로 증가하였으나 암모니아 처리수준간에는 통계적인 차이가 없었다.

4)결속방법이 다른 볏짚에 각각 0, 3, 4, 5 및 6%의 암모니아를 처리한 후 10주째의 조단백질 함량(%)은 각각 인력결속, 4.72, 12.12, 12.98, 13.45 및 14.18; 원형곤포, 4.68, 12.13, 13.12, 12.98 및 13.49; 사각곤포, 4.38, 11.14, 12.13, 12.79 및 13.14; 압축, 4.16, 10.12, 11.75, 12.22 및 12.76으로 나타나 암모니아처리에 의하여 유의적으로 증가하였으나 암모니아 처리수준간에는 통계적인 유의차가 없었다.

5)결속방법이 다른 볏짚에 각각 0, 3, 4, 5 및 6%의 암모니아를 처리한 후 12주째의 조단백질 함량(%)은 각각 인력결속, 4.70, 13.3, 14.2, 14.5 및 16.3; 원형곤포, 4.7, 11.9, 12.4, 13.7 및 15.1; 사각곤포, 4.4, 11.2, 12.4, 13.5 및 14.6; 압축, 4.2, 11.3, 11.7, 12.3 및 13.3으로 나타나 암모니아처리에 의하여 유의적으로 증가하였으나 암모니아 처리수준간에는 통계적인 유의차가 없었다.

6)결속방법이 다른 볏짚에 각각 0, 3, 4, 5 및 6%의 암모니아를 처리한 후 8,

10 및 12주째의 반추위내 건물 소화율은 무처리 벚짚에 비하여 유의적으로 증가하였으며, 결속방법별로는 동일한 처리수준에서는 인력결속 및 원형곤포가 사각곤포 및 압축보다 높은 소화율을 나타냈으나 유의적인 차이는 없었으며 또한, 암모니아 처리수준 및 처리기간 사이에는 통계적인 유의차가 없었다.

3. 실험 III : 암모니아 처리수준이 사각곤포 벚짚의 암모니아 이용효율 및 부위별 처리효과에 미치는 영향

1) 조지방 함량은 암모니아 2, 3 및 4% 처리수준별로 각각 2.21, 2.41 및 2.11로 대조구 1.61%에 비하여 유의적으로 증가하였다($p < .05$).

2) 조단백질 함량은 대조구 4.57%에 비하여 암모니아 2, 3 및 4% 처리수준별로 각각 9.07, 9.45 및 9.62%로 크게 증가하였으나($p < .05$) 암모니아 3%와 4% 처리구 간에는 유의적인 차이가 없었다.

3) 중성세제섬유소(NDF) 함량은 대조구 65.18%에 비하여 각각 63.11, 62.31 및 61.03%로 유의적으로 감소하였으며($p < .05$), 산세제섬유소(ADF) 함량은 암모니아 3%와 4% 처리구가 각각 42.07%와 43.41%로 대조구와 2% 처리구 45.50%와 44.53%보다 유의적으로 감소하였다($p < .05$).

4) 암모니아 처리수준에 따라 차이가 있으나 2% 처리수준의 경우 약 3일, 3%와 4% 처리수준의 경우 약 4~5일 이전에 낱가리내 암모니아가 소진되었다.

5) 암모니아 2% 처리구의 경우 49.39%, 3% 처리구는 42.28% 그리고 4% 처리구는 33.84%로 암모니아 처리수준이 증가함에 따라 흡착율이 저하되는 것으로 나타났다($p < .05$).

6) 벚짚 사각곤포의 부위별 조단백질 함량은 곤포 내부와 외부간에 2% 처리구의 경우 7.76%와 8.36%로, 3% 처리구는 8.26%와 9.26% 그리고 4% 처리구는 8.86%와 9.33%로 차이가 있는 것으로 나타났다.

7) 조회분 함량은 대조구에 비하여 암모니아 4% 처리구를 제외하고 내부와

외부간에 차이가 없었으나($p < .05$), 조지방 함량은 암모니아 2와 3% 처리에 의하여 곤포 안쪽이 바깥쪽에 비하여 낮은 것으로 나타났다($p < .05$).

4. 실험 IV. 볏짚의 결속방법별 암모니아 처리수준이 착유우의 생산성에 미치는 영향

1) 일일 두당 볏짚섭취량(kg)은 암모니아 처리수준(0, 2, 3 및 4%)에 따라 사각곤포의 경우 각각 3.02, 3.72, 3.95 및 3.97이었으며 인력결속의 경우 각각 3.32, 3.82, 3.94 및 3.96으로 암모니아 처리시 유의적으로 증가하였고($p < .05$), 또한 결속형태에 관계없이 3%와 4%처리가 2%에 비하여 유의적으로 높았다($p < .05$).

2) 일일 두당 평균 산유량(kg)은 암모니아 처리수준(0, 2, 3 및 4%)에 따라 사각곤포의 경우 각각 16.84, 17.64, 17.88 및 17.96이었으며 인력결속의 경우 각각 16.26, 17.11, 17.41 및 17.45로 영양소 섭취량 증가와 비례하여 유의적으로 증가하였고($p < .05$), 또한 결속형태에 관계없이 3%와 4%처리가 2%에 비하여 유의적으로 높았다($p < .05$).

3) 우유조성분, 체세포수, 혈액내 $\text{NH}_3\text{-N}$ 및 urea-N 함량은 암모니아 처리수준(0, 2, 3 및 4%) 및 결속형태에 관계없이 차이가 없었다.

5. 실험 V. 사일리지 첨가물을 이용한 생볏짚 사일리지의 제조기술 개발 및 사료가치 평가

1) 산, 미생물 및 영양소 첨가에 의한 세절 생볏짚 silage의 고형물, 조회분 및 조지방 함량은 대조구에 비해 차이가 없었으나, 요소와 요소-당밀 혼합물(M+U) 첨가에 의한 세절 생볏짚 silage의 조단백질 함량은 대조구에 비해 유의적으로 증가하였다($p < .05$).

2) 산이나 미생물 및 영양소 첨가에 의한 사각곤포 생볏짚 사일리지의 고형물, 조섬유, 조지방 및 조회분 함량은 차이가 없었으나, 조단백질 함량은 대조구가

5.18%인데 비하여 요소와 요소-당밀 혼합물(M+U)mixture첨가구는 각각 7.51%와 6.57%로 유의적으로 증가하였다($p<.05$).

3) 세절 생볏짚 사일리지 제조 56일 후의 pH는 산첨가구의 경우 대조구와 formic acid 첨가구에 비하여 propionic acid와 mixture첨가구가 유의적으로 낮았으며($p<.05$), 미생물 첨가구는 H/M F 첨가구가 대조구, Kem Lac 및 P-1122 첨가구보다 유의적으로 낮았고($p<.05$), 영양소 첨가구는 당밀첨가구가 대조구 및 요소 및 요소-당밀 혼합물 첨가구보다 유의적으로 낮았다($p<.05$).

4) 사각콘포 생볏짚 사일리지 제조 56일 후의 pH는 산첨가구의 경우 대조구와 mixture첨가구에 비하여 propionic acid와 formic acid 첨가구가 유의적으로 낮았으며($p<.05$), 미생물 첨가구는 H/M F 첨가구가 대조구, Kem Lac 및 P-1122 첨가구보다 유의적으로 낮았고($p<.05$), 영양소 첨가구는 당밀첨가구가 대조구 및 요소 및 요소-당밀 혼합물 첨가구보다 유의적으로 낮았다($p<.05$).

5) 세절생볏짚 silage의 acetic acid 함량은 대조구에 비하여 formic acid, propionic acid 및 mixture(F+P) 첨가구가 낮았으며($p<.05$), butyric acid 함량은 대조구에 비하여propionic acid와 mixture(F+P) 첨가구가 낮았고($p<.05$), lactic acid 함량은 대조구에 비하여 산첨가구가 유의적으로 증가하였다($p<.05$).

6) 세절생볏짚 silage의 총산함량은 대조구에 비하여 산첨가구가 유의적으로 낮게 나타났으며($p<.05$), 사일리지 등급은 대조구가 4인데 비하여 formic acid, propionic acid 첨가구는 3등급으로 mixture(F+P) 첨가구 2등급으로 상승하였다.

7) 세절생볏짚 silage의 acetic acid 함량은 대조구에 비하여 Kem Lac과 P-1122 첨가구가 낮았으며($p<.05$) butyric acid 함량은 Kem Lac, H/M F 및 P-1122 첨가구가 낮았고($p<.05$), lactic acid 함량은 미생물첨가에 의하여 유의적으로 증가하였다($p<.05$).

8) 총산의 함량은 대조구에 비하여 Kem Lac과 P-1122 첨가구가 유의적으로 낮게 나타났으며($p<.05$), 사일리지 등급은 대조구가 4등급인데 비하여 Kem Lac, H/M F 및 P-1122 첨가구가 각각 3등급으로 상승하였다.

9) 영양소첨가에 의한 세절볏짚 silage의 acetic acid와 butyric acid 함량은

대조구에 비하여 당밀 첨가구가 낮았으며($p < .05$), lactic acid 함량은 대조구에 비하여 당밀 첨가구가 유의적으로 증가하였다($p < .05$).

10) 총산의 함량은 대조구에 비하여 요소 첨가구가 유의적으로 낮았으며($p < .05$), 사일리지 등급은 대조구가 4등급인데 비하여 당밀 첨가구는 2등급으로 상승하였으나 요소와 mixture(M+U) 첨가구는 4등급으로 차이가 없었다.

11) 사각콘포 생볏짚 silage의 acetic acid와 butyric acid 함량은 대조구에 비하여 formic acid, propionic acid 및 mixture(F+P) 첨가구가 낮았으며($p < .05$), lactic acid 함량은 산첨가에 의하여 유의적으로 증가하였다($p < .05$).

12) Total acid 함량은 대조구에 비하여 mixture(F+P) 첨가구가 낮았으며($p < .05$), 사일리지 등급은 대조구가 4등급인데 비하여 formic acid가 2등급으로 propionic acid 첨가구와 mixture(F+P) 첨가구는 3등급으로 상승하였다.

13) 미생물첨가에 의한 사각콘포볏짚 silage의 acetic acid와 butyric acid 함량은 대조구에 비하여 Kem Lac, H/M F 및 P-1122 첨가구가 낮게 나타났으며($p < .05$), lactic acid 함량은 대조구에 비하여 미생물첨가에 의하여 유의적으로 증가하였다($p < .05$).

14) 총산의 함량은 대조구에 비하여 Kem Lac 첨가구가 유의적으로 낮았으며($p < .05$), 사일리지 등급은 대조구가 4등급인데 비하여 Kem Lac과 P-1122 첨가구가 각각 3등급으로 상승하였으며 H/M F 첨가구는 2등급으로 상승하였다.

15) 영양소첨가에 의한 사각콘포볏짚 silage의 acetic acid 함량은 대조구에 비하여 당밀, 요소 및 mixture(M+U) 첨가구가 낮았으며($p < .05$), butyric acid 함량은 당밀과 mixture(M+U) 첨가구가 낮았고($p < .05$), lactic acid 함량은 유의적으로 증가하였다($p < .05$).

16) 영양소 첨가에 의한 사일리지 등급은 대조구가 4등급인데 비하여 당밀 첨가구는 2등급으로 상승하였으며 mixture(M+U) 첨가구는 3등급으로 상승하였다.

6. 실험 VI. 생뱃짚 사일레지의 반추위내 소화율 및 반추동물의 생산성에 미치는 영향

1) 세절 생뱃짚사일레지의 건물소화율은 배양 24시간째에는 Propionic acid 첨가구가 대조구에 비하여 유의적으로 증가하였으며($p < .05$), 배양 72시간째에는 Formic acid, Propionic acid, Mixture(F+P), Urea 및 Mixture(M+U) 첨가구가 유의적으로 증가하였다($p < .05$).

2) 사각곤포 생뱃짚사일레지의 배양 72시간째 대조구의 유기물소화율은 40.9%인데 비하여 Formic acid, Propionic acid, Mixture(F+P), Kem Lac, H/M F, P-1122 및 Molasses 첨가구는 각각 41.4, 40.4, 39.9, 43.4, 40.5, 40.6 및 41.7%로 차이가 없었으나 Urea 및 Mixture(M+U) 첨가구는 각각 46.8%와 47.2%로 대조구에 비하여 유의적으로 높게 나타났다($p < .05$).

3) 젖소의 세절 생뱃짚사일레지와 사각곤포 생뱃짚사일레지 섭취량은 옥수수 사일레지 급여구에 비하여 유의적으로 낮았다($p < .05$).

4) 평균산유량은 옥수수사일레지 급여구가 17.4kg 으로 시험전에 비하여 18.3% 감소하였으며 세절 뱃짚사일레지 급여구는 16.1kg으로 21.8% 감소하였고 사각곤포 뱃짚사일레지 급여구는 16.5kg으로 25.0% 감소하는 것으로 나타났다.

5) 시험기간동안 유지방 및 무지고형분 함량은 옥수수사일레지 급여구와 세절 생뱃짚사일레지 급여구 및 사각곤포 생뱃짚사일레지 급여구간에 차이가 없는 것으로 나타났다.

6) 비육우의 총 증체량은 뱃짚급여구인 대조구에 비하여 세절 및 사각곤포 생뱃짚사일레지 급여구에서 증가하였으며($p < .05$), 일당 증체량은 대조구 0.95kg에 비하여 사각곤포 생뱃짚사일레지 급여구는 1.09kg으로 세절 생뱃짚사일레지 급여구는 1.14kg으로 대조구보다 유의적으로 높게 나타났다($p < .05$).

7) 비육우의 조사료 건물섭취량은 대조구에 비하여 세절 및 사각곤포 생뱃짚사일레지 급여구에서 로 증가하였으며($p < .05$), 총 건물섭취량 또한 세절 생뱃짚사일레지 급여구와 사각곤포 생뱃짚사일레지 급여구에서 유의적으로 증가하였다($p < .05$).

8) 사료효율은 볏짚급여구가 7.31인데 비하여 세절 생볏짚사일레지 급여구는 6.24이고 사각콘포 생볏짚사일레지 급여구는 6.57로 높게 나타났다($p < .05$).

SUMMARY

These studies were conducted for developing the effective conditions of ammonia treatment of rice straw with four different binding types and effective silage additives for high moisture rice straw.

The experiments were divided into seven parts : ① Exp. I : studies on the ammonia treatment of rice straw and survey on the utilization systems of rice straw in dairy and beef farms, ② Exp. II : effect of levels and periods of ammonia treatment on the nutritive value of rice straw with various binding types, ③ Exp. III : effect of ammonia levels on the nitrogen adsorption rate and nutritive value of NH_3 treated square rice straw bale, ④ Exp. IV : effect of NH_3 treated rice straw on the performance of dairy cows with different binding types, ⑤ Exp. V : effect of silage additives supplementation on nutritive value of rice straw silage, ⑥ Exp. VI : effect of rice straw silage on the performance of dairy cows with different rice straw types, ⑦ Exp. VII : effect of rice straw silage on the performance of beef cattle with different silage additives.

I. Survey on the Feeding and Utilization Systems of Rice Straw in Beef and Dairy Farms

Survey on feeding situation and utilization system of rice straw included management types, binding types, weeks of NH_3 treatments, Quality of NH_3 treated rice straw, Intake of NH_3 treated rice straw, efficacy of NH_3 treatment on 365 beef farms and 356 dairy farms in Korea.

1. In the situation of beef farms, owner management type was 73.5%, average number of beef cattle per farm was 50.2 head, only fattening feeding types was 52.4% and TMR feeding system was 27% in Southern area.

2. In the utilization system of rice straw of beef farms in Southern area were appeared to follows: in binding types, 44% of sheaf and 28.9% of square bale; in fed types of rice straw, 19.3% of ammonia treatment and 26.8% of both treatment and untreatment; average weeks of treatment was 9.6 weeks; in quality of ammonia treated rice straw, 41.9% of high and 38.7% of common; in the changes of intake of ammonia treated rice straw, 88.4% of increase and 11.6% of common; in efficacy of ammonia treatment, 64.1% of increase and 36% of common.

3. In the situation of beef farms, owner management type was 82.2%, average number of beef cattle per farm was 54.2 heads, only fattening feeding types was 40.4% and TMR feeding system was 25% in Middle area.

4. In the utilization system of rice straw of beef farms in Middle area were appeared to follows: in binding types, 52% of sheaf, 21.6% of square bale and 26.4% of both sheaf and square bale; in fed types of rice straw, 29.0% of ammonia treatment and 25.4% of both treatment and untreatment; average weeks of treatment was 10.4 weeks; in quality of ammonia treated rice straw, 58.4% of high and 41.6% of common; in the changes of intake of ammonia treated rice straw, 73.3% of increase and 26.7% of common; in efficacy of ammonia treatment, 86.2% of increase and 13.8% of common.

5. In the situation of beef farms, owner management type was 77.9%, average number of beef cattle per farm was 34.6 head, only fattening feeding types was 41.2% and TMR feeding system was 22.4% in Northern area.

6. In the utilization system of rice straw of beef farms in Northern area were appeared to follows: in binding types, 43.9% of sheaf, 18.4% of square bale and 34.5% of both sheaf and square bale; in fed types of rice straw, 36.0% of ammonia treatment and 18.5% of both treatment and untreatment; average weeks of treatment was 7.8 weeks; in quality of ammonia treated rice straw, 52.3% of high and 35.4% of common; in the changes of intake of ammonia treated rice straw, 73.6% of increase and 26.4% of common; in efficacy of ammonia treatment, 47.2% of increase and 52.8% of common.

7. In the situation of dairy farms, owner management type was 90.2%, average number of lactating cows per farm was 20.2 head, average milk yield of lactating cows per head was 20.0 kg, amjor disease of dairy cows was appeared to mastitis(32.4%) and reproductive disorder(37.1%) and major standard of feeding was appeared to milk production(54.8%) in Sourthern area.

8. In the utilization system of rice straw of dairy farms in Sourthern area were appeared to follows: in binding types, 23.4% of sheaf, 41.9% of square bale and 32.6% of both sheaf and square bale; in fed types of rice straw, 39.8% of ammonia treatment and 32.4% of both treatment and untreatment; average weeks of treatment was 7.1 weeks; in quality of ammonia treated rice straw, 53.9% of high and 41.1% of common; in the changes of intake of ammonia treated rice straw, 88.8% of increase and 11.2% of common; in efficacy of ammonia treatment, 75.7% of increase and 24.3% of common.

9. In the situation of dairy farms, owner management type was 62.9%, average number of lactating cows per farm was 25.8 head, average milk yield of lactating cows per head was 22.6 kg, amjor disease of dairy cows was appeared to mastitis(55.8%) and reproductive disorder(18.7%) and major

standard of feeding was appeared to milk production(58.5%) in Middle area.

10. In the utilization system of rice straw of dairy farms in Middle area were appeared to follows: in binding types, 31.1% of sheaf, 34.9% of square bale and 34.0% of both sheaf and square bale; in fed types of rice straw, 23.6% of ammonia treatment and 50.6% of both treatment and untreatment; average weeks of treatment was 8.6 weeks; in quality of ammonia treated rice straw, 56.1% of high and 43.9% of common; in the changes of intake of ammonia treated rice straw, 91.3% of increase and 8.7% of common; in efficacy of ammonia treatment, 69.7% of increase and 30.3% of common.

11. In the situation of dairy farms, owner management type was 67.4%, average number of lactating cows per farm was 17.1 head, average milk yield of lactating cows per head was 21.1 kg, amjor disease of dairy cows was appeared to mastitis(41.3%) and reproductive disorder(27.9%) and major standard of feeding was appeared to milk production(70.2%) in Northern area.

12. In the utilization system of rice straw of dairy farms in Northern area were appeared to follows: in binding types, 28.0% of sheaf, 36.5% of square and round bale and 35.5% of both sheaf and square bale; in fed types of rice straw, 28.5% of ammonia treatment and 47.4% of both treatment and untreatment; average weeks of treatment was 8.0 weeks; in quality of ammonia treated rice straw, 38.0% of high and 50.0% of common; in the changes of intake of ammonia treated rice straw, 90.8% of increase and 9.2% of common; in efficacy of ammonia treatment, 59.0% of increase and 41.0% of common.

13. The problems of ammonia treatment in dairy and beef farms were appeared to follows: uniform time of treatment season; deficiency of amount of

ammonia gas; low quality of inner side in square bale; deficiency of a farm handworker; low durability.

14. According to review of literature, a solution of problems of ammonia treatment were appeared to follows: multiplicity of treatment season; presentation of optimum levels and periods, according to binding types; increase of quality fo vinyl and dye a vinyl dark for a prevention against birds; establish of drainage to bottom in stack for a prevention against decomposition.

II. Effects of Levels and Periods of Ammonia Treatment on the Nutritive Value of Rice Straw with Various Binding Types

The binding types of rice straw were sheaf, square bale, round bale and pressed and the levels and periods of ammonia treatment were 0, 3, 4, 5, 6 percentage and 8, 10, 12 weeks, respectively. The rate of degradation of the dry matter of untreated and ammonia treated rice straw, when incubated in nylon bags in the rumen, was studied in rumen- cannulated Holstein cows and in vivo digestibility of rice straw was studied korean native goats.

1. The crude ash and ether extract contents of rice straw at 8, 10 and 12 weeks after treatment were not affected by ammonia treatment at 3, 4, 5 and 6 %

2. The crude fiber contents of rice straw at 8, 10 and 12 weeks after treatment was decreased by ammonia treatment at 3, 4, 5 and 6 % compared with control, but statistical analysis of the data indicated that there were no significant differences from untreated and ammonia treated rice straw.

3. The crude protein contents of sheaf, round bale, square bale and pressed rice straw by ammonia treatment at 0, 3, 4, 5 and 6% at 8 weeks after treatment were, for sheaf, 4.72, 11.08, 12.79, 13.12 and 13.15, for round bale, 4.68, 11.13, 11.81, 12.57 and 12.59, for square bale, 4.38, 10.28, 11.03, 11.73 and 11.80, for pressed, 4.46, 9.73, 10.51, 10.82 and 12.17, respectively, therefore the crude protein contents of rice straw was significantly increased by ammonia treatment compared to those of the untreated rice straw, but no significant difference was observed between treatment level of ammonia.

4. The crude protein contents of sheaf, round bale, square bale and pressed rice straw by ammonia treatment at 0, 3, 4, 5 and 6% at 10 weeks after treatment were, for sheaf, 4.72, 12.12, 12.98, 13.45 and 14.18, for round bale, 4.68, 12.13, 13.12, 12.98 and 13.49, for square bale, 4.38, 11.14, 12.13, 12.79 and 13.14, for pressed, 4.16, 10.12, 11.75, 12.22 and 12.76, respectively, therefore the crude protein contents of rice straw was significantly increased by ammonia treatment compared to those of the untreated rice straw, but no significant difference was observed between treatment level of ammonia.

5. The crude protein contents of sheaf, round bale, square bale and pressed rice straw by ammonia treatment at 0, 3, 4, 5 and 6% at 12 weeks after treatment were, for sheaf, 4.70, 13.3, 14.2, 14.5 and 16.3, for round bale, 4.7, 11.9, 12.4, 13.7 and 15.1, for square bale, 4.4, 11.2, 12.4, 13.5 and 14.6, for pressed, 4.2, 11.3, 11.7, 12.3 and 13.3, respectively, therefore the crude protein contents of rice straw was significantly increased by ammonia treatment compared to those of the untreated rice straw, but no significant difference was observed between treatment level of ammonia.

6. *In situ* dry matter disappearance of rice straw at 48 and 72 hour in the

rumen was significantly increased by ammonia treatment at 3, 4, 5 and 6% compared to those of the untreated rice straw and, among the binding types, the sheaf and round bale showed higher values of disappearances than that of square bale and pressed rice straw at the same levels of ammonia, but no significant difference was observed between level of ammonia and treatment period.

III. Effects of Ammonia Levels on the Nitrogen Adsorption Rate and Nutritive Value of NH₃ Treated Square Bale Rice Straw

The experiments were divided that influence of levels and periods of ammonia treatment on the nutritive value of square rice straw bale and survey on the rate of nitrogen adsorption to NH₃ treated square rice straw bale.

The levels and periods of ammonia treatment were 0, 2, 3, 4 percentage and 8 week, respectively.

1. The crude ash and crude fiber contents of rice straw at 8 week after treatment were not affected by ammonia treatment at 2, 3, and 4 %.

2. The ether extract contents of rice straw at 8 week after treatment was increased by ammonia treatment at 2, 3 and 4 % compared with control($p < .05$).

3. The crude protein contents of rice straw was significantly increased by ammonia treatment compared to those of the untreated rice straw, but no significant difference was observed between 3% and 4% of ammonia.

4. The neutral detergent fiber contents of rice straw at 8 weeks after treatment was decreased by ammonia treatment at 2, 3, and 4 % compared with control, but acid detergent fiber contents of rice straw was decreased at

3, and 4 % compared with control and 2% ammonia treated rice straw($p < .05$).

5. The rate of nitrogen adsorption of rice straw bale by ammonia treatment at 2, 3 and 4% at 8 weeks after treatment were 49.39%, 42.28% and 33.84%, respectively. therefore the rate of nitrogen absorption of rice straw was significantly

IV. Effects of NH_3 Treated Rice Straw with Different Binding Types on the Performance of Dairy Cows

Thirty-six lactating cows, weighing body weight approximate 609kg and average daily milk yield 19.6kg, were allocated four treatments nine head of each.

To evaluate the effect of NH_3 treated rice straw on the feed intake, milk yield, milk composition, somatic cell counts, blood urea nitrogen and blood NH_3 N were measured daily and in period.

1. The daily rice straw, dry matter and crude protein intake(kg) of Treatment I, II and III fed different NH_3 treated square rice straw bale were significantly higher compared with control and, treatment II and III showed higher value of rice straw intake(kg) than that of treatment I ($p < .05$), but no significant difference was observed between treatment II and III.

2. The daily rice straw, dry matter and crude protein intake(kg) of Treatment I, II and III fed different NH_3 treated sheaf type rice straw were significantly higher compared with control and, treatment II and III showed higher value of rice straw intake(kg) than that of treatment I ($p < .05$), but no significant difference was observed between treatment II and III.

3. The daily milk production of Treatment I, II and III fed different NH_3 treated square rice straw bale were significantly higher compared with control and, treatment II and III showed higher value of rice straw intake(kg) than

that of treatment I ($p < .05$), but no significant difference was observed between treatment II and III.

4. The daily milk production of Treatment I, II and III fed different NH_3 treated sheaf type rice straw were significantly higher compared with control and, treatment II and III showed higher value of rice straw intake(kg) than that of treatment I ($p < .05$), but no significant difference was observed between treatment II and III.

5. The fat, lactose and protein contents(%) of milk of Treatment I, II and III fed different NH_3 treated square rice straw bale or sheaf type rice straw were higher than control, but no significant difference was observed between treatments.

6. The somatic cell count in milk of lactating cows fed different NH_3 treated square rice straw bale or sheaf type rice straw were not significantly difference between treatments.

7. Urea nitrogen and $\text{NH}_3\text{-N}$ in blood of lactating cows fed different NH_3 treated square rice straw bale or sheaf type rice straw were not significantly difference between treatments.

V. Effects of Silage Additives Supplementation on Nutritive Value of Fresh Rice Straw Silage

This experiment was conducted to investigate the influence of silage additives supplementation on moisture content, crude protein, crude fiber, crude ash, ether extract, pH and organic acid(silage quality) of cut and square bale rice straw.

1. Chemical composition of silage of acid and microbial additives were not significant difference on ensiling periods but urea and mixture(M+U) additives were significantly increased in crude protein of cut and square bale rice straw.

2. The pH value of propionic acid and mixture(F+P) additives significantly decreased with cut rice straw, and also formic acid additive were significantly decreased with square bale rice straw. The pH value of H/M F and molasses additive were significantly decreased with cut and square bale rice straw.

3. The quality of silage of cut rice straw according to organic acid were significantly improved by mixture(F+P) additive than control.

4. The quality of silage of square bale rice straw according to organic acid were significantly improved by formic acid additive.

5. The quality of silage of square bale rice straw according to organic acid were significantly improved by molasses additive.

VI. Effect of Fresh Rice Straw Silage with Different Binding Types on the Performance of Ruminants

1. *In situ* dry matter digestibility(%) of formic acid, propionic acid, mixture(F+P), Urea and Mixture(M+U) additives significantly increased with cut rice straw silage($p < .05$).

2. *In situ* organic matter digestibility(%) of urea and mixture(M+U) additives significantly increased with square bale rice straw silage($p < .05$).

3. The daily silage intake of cut and square bale rice straw were significantly lower compared corn silage($p < .05$).

4. The daily milk production of control was higher compared with control I and II, but no significantly difference.

5. Body weight gain of treatment I and II were significantly higher

compared with control($p < .05$).

6. Dry matter intake of feed of treatment I and II were significantly higher compared with control($p < .05$).

7. Feed conversion ratio of treatment I and II were significantly higher compared with control($p < .05$).

CONTENTS

Chapter 1	Introduction	42
Chapter 2	Review of literature on rice straw utilization	46
1.	Characteristics of rice straw	46
2.	Ammonia treatment of rice straw	49
3.	Effect of ammonia treatment	52
1)	Chemical composition of straw by ammonia treatment	52
2)	Intake and digestibility of straw by ammonia treatment	54
3)	Rumen fermentation characteristics	55
4)	Performance of dairy and beef cattle	56
5)	Rumen microbial population	58
4.	Mode of action of ammonia treatment	62
5.	Toxicity problems with ammoniated rice straw	64
Chapter 3	Survey on the feeding and utilization systems of rice straw in beef and dairy farms	65
I.	Introduction	65
II.	Material and Methods	69
1.	Farms survey and survey period	69
2.	Survey items and statistical analysis straw in beef farms	69

III. Results and Discussion	71
1. General information on parameters and utilization of rice straw	
in beef farms	71
1) Southern area	71
2) Middle area	75
3) Northern area	78
2. General information on parameters and utilization of rice straw	
in dairy farms	82
1) Southern area	82
2) Middle area	86
3) Northern area	90
3. Problems and improvement of ammonia treated rice straw	93
 Chapter 4 Effects of levels and periods of ammonia treatment on the nutritive value of rice straw with various binding types	 94
I. Introduction	94
II. Material and Methods	97
1. Ammonia treatment of rice straw	17
2. Chemical analysis of ammonia treated rice straw	97
3. Measurement of <i>in situ</i> nylon bag disappearance in the rumen	97
1) Experimental animals and feeding	97
2) Experimental design	98

3) Preparation of nylon bag	101
4) Measurement of <i>in situ</i> dry matter disappearance in the rumen	101
5) Measurement of <i>in situ</i> organic matter disappearance in the rumen	101
4. Statistical analysis	101
III. Results and Discussion	102
1. Changes of chemical composition of rice straw by ammonia treatment	102
2. <i>In situ</i> nylon bag disappearance in the rumen of ammonia treated rice straw	110
 Chapter 5 Effects of ammonia levels on the nitrogen absorption rate and nutritive value of NH ₃ treated square bale rice straw	 119
I. Introduction	119
II. Material and Methods	122
1. Ammonia treatment of square rice straw bale	122
2. Experimental design	122
3. Criteria for evaluation	123
1) Proximate analysis and cell wall constituent	123
2) NH ₃ contents in square rice straw stack	123
3) Rate of nitrogen absorption into rice straw	123
4) Relative efficacy of ammonia treatment at inside and outside in square bale rice straw	123
4. Statistical analysis	124
III. Results and Discussion	125

1. Chemical composition of square rice straw bale	125
2. The NH ₃ contents of square rice straw stack treated with ammonia	127
3. Rate of nitrogen absorption into NH ₃ treated square bale rice straw	128
4. Relative efficacy of ammonia treatment at inside and outside in square bale rice straw	129

Chapter 6 Effects of ammonia treated rice straw with different binding types on the performance of dairy cows	131
---	-----

I. Introduction	131
II. Material and Methods	134
1. Experimental animals	134
2. Experimental design	135
1) Experimental I (Square bale type rice straw)	135
2) Experimental II (Sheaf type rice straw)	136
3. Experimental feedstuffs and chemical analysis	137
4. Criteria for evaluation	137
1) Feeds and nutrients intake	137
2) Daily milk production	137
3) Milk composition	137
4) Somatic cell counts in milk	138
5) NH ₃ -N contents in blood	139
6) Urea-N contents in blood	139
5. Statistical analysis	139

III. Results and Discussion	140
1. Feeds intake	140
2. Milk production	142
3. Milk composition	145
4. Somatic cell counts in milk	147
5. NH ₃ -N and urea-N contents in blood	148
 Chapter 7 Effects of silage additives supplementation on nutritive value of fresh rice straw silage	 150
I. Introduction	150
II. Material and Methods	153
1. Fresh rice straw silage making	153
2. Experimental design	153
3. Experimental materials and chemical analysis	156
4. Criteria for evaluation	156
1) Chemical composition of fresh rice straw silage	156
2) pH of fresh rice straw silage	156
3) Organic acids contents and Flieg's score of fresh rice straw silage	157
5. Statistical analysis	158
III. Results and Discussion	159
1. Chemical composition of fresh rice straw silage	159
1) Fresh cut rice straw silage	159
2) Fresh square bale rice straw silage	161
2. pH of fresh rice straw silage	164
1) Fresh cut rice straw silage	164
2) Fresh square rice bale straw silage	169

3. Organic acids contents and Flieg's score of fresh rice straw silage	174
1) Fresh cut rice straw silage	174
2) Fresh square rice bale straw silage	176
 Chapter 8 Effects of rice straw silage with different binding types on the performance of dairy cows	 176
 I. Introduction	 179
 II. Material and Methods	 184
1. Digestibility of fresh rice straw silage in rumen	184
1) Fresh rice straw silage making	184
2) Experimental animals	184
3) Experimental design	185
4) Preparation of nylon bag	185
5) Measurement of dry matter digestibility	185
6) Measurement of organic matter digestibility	186
2. Effect of fresh rice straw silage on the performance of dairy cows	186
1) Experimental fresh rice straw silage making	186
2) Experimental animals	187

3) Experimental design	189
4) Experimental feedstuffs and chemical analysis	188
5) Measurement of feed intake	188
6) Measurement of milk production	188
7) Measurement of milk composition	189
3. Effect of fresh rice straw silage on the performance of Korean cattle	189
1) Experimental fresh rice straw silage making	189
2) Experimental animals	189
3) Experimental design	189
4) Experimental feedstuffs and chemical analysis	190
5) Measurement of weight gain	191
6) Measurement of feed intake	191
7) Measurement of feed conversion ratio	191
4. Statistical analysis	191
III. Results and Discussion	192
1. Digestibility of fresh rice straw silage in rumen	192
1) Dry matter digestibility	192
2) Organic matter digestibility	195

2. Effect of fresh rice straw silage on the performance of dairy	
cows	198
1) Feed intake	198
2) Milk production	200
3) Milk composition	202
3. Effect of fresh rice straw silage on the performance of Korean	
cattle	204
1) Body weight gain	204
2) Feed intake and conversion ratio	205
Literature cited	207

목 차

제 1 장 서 론	42
제 2 장 벼짚이용에 관한 국내·외 문헌조사	46
1. 벼짚의 특성	46
2. 암모니아 처리방법	49
3. 암모니아 처리효과	52
가. 조성분의 변화	52
나. 사료 섭취량 및 소화율	54
다. 반추위 발효특성	55
라. 가축의 생산성	56
마. 반추위내의 미생물군에 미치는 영향	58
4. 암모니아 처리의 작용기전	62
5. 암모니아 처리 벼짚 급여시 문제점	64
제 3 장 암모니아 처리벼짚 급여 목장 실태조사	65
제 1 절 서 론	69
제 2 절 재료 및 방법	69
1. 조사대상 및 시기	69
2. 조사항목 및 통계분석	69
제 3 절 결과 및 고찰	71
1. 지역별 비육농가의 사육실태 및 벼짚이용 현황	71
가. 남 부 권	71
나. 중 부 권	75

다. 북 부 권	78
2. 지역별 낙농농가의 사육실태 및 뱃짚이용 현황	82
가. 남 부 권	82
나. 중 부 권	86
다. 북 부 권	90
3. 암모니아 처리의 문제점 및 개선방법	93
제 4 장 뱃짚의 결속방법 및 암모니아 처리방법이 뱃짚의 사료가치에 미치는 영향	94
제 1 절 서 론	94
제 2 절 재료 및 방법	97
1. 암모니아 처리	97
2. 조성분 함량 측정	97
3. 반추위내 nylon bag 소화율 측정	97
가. 공시축 선정 및 사양관리	97
나. 실험설계	98
다. Nylon bag 제작	101
라. 건물 소화율 측정	101
마. 유기물 소화율 측정	101
4. 통계처리	101
제 3 절 결과 및 고찰	102
1. 암모니아 처리뱃짚의 조성분 함량 변화	102
2. 암모니아 처리뱃짚의 nylon bag 소화율	110

제 5 장	암모니아 처리수준이 벚짚 사각곤포의 암모니아 이용효율 및 부위별 처리효과에 미치는 영향	119
제 1 절	서 론	119
제 2 절	재료 및 방법	122
1.	실험재료 및 암모니아 처리	122
2.	실험설계	122
3.	조사항목	123
가.	일반 조성분 및 세포벽 구성성분	123
나.	날가리내 암모니아 가스 잔존율	123
다.	벚짚내 질소흡착율	123
라.	벚짚 부위별 암모니아 처리 효과	123
4.	통계분석	124
제 3 절	결과 및 고찰	125
1.	암모니아 처리 사각곤포 벚짚의 사료가치	125
2.	날가리내 암모니아 가스 잔존율	127
3.	벚짚내 질소흡착율	128
4.	벚짚 부위별 암모니아 처리 효과	129
제 6 장	벚짚의 결속방법별 암모니아 처리수준이 착유우의 생산성에 미치는 영향	131
제 1 절	서 론	131
제 2 절	재료 및 방법	134
1.	실험장소 및 공시축 선정	134
2.	실험설계	135
가.	실험 I (사각곤포 벚짚)	135
나.	실험 II (인력결속 벚짚)	136

3. 실험사료 및 성분분석	137
4. 조사항목	137
가. 사료 섭취량 측정	137
나. 산유량 측정	137
다. 우유 조성분 분석	137
라. 우유내 체세포수 측정	138
마. 혈액내 NH ₃ -N 함량 측정	139
바. 혈액내 요소태질소 함량 측정	139
5. 통계분석	139
제 3 절 결과 및 고찰	140
1. 사료섭취량	140
2. 산유량	142
3. 우유 조성분	145
4. 우유내 체세포수	147
5. 혈액내 NH ₃ -N 및 요소태 질소 함량	148
제 7 장 사일레지 첨가물을 이용한 생뿔짚 사일레지의 제조기술개발 및 사료가치 평가	150
제 1 절 서 론	150
제 2 절 재료 및 방법	153
1. 공시재료 및 생뿔짚 사일레지 제조	153
2. 실험설계	153
3. 실험재료 및 성분분석	156
4. 조사항목	156
가. 생뿔짚 silage의 조성분 함량	156
나. 생뿔짚 silage의 pH의 변화	156

다. 유기산 함량 및 생볏짚 silage의 품질 평가	157
5. 통계분석	158
제 3 절 결과 및 고찰	159
1. 생볏짚 silage의 조성분 함량	159
가. 세절 생볏짚 silage	159
나. 사각곤포 생볏짚 silage	161
2. 생볏짚 silage의 pH 변화	164
가. 세절 생볏짚 silage	164
나. 사각곤포 생볏짚 silage	169
3. 유기산 함량 및 생볏짚 silage의 품질 평가	174
가. 세절 생볏짚 silage	174
나. 사각곤포 생볏짚 silage	176
제 8 장 생볏짚 사일레지의 반추위내 소화율 및	
 착유우의 생산성에 미치는 영향	179
제 1 절 서 론	184
제 2 절 재료 및 방법	184
1. 반추위내 생볏짚 사일레지의 소화율 측정	184
가. 생볏짚 사일레지 제조	184
나. 공시축 선정 및 사양관리	184
다. 실험설계	185
라. Nylon bag 제작	185
마. 건물 소화율 측정	185
바. 유기물 소화율 측정	186

2. 생벚짚 사일리지 급여가 착유우의 생산성에 미치는 영향.....	186
가. 생벚짚 사일리지 제조.....	186
나. 실험장소 및 공시축 선정.....	187
다. 실험설계.....	187
라. 실험사료 및 성분분석.....	188
마. 사료 섭취량 측정.....	188
바. 산유량 측정.....	188
사. 우유 조성분 분석.....	189
3. 생벚짚 사일리지 급여가 비육우의 생산성에 미치는 영향.....	189
가. 생벚짚 사일리지 제조.....	189
나. 실험장소 및 공시축 선정.....	189
다. 실험설계.....	189
라. 시험사료 및 성분분석.....	190
마. 증체량 측정.....	191
바. 사료섭취량 측정.....	191
사. 사료효율 측정.....	191
4. 통계분석.....	191
제 3 절 결과 및 고찰.....	192
1. 반추위내 생벚짚 사일리지의 소화율 측정.....	192
가. 건물 소화율.....	192
나. 유기물 소화율.....	195
2. 생벚짚 사일리지 급여가 착유우의 생산성에 미치는 영향.....	198
가. 사료섭취량.....	198
나. 산유량.....	200
다. 우유 조성분.....	202

3. 생뿔짚 사일리지 급여가 비육우의 생산성에 미치는 영향	204
가. 증체량	204
나. 사료섭취량 및 사료효율	205
참 고 문 헌	207

제 1 장 서 론

가을철 일손부족 및 인건비 과다로 벧짚의 수거형태가 인력결속에서 기계를 이용하는 사각곤포, 원형곤포 및 압착벧짚 형태로 급속히 바뀌고 있으나 농가에 널리 보급되어 있는 암모니아 처리기간 및 처리농도는 기존의 인력결속 연구결과를 적용하므로써 결속상태가 강한 사각곤포, 원형곤포 및 압착벧짚의 경우 암모니아 처리상태가 매우 불량한 것으로 알려져 있다. 또한 낱가리식에 의한 벧짚의 암모니아 처리시 인력결속에 의한 벧짚은 안쪽과 바깥쪽의 색상이 변해 처리가 잘 되었다고 생각되지만 사각곤포, 원형곤포 및 압착벧짚의 경우 8주간 처리 후에도 낱가리 바깥쪽만 색상이 변하고 안쪽은 거의 변하지 않기 때문에 암모니아처리 여부 및 벧짚의 성분변화와 영양적 가치가 증진되었는지 의심스러워 사각곤포, 원형곤포 및 압착벧짚의 경우 암모니아 처리가 망서려져 새로운 형태의 벧짚 수거방법(사각곤포, 원형곤포 및 압착)에 따른 암모니아 처리기간 및 처리수준에 대한 연구가 요망된다.

그리고 가을철 고수분 벧짚이 노동력 부족으로 많은 양이 폐기되고 있어 가을철 생벧짚을 기계로 수거하여 보존성 및 이용율을 증진시킬 수 있는 방안이 요망되어왔으나 이에대한 연구도 전무한 실정이다.

암모니아의 처리 효과는 암모니아의 처리수준, 온도, 처리기간 및 수분함량등 여러가지 요인들의 의해 영향을 받는다(Westgaard, 1981). Waiss등 (1972)은 2.6%의 암모니아를 처리했을때 보다 5.2%의 암모니아를 처리했을때 효소에 의한 벧짚의 분해율이 더 높았으며, 암모니아 처리 농도를 5.2%에서 10.8%으로 높이더라도 추가적인 효과는 적었다고 하였으며, Waagerpetersen와 Thomsen(1977)은 보리짚에 각각 3.4, 4.4 및 5.9%의 암모니아를 15-55℃의 온도범위에서 처리하였을 때, 15 및 30℃에서 암모니아 처리수준의 증가함에 따라 처리효과가 있었다고 보고하였다. Sundstol 등(1978)은 호밀짚에 1~5% 수준으로 암모니아를 처리하였는

데, *in vitro* 건물 소화율은 암모니아의 처리수준을 1%에서 2.5%로 증가시킬 때 현저히 개선되었으나 그 이상의 처리수준에서는 처리효과가 크지 않았다고 보고하였다. 따라서 암모니아의 적정 처리수준은 Kernan과 Spurr(1978)는 3.0~4.0%라고 하였으며, Sundstol 등(1979)은 2.5~3.5%라고 하였다.

암모니아 처리에 따른 화학반응은 일반적으로 저온에서 보다 고온에서 빠르게 진행되는데, Waagepetersen 등(1976)은 반응초기의 온도, 암모니아의 처리수준 및 수분함량 등에 따라 암모니아의 처리효과는 40~60℃에서 다양하게 나타난다고 하였다.

수분함량은 암모니아의 처리효과에 영향을 미치는 또 다른 중요한 요소인데, Waiss 등(1972)은 처리시의 수분함량이 30%일때 암모니아의 처리효과가 가장 좋다고 하였으며, Sundstol 등(1979)은 짚의 수분함량을 12%에서 50%로 증가시킬 때 *in vitro* 건물 소화율이 개선되었다고 하였다.

암모니아 처리시 짚류의 화학성분 중 가장 현저한 변화를 나타내는 것은 조단백질 함량의 증가로서, 일반적으로 무처리짚에 비하여 처리짚의 조단백질 함량은 2-3배 증가하는 것으로 발표되었다(Horton, 1978; Horton과 Steacy, 1979; Kernan 등, 1979; Saenger 등, 1983; 김 등, 1986; 맹 등, 1986a,b; 강 등, 1987; Han 등 1989; Kim 등, 1990a).

암모니아 처리에 의한 짚류의 조단백질 함량의 증가는 암모니아 질소의 일부가 짚내에 축적되기 때문인데, 이러한 암모니아 질소의 짚내의 축적은 세포벽 구성성분 중 셀룰로스 및 헤미셀룰로스와 리그닌 사이의 결합을 변화시키면서 이루어진다고 하였다(Tarkow와 Feist, 1969). 암모니아 축적비율은 짚의 종류, 처리방법 및 수분함량등에 따라 달라지는데 (Waiss 등, 1972; Hartley와 Jones, 1978), Buettner 등(1982)은 57%, Lawlor와 O'Shea (1979) 및 Saenger 등(1982)은 50%, 그리고 Herrera-Saldana 등(1982)은 18%가 축적되었다고 발표하였다.

암모니아 처리에 의한 세포벽구성성분의 감소는 많은 연구자들에 의해 보고되었는데(Oji 등, 1977; Garrett 등, 1979; Horton, 1981; 김 등, 1986; 맹 등, 1986a,b, 1987; 강 등, 1987; 양 등, 1989; Han 등, 1989), 세포벽 물질 중 헤미셀룰로스, 리그닌, NDF, ADF 및 실리카의 함량이 감소된다고 하였다.

암모니아 처리에 의한 저질조사료의 사료 섭취량 증가는 많은 연구결과(Oji 등, 1977; Horton, 1978; Horton과 Steacy, 1979; Lawlor와 O'Shea, 1979; Kiangi 등, 1981; Herrera-Saldana 등, 1982; Buettner 등, 1982; Saenger 등, 1982; Sundstol, 1984; Streeter와 Horn, 1984; Zorrilla-Rios 등, 1985; 김 등, 1986; 맹 등, 1986; 신 등, 1988, 1989; 양 등, 1989, 김 등, 1990a; 김과 정, 1993)에 의하여 증명되었고, 저질조사료의 *in vitro* 및 *in vivo* 소화율도 암모니아 처리에 의해 향상된다고 하였다(Garrett 등, 1974; Oji 등, 1977; Horton, 1978; Horton과 Steacy, 1979; Lawlor와 O'Shea, 1979; Buettner 등, 1982; Saenger, 1982; Herrera-Saldana 등, 1982; Yoon 등, 1983; Faulkner 등, 1984; Smith 등, 1984; 맹과 김, 1984; Zorrilla-Rios 등, 1985; 김 등, 1986; 맹 등, 1986, 1987, 양 등, 1989; 신 등, 1989, 1990; 김 등, 1990a; 김과 정, 1993).

또한, 화학적 처리에 의한 저질조사료의 건물 소화율 개선효과는 평균적으로 암모니아 처리시 28.6%, 처리짚의 종류별 건물 소화율의 개선효과는 벼짚, 보리짚 및 밀짚에 있어서 암모니아 처리시는 각각 33.7, 30.4, 및 30.0%. 동물의 종류에 있어서는 면양, 육우 및 젖소의 경우에 각각 26.4, 10.5 및 36.8%로서 일반적으로 젖소에서 처리에 의한 소화율의 개선효과가 가장 높았다(Han과 Garrett, 1986).

암모니아처리 짚의 독성문제는 Perdok과 Leng(1985)에 의해 최초로 보고되었는데, 85℃ 이상의 고온에서 단시간 동안 암모니아를 처리할 경우 4-methylimidazol 등의 독성물질이 생성됨으로써 소에 과민성 흥분증(hyperexcitability)을 유발하게 된다고 하였다. Perdok과 Leng(1987)은 과민성 흥분증의 발생에 대한 암모니아처리시의 온도의 영향을 조사했는데, 암모니아 처리 후 벼짚내의 온도가

72℃에 달한 경우에는 예외없이 처리뒀짚 급여 4일 후에 과민성 흥분증이 발생함을 보고하였다.

따라서 본 연구의 목적은 ① 뒀짚의 결속방법(인력, 사각곤포, 원형곤포 및 압착)에 따른 암모니아 처리기간 및 처리수준을 구명하고 결속형태에 따른 적합한 처리방법을 적용함으로써 뒀짚의 효율적 이용을 도모하여 축우의 생산능력을 향상시키고, ② 결속방법(인력, 사각곤포, 원형곤포 및 압착)에 따른 난가리 안쪽과 바깥쪽의 암모니아 처리상태를 구명하여 결속 방법별로 뒀짚의 결속강도 및 난가리 크기를 제시함으로써 처리상태를 균일하게 하여 암모니아 처리효과의 제고에 의한 뒀짚의 이용율을 증진시키고, ③ 가을철 고수분 뒀짚을 암모니아 처리하여 사일리지화 하는 방법(비닐백 사일리지)을 구명함으로써 고수분 생뒀짚의 손실을 방지하고 뒀짚의 사료가치 증진에 의한 고품질의 저렴한 조사료 생산기반 강화 및 연중 사일리지 급여 시스템 적용으로 축우의 경쟁력을 강화하고, ④ 암모니아 처리 뒀짚 급여시 축우의 영양 및 생리작용에 미치는 영향을 구명함으로써 축우의 생산수명 연장 및 축산물의 안전성을 제고시키는데 있다.

제 2 장 볏짚이용에 관한 국내.외 문헌조사

국내문헌 조사는 국내에서 발행되는 학회지와 연구기관의 시험결과를 최대한 조사하였으며, 국외문헌 조사는 본 대학을 비롯한 주요 대학과 연구소에서 구독하고 있는 외국의 주요 학회지와 정기 간행물을 조사하였는데, 문헌조사는 ① 볏짚의 특성, ② 암모니아 처리방법 및 수준, ③ 암모니아 처리효과(성분변화, 섭취량 및 소화율, 반추위 발효생성물 및 미생물 변화, 가축의 생산성), ④ 암모니아의 작용기전, ⑤ 암모니아 처리시 문제점을 조사하고 고찰하여 연구의 적합성 및 암모니아 처리의 발전적인 개발방향을 제시하고자 하였다.

1. 볏짚의 특성

짚은 벼, 보리, 귀리, 호밀 및 밀 등의 작물로부터 알곡을 수확한 후 지상부위의 부산물로 잎과 줄기로 구성되어 있는데, 볏짚에 있어서 줄기와 잎이 차지하는 비율은 각각 40% - 60%정도이며(Ernst 등, 1960), 마디는 10-20개 정도로 이루어져 있다(Grist, 1965).

볏짚 줄기의 가장 바깥부분은 표피(epidermis)가 감싸고 있으며, 그 내측으로는 소유관속(small vascular bundle)이 분포하고 있는 목질화가 심한 후막조직(sclerenchyma)과 대유관속(large vascular bundle)이 분포하고 있는 유조직(parenchyma)이 존재하며, 볏짚의 중심강(central lumen)은 목질화의 정도가 약한 목수(pith)에 의해 둘러싸여 있다. Muller(1960)는 귀리, 호밀, 봄밀 및 가을밀의 짚에 있어서 줄기의 절간 중 세포벽의 구성비율은 표피 5-7%, 후막조직 25-27% 및 유조직 65-69% 정도라고 보고하였다.

볏짚 잎의 외부는 기둥세포(bulliform cell)와 표피에 의해 둘러싸여 있는데, 기둥세포는 잎의 퇴축(involution) 및 주름형성(folding)운동에 관여하는 것으로 알려

져 있다. 사부(phloem)와 목질부(xylem)가 존재하는 유관속은 유관속초(mesophyll)에 의해 둘러싸여 있으며, 유관속은 보통 엽육조직(mesophyll)에 혼입되어 있는데 비하여 후막조직은 주로 유관속의 위쪽이나 아랫부분에 존재한다.

대부분의 짚류에 있어서 절간의 목질화된 조직은 대부분 바깥쪽에 존재하기 때문에 미생물의 분해에 대한 저항성이 매우 높으며, 따라서 절간의 소화는 주로 내강(lumen)이나 조직의 손상부위를 통해 일어난다. 반면에 잎의 경우에는 목질화된 조직이 서로 분리되어 있기 때문에 미생물에 의한 사부조직의 분해가 보다 쉽게 일어난다. 짚류의 마디는 절간에 비해 미생물에 의한 분해가 더 쉽게 일어나는 것으로 알려져 있으며(Haper와 Lynch, 1981), 벧짚의 경우에는 다른 짚류와는 달리 줄기가 잎에 비하여 소화율이 높다(Jakson, 1978b).

짚류의 영양적 특성은 가용성 탄수화물과 단백질의 함량은 매우 낮는데 비하여 목질화된 세포벽 함량이 매우 높는데, Han과 Garrett(1986)은 짚류 등의 작물 부산물의 영양가치를 알팔파건초에 비해 저질조사료는 조단백질, 칼슘, 카로틴, 가소화에너지, 대사에너지 및 정미에너지의 함량이 낮는데 비하여, 세포막구성성분중 리그닌과 실리카의 함량은 높다고 하였으며, Jakson(1978a)은 벧짚의 실리카 함량은 12-16%로서 다른 짚류의 3-5%에 비해 다소 낮다고 보고하였다. 리그닌은 섬유소의 소화율을 낮추는 가장 일반적인 요인으로 알려져 있으며(Gould, 1984), 실리카도 반추위내에서의 섬유소의 분해율과 부(-)의 상관관계를 갖는 것으로 보고되어 있다(Van Soest와 Jones, 1968; Van Soest, 1970).

식물체의 벽은 보통 제1기 세포벽, 제2기 세포벽 및 세포와 세포사이의 중간막 등의 3부분으로 구분되는데, 제1기 세포벽은 두께가 얇으며 식물체의 성장시에 형성되는데, 느슨하게 결합된 셀룰로스가 펙틴, 헤미셀룰로스, 구조성 단백질 및 하이드록시프롤라인(hydroxyproline) 등과 함께 함유되어 있다(Albersheim, 1975; Darvil 등, 1980). 세포벽의 비대기에 셀룰로스와 헤미셀룰로스가 제1기 세포벽의 안쪽에 축적되기 시작하여 제2기 세포벽을 형성하게 되는데, 리그닌은 제1기 세포

벽위 구석에서 형성되기 시작하여 제2기 세포벽으로 점차 확산된다. 비대기의 말기에 특히 리그닌의 형성은 현저하게 증가되며(Theander와 Aman, 1984) 세포벽의 목질화가 끝나게 되면 그 식물체 세포는 죽게 되며, 짚류의 경우에는 제2기 세포벽 물질이 대부분을 차지하고 있다.

세포벽 성분중 xylan과 cellulose는 그 구조에 있어서 6번 탄소에 xylan의 경우에는 H가 결합되어 있는 반면에, cellulose의 경우에는 CH, OH가 결합되어 있는 것을 제외하고는 기본적인 사슬은 glycosidic linkage로서 동일하기 때문에 식물체의 세포벽에 있어서 xylan도 cellulose의 수소결합을 형성할 수 있다(Theander와 Aman, 1984).

리그닌은 세포벽에 쌓여 표피를 형성하고 헤미셀룰로스와 공유결합을 함으로써 ligno-carbohydrate complex를 형성하게 된다. 리그닌은 에스테르 결합을 통해 당 잔기와 결합하며, 에스테르결합을 통해 유론산 잔기와 결합한다(Eriksson 등, 1980). 페놀산 단량체인 trans-ferulic acid와 trans-p-coumaric acid는 짚류의 세포벽 물질과 에스테르 결합을 하고 있으며(Higuchi 등, 1967; Hartley; 1973, 1981; Theander 등, 1981), ferulic acid는 비탄수화물 복합체인 리그닌(Higuchi 등, 1967)이나 suberin (Riley와 Kolattukudy, 1975)과 에스테르 결합을 형성하며, p-coumaric acid도 리그닌(Nakamura와 Higuchi, 1978; Nimz 등, 1981), 큐틴(Kolattukudy 등, 1981) 및 탄수화물(Hartley 등, 1976)등과 에스테르 결합을 하고 있다. 큐틴과 suberin은 식물체의 세포벽내에서 탄수화물과 결합되어 있는데(Kolattukudy 등, 1981), 식물체 표피의 큐틴막은 식물체 내부조직으로의 미생물 침투를 방해하는 장애물로서 작용하며(Moson 등, 1972; Akin, 1989), 실리카가 혼입되어 존재하는 경우에는 미생물에 의한 큐틴막의 분해는 더욱 어렵게 된다(Harbers 등, 1981). 그리고 큐틴막은 반추위내에서 미생물들에 의해 분해가 되지 않음이 전자현미경적인 관찰을 통해 확인되었다(Brazle과 Harbers, 1977; Akin과 Benner, 1988). 그러나 반추위내의 일부 혐기성 곰팡이의 경우에는 큐틴막을 파괴

(penetration)한다는 보고도 있다(Ho 등, 1988). 큐틴의 에스테르 결합은 일부 병원성 곰팡이 (Kolattukudy, 1980)나 호기성 박테리아 (Sebastian과 Kolattukudy, 1988)에 의해 분해되는 것으로 알려져 있으나 반추위내의 박테리아에 의해 분해된다는 보고는 없다.

짚류의 조직중 미생물에 의해 분해되기 어려운 조직으로는 표피 이외에도 후막 조직(Spencer 와 Akin, 1980; Harbers 등, 1982; Grent, 1991)과 유관속 조직(Akin, 1979; Spencer와 Akin, 1980; Harbers 등, 1982; Myung 등, 1987; Grenet, 1991)등이 있으며, 사부조직(Akin, 1979; Spencer와 Akin, 1980) 증가인데, 음수량의 증가는 결과적으로 반추위내의 사료의 통과속도를 증가시키게 됨으로써 사료의 소화율이 반추위내에서 실제로 소화될 수 있는 정도보다 낮게 될 수 있다(Maeng 등, 1971).

2. 벧짚의 암모니아 처리 방법

가성소다 처리에 의한 짚류의 사료가치 개선효과가 인정된 후 많은 연구자들이 화학물질을 이용한 짚류의 처리효과를 연구하였는데, 짚류의 암모니아처리 효과에 대한 연구는 Kronberger(1933)에 의해 최초로 암모니아의 처리농도에 따른 밀짚의 용해도 측정결과 암모니아 농도가 증가할 수록 밀짚의 용해도가 증가함을 보고하였다.

암모니아의 처리에 있어서 사용되는 암모니아 공급원의 종류는 무수암모니아, 수용성 암모니아 및 요소 등이 있는데, 무수암모니아는 거의 100%의 암모니아를 함유하고 있기 때문에 운반용적이 적고 짚속으로 쉽게 침투되는 잇점이 있는 반면 암모니아를 액체상태로 유지하기 위한 고압용기가 필요하고 암모니아가스의 잠재적 독성등의 단점이 있다(Sundstol과 Coxworth, 1984). 수용성 암모니아는 암모니아를 물에 녹인 용액으로서 일반적으로 25%의 암모니아 용액을 말하는데 일반적

으로 대기압상태에서 암모니아가 물에 용해될 수 있는 양은 온도에 따라 달라질수 있는데, 온도를 10, 20, 30 및 50℃ 로 증가할 수록 물 1 kg에 용해될 수 있는 암모니아 양은 각각 400, 342, 285, 237 및 185g으로 감소하게 된다(Sundstol과 Coxworth, 1984). 요소는 분자량이 60으로서 urease 에 의해 가수분해되면 두분자의 암모니아(MW 17)가 1분자의 이산화탄소(MW 44)와 함께 생성되게 된다. 그러므로 요소가 암모니아로 완전히 분해된다고 가정할 때 6.2%의 요소를 첨가하는 것은 3.5%의 암모니아를 첨가하는 것과 같다(Sundstol과 Coxworth, 1984).

암모니아의 처리 효과는 암모니아의 처리수준, 온도, 처리기간 및 수분함량등 여러가지 요인들의 의해 영향을 받는다(Westgaard, 1981). Waiss 등 (1972)은 2.6%의 암모니아를 처리했을때 보다 5.2%의 암모니아를 처리했을때 효소에 의한 벧짚의 분해율이 더 높았으며, 암모니아 처리 농도를 5.2%에서 10.8%으로 높이더라도 추가적인 효과는 적었다고 보고하였다.

Waagepetersen와 Thomsen(1977)은 보리짚에 각각 3.4, 4.4 및 5.9%의 암모니아를 15-55℃의 온도범위에서 처리하였을 때, 15 및 30℃에서 암모니아 처리수준의 증가에 따른 처리효과가 있었다고 하였으며, Sundstol 등(1978)은 호밀짚에 1~5% 수준으로 암모니아를 처리하였는데, *in vitro* 건물 소화율은 암모니아의 처리수준을 1%에서 2.5%로 증가시킬 때 현저히 개선되었으나 그 이상의 처리수준에서는 처리효과가 크지 않았다고 보고하였다. 따라서 암모니아의 적정 처리수준은 Kernan과 Spurr(1978)는 3.0~4.0%라고 하였으며, Sundstol 등(1979)은 2.5~3.5%라고 발표하였다.

암모니아 처리에 따른 화학반응은 일반적으로 저온에서 보다 고온에서 빠르게 진행되는데, Waagepetersen 등(1976)은 반응초기의 온도, 암모니아의 처리수준 및 수분함량 등에 따라 암모니아의 처리효과는 40~60℃에서 다양하게 나타난다고 하였다. Sundstol 등(1979)은 암모니아의 처리에 따른 반응온도를 -20℃에서 25℃로 높일 수록 호밀짚의 *in vitro* 건물 소화율이 개선되었다고 보고하였으며, 반응온도

의 증가에 따른 암모니아 처리효과의 개선은 다른 연구자들에 의해서도 보고된 바 있다(Peeker와 Pfeffer, 1977; Richte, 등 1980).

암모니아의 반응은 매우 느리게 진행되는데, 암모니아의 처리기간은 처리온도에 따라 달라진다. Sundstol 등(1978)에 의하면 반응온도가 17 및 25℃인 경우에는 호밀짚의 처리효과가 4주까지 증가하였으나, 반응온도가 -20℃ 및 4℃인 경우에는 처리에 따른 호밀짚의 *in vitro* 유기물 소화율이 8주까지 증가되었다고 보고하였다. 따라서 반응온도가 0℃이하인 경우에는 암모니아의 처리기간이 매우 길어지게 되는 반면에, oven에서 처리하는 경우에는 처리기간이 24시간 이하로 짧아지게 된다(Sundstol과 Coxworth, 1984).

Tohrai 등(1978)에 의하면, 볏짚을 2.5% 암모니아로 45℃에서 처리할 경우에는 처리기간이 5일이면 충분하다고 보고하였으며, Hartley와 Jones(1978)는 20℃에서 보리짚을 처리할 경우 처리기간을 1주에서 4주 및 13주까지 늘리더라도 *in vitro* 소화율의 개선효과는 없었다고 발표하였다.

수분함량은 암모니아의 처리효과에 영향을 미치는 또 다른 중요한 요소인데, Waiss 등(1972)은 처리시의 수분함량이 30%일때 암모니아의 처리효과가 가장 좋다고 보고하였으며 Sundstol 등(1979)은 짚의 수분함량을 12%에서 50%로 증가시킬 때 *in vitro* 건물 소화율이 개선되었다고 발표하였다. Borhami와 Sundstol(1982)은 호밀짚의 수분함량을 2.5, 5.0, 7.5 및 10.0%로 조정한 후 2%의 무수암모니아를 처리하여 *in vitro* 유기물 소화율을 측정한 결과 각각 52.1, 58.5, 59.1 및 66.0%로서 짚내의 수분함량이 증가할 수록 유기물 소화율도 증가한다고 보고하였다. 그러나 수분함량이 높은 경우에 처리효과가 좋다고 할지라도 저장성을 고려한다면 과다한 수분함량은 피하는 것이 바람직하다(Sundstol과 Coxworth, 1984).

암모니아 가스를 이용하여 처리할 경우에는 3%의 무수암모니아를 짚류에 처리하여 8주간 밀폐저장하며(Sundstol, 1978), 암모니아 용액인 경우에는 짚 1kg당

25%의 암모니아 용액 120g을 처리하여 8주간 밀폐저장 한다(Sundstol과 Coxworth, 1984). 요소처리는 5%의 요소용액을 짚과 1:1 비율로 혼합하여 8주간 밀폐저장 한다(Wanapat 등, 1982).

암모니아 처리후에는 미반응 암모니아를 증발시켜야 하는데, 이때 증발에 필요로 하는 시간은 외부온도, 짚내의 수분함량, 짚의 밀도, 풍속 등에 따라 달라지게 된다. 일반적으로 외부온도가 낮고, 짚내의 수분함량이 높으며, 과적으로 인해 짚의 밀도가 높고, 풍속이 약할 경우에는 암모니아의 증발시간이 길어지게 된다(Sundstol과 Coxworth, 1984).

암모니아 처리시 날가리식 처리방법(Stack method)은 외부온도가 낮을 경우에는 암모니아 처리에 필요로 하는 시간이 매우 길어지게 되는데, 이러한 문제점을 개선하기 위한 방법으로 뜨거운 암모니아 가스를 처리용기내에서 순환시키면서 짚을 처리하는 오븐식 방법이 개발되었는데(Busk와 Kristensen, 1977), 오븐식으로 짚을 처리할 경우에는 처리시간이 24시간 이내로 단축된다.

요소를 처리할 경우에는 짚류를 분쇄하여 펠렛팅 하는 과정에서 사용하기도 하고(Marienburg와 Bergner, 1975; Bergner 등, 1974) 농장에서 요소용액을 짚류와 혼합하는 형태로 사용하기도 한다(Ahmed와 Dolberg, 1980). 일반적으로 암모니아의 처리효과는 미처리사의 소화율이 낮은 짚류에 더욱 크게 나타나므로(Kernan 등, 1979, 1981; Horton과 Steacy, 1979; Horton, 1981; Kiangi 등, 1981) 유기물 소화율이 65-70%이상인 사료에서는 보존제로서의 역할 이외의 암모니아 처리효과는 없다고 Winther(1978)가 보고하였다.

3. 암모니아 처리효과

가. 조성분의 변화

짚류에 대한 알칼리처리는 헤미셀룰로스에 존재하는 유론산 잔기와 리

그닌사이의 에스테르 결합을 비누화(saponification)시키게 되며, 알칼리 처리가 높은 온도에서 이루어질 경우에는 일련의 반응을 통해 리그닌 화합물의 phenylpropane 단위체 사이의 에테르 결합이 파괴되어 유리 페놀산이 생성됨으로써 리그닌의 분자량이 감소하고, 헤미셀룰로스와 에테르 결합이 파괴되어 알칼리 용액내에서의 리그닌의 용해성이 증가하게 된다(Theander와 Aman, 1984)

암모니아 처리시 짚류의 화학성분 중 가장 현저한 변화를 나타내는 것은 조단백질 함량의 증가로서, 일반적으로 무처리짚에 비하여 처리짚의 조단백질 함량은 2-3배 증가하는 것으로 알려져 있다(Horton, 1978; Horton과 Steacy, 1979; Kernan 등, 1979; Saenger 등, 1983; 김 등, 1986; 맹 등, 1986, 1987; 강 등, 1987; Han 등, 1989; Kim 등, 1990a).

암모니아 처리에 의한 짚류의 조단백질 함량의 증가는 암모니아 질소의 일부가 짚내에 축적되기 때문인데, 이러한 암모니아 질소의 짚내의 축적은 세포벽 구성성분 중 셀룰로스 및 헤미셀룰로스와 리그닌 사이의 결합을 변화시키면서 이루어진다고 하였다(Tarkow와 Feist, 1969). 암모니아 축적비율은 짚의 종류, 처리방법 및 수분함량등에 따라 달라지는데 (Waiss 등, 1972; Hartley와 Jones, 1978), Buettner 등(1982)은 57%, Lawlor와 O'Shea (1979) 및 Saenger 등(1982)은 50%, 그리고 Herrera-Saldana 등(1982)은 18%가 축적되었다고 보고하였다.

암모니아의 축적비율은 암모니아 가스보다 암모니아수로 처리하였을 때 (Herrera-Saldana 등, 1982; 맹 등, 1986, 1987), 낱가리식이나 사일로식에 비해 오븐식(thermo ammoniation)에서 그리고 낱가리식에 비해 조립식 간이 사일로에서 더 높게 나타났다(강 등, 1987).

암모니아 처리에 의한 세포벽구성성분의 감소는 많은 연구자들에 의해 보고되었는데(Oji 등, 1977; Garrett 등, 1979; Horton, 1981; 김 등, 1986; 맹 등, 1986, 1987; 강 등, 1987; 양 등, 1989; Han 등, 1989a), 세포벽 물질 중 헤미셀룰로스, 리그닌, NDF, ADF 및 실리카의 함량이 감소된다고 하였다.

나. 볏짚 섭취량 및 소화율

많은 연구자들이 암모니아 처리에 의해 저질조사료의 사료 섭취량이 개선된다고 보고하였으며(Oji 등, 1977; Horton, 1978; Horton과 Steacy, 1979; Lawlor와 O'Shea, 1979; Kiangi 등, 1981; Herrers-Saldana 등, 1982; Buettner 등, 1982; Saenger 등, 1982; Sundstol, 1984; Streeter와 Horn, 1984; Zorrilla-Rios 등, 1985; 김 등, 1986; 맹 등, 1986; 신 등, 1988, 1989; 양 등, 1989, 김 등, 1986; 김과 정, 1993), 저질조사료의 *in vitro* 및 *in vivo* 소화율도 암모니아 처리에 의해 향상된다고 보고하였다(Garrett 등, 1974; Oji 등, 1977; Horton, 1978; Horton과 Steacy, 1979; Lawlor와 O'Shea, 1979; Buettner 등, 1982; Saenger 등, 1982; Herrera-Saldana 등, 1982; Yoon 등, 1983, Faulkner 등, 1984; Smith 등, 1984; 맹과 김, 1984; Zorrilla-Rios 등, 1985; 김 등, 1986; 맹 등, 1986, 1987, 양 등, 1989; 신 등, 1989, 1990; 김 등, 1990; 김과 정, 1993).

화학적 처리에 의해 저질조사료의 사료 섭취량 및 소화율이 개선되는 정도는 화학제의 종류, 처리수준 및 처리방법, 짚의 종류 그리고 동물의 종류 등에 따라 다르게 나타나는데, Han과 Garrett(1986)이 여러 실험결과들을 분석하여 종합한 바에 의하면 알칼리 처리에 의한 저질조사료의 사료 섭취량 개선효과는 가성소다 처리시는 -21 - 82%의 범위로서 평균 36.8%, 암모니아 처리시는 -3 - 93%의 범위로서 평균 30.8%, 요소 처리시는 -31 - 124%의 범위로서 평균 24.1%, 과산화수소 처리시는 3 - 35%의 범위로서 평균 23.7% 그리고 가성소다처리 펠렛제조시에는 12 - 82%의 범위로서 평균 51.2% 수준이라고 발표하였다.

처리짚의 종류별 사료 섭취량의 개선효과는 볏짚, 보리짚, 밀짚 그리고 귀리짚에 있어서 암모니아처리의 경우에는 각각 28.1, 31.7, 30.7 및 23.3%로서 보리짚에 대한 처리효과가 가장 높았으며, 요소처리의 경우에는 각각 41.3, 10.8, 29.6 및 65.5%로서 귀리짚의 처리효과가 가장 높게 나타났으며, 동물의 종류에 따른 사료 섭취량의 개선효과는 면양, 산양, 육우 및 젖소에 있어서 암모니아 처리시는 34.2,

51.0, 30.7 및 7.8%였다(Han과 Garrett, 1986).

또한, 화학적 처리에 의한 저질조사료의 건물 소화율 개선효과는 평균적으로 암모니아 처리시 28.6%, 처리짚의 종류별 건물 소화율의 개선효과는 벃짚, 보리짚 및 밀짚에 있어서 암모니아 처리시는 각각 33.7, 30.4, 및 30.0%, 동물의 종류에 있어서는 면양, 육우 및 젖소의 경우에 암모니아 처리시는 각각 26.4, 10.5 및 36.8%로서 일반적으로 젖소에서 처리에 의한 소화율의 개선효과가 높았다(Han과 Garrett, 1986).

다. 반추위 발효특성

저질조사료에 알칼리처리를 할 경우 반추위내 미생물에 의한 세포벽 물질의 분해가 증가하게 됨으로써 반추위내의 발효성상이 영향을 받게 된다. 그러나 알칼리처리짚의 급여에 따른 반추위내의 pH, 휘발성 지방산 생산량 및 $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 농도 등의 변화는 연구자들에 따라 다소 상이한 결과를 나타내고 있는데, 이러한 것은 동물이 섭취하는 사료와 반추위내의 미생물군 및 동물체 간의 복잡한 상호작용을 반영하는 것이라고 할 수 있다.

암모니아 처리한 저질조사료 급여시에는 반추위내의 pH가 약간 감소하거나(Oji와 Mowat, 1980; De Faria와 Huber, 1984; Moore 등, 1986) 영향을 받지 않으며(Nelson 등, 1984; 신 등, 1990) 경우에 따라서는 오히려 증가한다는 보고도 있다(Itoh 등, 1975; 김과 정, 1993).

Horton(1978, 1979), Yoon 등(1983), 김 등(1986), 신 등(1990), Naseeven과 Kincaid(1992)는 암모니아처리 짚을 소나 면양에게 급여했을 때 반추위내의 총 휘발성 지방산의 생산량이 증가한다고 보고하였으며, Males와 Gaskins(1982) 및 김과 정(1993)은 암모니아 처리에 의해 반추위내의 총 휘발성 지방산의 생산량은 영향을 받지 않는다고 발표하였다. 암모니아처리 저질 조사료의 급여에 따른 반추위내의 주요 지방산 함량의 변화에 있어서 Horton(1979)은 초산은 감소한 반면 낙산

은 증가하였고, 프로피온산의 경우에는 변화가 없었다고 하였으며, Yoon 등(1983)은 초산은 증가한 반면 프로피온산의 함량은 변하지 않았다고 하였다. 한편 Males와 Gaskins(1982)는 초산과 낙산은 암모니아처리 저질 조사료의 급여시 감소한 반면 프로피온산의 함량은 증가한다고 보고하였다. 정 등(1986)은 암모니아처리 볏짚 급여시 각 휘발성 지방산의 농도가 변하지 않았다고 보고하였으나, 신 등(1990)은 암모니아처리 볏짚 급여시 각 휘발성 지방산의 농도가 증가하였는데, 이러한 증가는 암모니아의 처리에 의해 조단백질 수준이 증가되었기 때문이라고 보고하였다. 이 (1986)는 질소 섭취량과 총 휘발성 지방산 생산량과는 고도의 상관관계($r=0.87$, $p<0.01$)가 있다고 발표하였다.

반추위내의 $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 농도는 일반적으로 암모니아처리 저질 조사료의 급여시 증가하는 경향을 나타냈는데(Horton, 1978; Males와 Gaskins, 1982; Streeter와 Horn, 1984; 맹 등, 1986; 신 등, 1990; 김과 정, 1993), 암모니아처리 저질조사료의 급여에 따른 반추위내의 높은 $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 수준은 반추위내 미생물에 대한 에너지의 결핍이나 또는 질소원과 에너지원의 공급의 동기화(synchronization)가 이루어지지 않았음을 반영하는 것일 수도 있다(Mira 등, 1983).

라. 가축의 생산성

저질조사료에 대한 화학적 처리는 반추동물의 사료 섭취량과 소화율을 증가시켜 동물의 생산능력을 향상시키게 된다. 그러나 반추동물에 의한 화학적 처리 볏짚의 이용성은 총 사료내의 볏짚의 비율, 급여수준, 함께 급여하는 농후사료의 조성 및 처리용 화학제의 종류 등에 따라 달라진다.

육성 비육우에 대한 암모니아처리 볏짚의 급여효과를 보면, 무처리구 및 암모니아처리구에 농후사료와 목초사일레지의 급여량을 동일하게 했을 때 1일 증체량은 무처리구 530g, 암모니아처리구 660g으로서 암모니아처리 짚의 급여로 증체효과가 현저히 개선되었다(Pestalozzi 와 Matre, 1976).

Sundstol과 Matre(1980)는 무처리 짚의 경우 1.9kg의 농후사료를 보충하고, 암모니아처리 짚의 경우에는 1.25kg의 농후사료를 보충하여 육성중인 거세우에게 급여했을 때, 1일 증체량은 암모니아처리 짚의 급여로 인해 349g에서 434g으로 현저히 증가하였다고 보고하였다. 맹 등(1986)은 3% 암모니아가스 및 암모니아수 처리 벯짚을 육성 비육우에게 급여했을 때, 무처리 벯짚에 비해 사료섭취량은 암모니아가스 및 암모니아수 처리시에 각각 28.4 및 43.4%가 증가되었으며, 1일 증체량은 각각 20.8% 및 29.9%가 증가되었다고 보고하였다.

신 등(1988)은 한우에서 체중의 2% 농후사료와 함께 3% 암모니아처리 벯짚을 급여했을 때 무처리 벯짚 급여시에 비해 1일 증체량은 910g에서 1,000g으로, 도체율은 55.7%에서 56.7%로 향상되었다고 발표하였다.

Kim 등(1990a)은 4%의 암모니아 및 가성소다를 각각 처리한 벯짚을 숫송아지에게 급여했을 때, 사료섭취량은 무처리 벯짚 2.53kg에 비해 암모니아 및 가성소다처리 벯짚의 경우 각각 3.06 및 3.04kg으로서 현저히 증가되었으며, 1일 증체량도 벯짚 급여시 810g에 비해 암모니아 및 가성소다처리 벯짚 급여시에 각각 960 및 880g으로서 현저히 증가되었다고 보고하였다.

Foldager(1978)는 젖소의 처녀우에 있어서 1.3kg의 당밀과 사탕무우 및 0.6kg의 대두박과 함께 암모니아처리 보리짚을 급여할 경우에 사료섭취량은 7%, 1일 증체량은 106g이 개선되었다고 보고하였으며, Arnason(1980a)은 대조구에 비해 농후사료 급여량을 1.3kg 적게하여 가성소다처리 보리짚과 함께 급여했을 때 1일 증체량이 대조구의 707g에 비해 772g으로 증가함을 보고하였다.

젖소 처녀우에게 보리짚만을 급여하는 경우에는 3.5% 암모니아처리로 인해 사료섭취량이 51% 증가하였으며, 무처리 보리짚 급여시에는 1일 447g의 체중의 감소함을 보였으나 암모니아처리 보리짚 급여시에는 1일 324g의 증체효과를 나타내었다(Orskov 등, 1981). Saenger 등(1983)은 0.9kg의 보충사료를 3% 암모니아처리 밀짚과 함께 급여할 경우 암모니아처리 밀짚의 사료섭취량이 30% 증가된다고 발

표하였다.

Kristense(1984)은 1일 600g의 증체를 요하는 젖소의 처녀우에 있어서 필요로 하는 영양소를 함유한 소화되기 쉬운 보충사료를 함께 급여할 경우에는 총 사료의 70~80%를 알칼리처리 짚으로 급여할 수 있으며, 알칼리처리 짚만으로서 질소, 광물질 및 비타민을 보충하여 공급할 경우에는 1일 400g의 증체가 가능하다고 보고하였다.

Rissanen과 Kossila(1977)는 목초사일레지의 급여량은 증가시키는 대신 농후사료의 급여량을 감소시키면서 무처리 및 암모니아처리 귀리짚을 젖소에게 급여했을 때, 귀리짚의 사료 섭취량은 암모니아처리에 의해 15% 증가되었으나 목초사일레지의 급여량이 건물기준 1kg 증가할 수록 암모니아처리 귀리짚의 건물섭취량은 0.6kg 감소하였으며, 농후사료의 급여량이 상당량 감소됨에도 불구하고 우유생산량에는 영향이 없었을 뿐아니라 젖소 체내의 에너지 균형은 암모니아처리 귀리짚 급여시에 개선됨을 보고하였다.

Hermanse(1983)은 28%의 무처리 보리짚과 41%의 암모니아처리 보리짚을 각각 젖소에게 급여했을 때 사료섭취량에는 차이가 없었으나 산유량은 각각 19.7 및 21.0kg, 그리고 유지율은 각각 3.89 및 4.12%로서 암모니아처리 보리짚 급여시에 현저히 높았다고 보고하였다.

마. 반추위내의 미생물군에 미치는 영향

반추위내의 미생물 군(rumen microbial population)은 급여하는 사료의 종류, 급여수준 및 급여횟수, 동물체의 개체변이 및 항생제 등의 첨가여부 등에 따라 영향을 받게 되며, 그 중에서도 특히 사료에 의한 영향이 가장 큰 것으로 알려져 있다(Dehority와 Orpin, 1988).

반추위내에는 대략 10^{11}ml^{-1} 정도의 박테리아(bacteria)가 존재하고 있는데 (Hungate, 1966), 박테리아의 군집은 일반적으로 농후사료의 급여비율이 높을 때

증가하는 것으로 알려져 있으나(Bryant와 Robinson, 1961; Caldwell과 Bryant, 1966; Hungate, 1966; Grubb와 Dehority, 1975, 1976; Mackie와 Gilchrist, 1979; Dehority와 Grubb, 1980; Leedle과 Hespell, 1980), 조사료의 급여 비율이 높을 때 비슷하거나 또는 오히려 증가한다는 보고도 있다(Bryant와 Robinson, 1968; Latham 등, 1971; Dehority와 Grubb, 1977; Van der Linden 등, 1984; Leedle 등 1986).

Minato 등(1989)은 농후사료의 급여량은 일정하게 유지하고, 조사료의 종류를 티모시 건초와 알팔파큐브의 혼합사료, 암모니아처리 볏짚을 급여했을 경우에 다른 조사료 급여시에 비해 섬유소 분해성 박테리아의 군집은 높았던 반면 황환원성 박테리아(Sulfate reducing bacteria)의 군집은 낮았으며, 총 박테리아 및 기타 기능별 박테리아의 군집에는 차이가 없었다고 보고하였다. 그리고 암모니아처리 볏짚 급여시에는 *Eubacterium* spp., *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus* 및 *Succinivibrio* spp. 등의 박테리아가 우세했던 반면에, 무처리 볏짚 급여시에는 *Bacteroides* spp. 와 *Butyribifrio* spp.가 우세했다고 보고하였다.

반추위내의 프로토조아(protozoa)의 군집은 $10^5 \sim 10^6 \text{ml}^{-1}$ 범위로서(Hungate, 1966), 일반적으로 사료내의 가용성 탄수화물의 함량이 높을 경우에 증가하는 것으로 알려져 있다(Nakamura와 Kanegasaki, 1969; Abe 등, 1973; Michalowski, 1975; Grubb와 Dehority, 1975; Dehority와 Mattos, 1978; Dennis 등, 1983). 그러나 사료내의 농후사료의 비율이 60% 이상으로 증가하게 되면 반추위내의 pH가 감소하게 됨으로써(Abe 등, 1973; Mackie 등, 1978; Wedekind 등, 1986) 그 결과 반추위내의 프로토조아의 군집이 감소하거나 또는 완전히 사라져 버리게 되는 결과를 초래하기도 한다(Latham 등, 1971; Vanev 등, 1972; Abe 등, 1973; Schwartz와 Gilchrist, 1975; Maekie 등, 1978).

따라서 사료내에 40~50%의 조사료가 함유될 때 반추위내에 존재하는 다양한 종류의 프로토조아의 군집이 최대수준을 유지하는 것으로 보인다(Dehority 와

Orpin, 1988). 그리고 반추위내의 프로토조아의 군집을 유지하기 위해서는 단단한 고형물의 시료입자를 필요로 하는데 (Nakamura와 Kurihara, 1978; Czerkawski와 Breckenridge, 1979), 반추위내 프로토조아들은 단단한 사료입자에 붙어 있으며, 반추위액과 더불어 하부소화기관으로 빠져 나가는 프로토조아는 사료입자와 결합된 프로토조아의 10~20% 정도라고 보고하였다.

반추위내의 총 프로토조아의 군집은 저질조사료의 알칼리 처리에 의해 영향을 받지 않는 것으로 보이며(Minato 등, 1989), 그러나 *Entodinium* spp. 는 암모니아 처리 볏짚 급여시에 증가한 반면에 *Dasytricha* spp.는 무처리 볏짚 급여시에 증가되었다(Minato 등, 1989).

반추위내의 곰팡이 군집은 주로 사료내의 섬유소 함량이 높을 때는 증가하나 (Bauchop, 1981; Grenet 등, 1989) 사탕무우(Grenet 등, 1989b), 수분이 많은 어린 목초나 다엽식물(Bauchop, 1979, 1981, 1989) 또는 곡류(Bauchop, 1979, 1981; Gordon, 1985; Grenet 등, 1988, 1989)를 급여할 경우에는 감소한다. 연한 다엽식물을 섭취할 경우 반추위내의 곰팡이의 군집이 감소하거나 또는 사라져 버리게 되는 것은 반추위내에서의 이들 식물체의 turnover time이 5~8시간 정도로 매우 짧음으로써 곰팡이들이 반추위내에서 정상적으로 군집을 유지할 수 없기 때문이다 (Bacuhop., 1989). 그리고 곡류를 섭취한 동물의 경우에 곰팡이의 군집이 감소하게 되는 것은 곡류섭취로 인해 반추위내의 pH가 저하됨으로써 곰팡이의 발생이 억제되기 때문이다(Fonty와 Joblin, 1991).

조사료 입자에 대한 섬유소분해성 박테리아의 부착은 주로 외피의 손상된 부위나 절단면 부분을 통해서 이루어지며(Latham 등, 1978a,b; Akin, 1989), 물리적인 손상이 없는 식물체의 경우에는 식물체의 기공을 통하여 내부조직으로의 미생물의 접근이 이루어지게 된다(Cheng 등, 1980, 1983/84).

Spencer와 Akin(1980)은 알칼리처리시 Bermudagrass 잎의 후막조직의 분해는 상당히 증가하였으나 목질부와 유관속 조직의 분해는 일어나지 않았다고 보고하였

으며, 이러한 경향은 알칼리처리 Bermudagrass의 줄기의 경우에 있어서도 보고되었다(Spencer 등, 1984). Harbers 등(1982)은 밀짚에 암모니아를 처리했을 때, 줄기 내피의 큐틴막이 파괴되고 그에 따라 주변의 유조직이 분리되었으나 유관속조직이나 표피의 큐틴막이나 실리카 또는 목질화가 심한 후막조직의 구조에는 아무런 효과가 없었으며, 암모니아처리로 인해 미생물에 의한 유조직의 분해는 향상되었으나 후막조직, 유관속, 표피의 큐틴막 및 표피조직의 분해에는 효과가 없었다고 보고하였다.

일반적으로 소화가 용이한 유조직에는 상당량의 박테리아가 군락을 형성하나, 두껍고 소화되기 어려운 유관속벽이나 후막조직에는 박테리아의 군락이 거의 형성되지 못하는 것으로 알려져 있다(Cheng 등, 1983/84). 미생물에 의한 식물체 조직의 분해에 있어서 식물체 조직과 미생물간의 상호작용은 미생물의 종류 및 조직의 형태에 따라 달라지게 되는데(Akin, 1986), 엽육과 같이 쉽게 소화되는 조직은 사료입자에 물리적으로 결합된 미생물들에 의해 분해되는 것이 아니라 주변에 존재하는 다른 미생물들에 의해 분해되며(Akin과 Rigsby, 1985), 반면에 표피등과 같이 소화되기 어려운 조직은 물리적으로 단단히 부착된 섬유소 분해성 박테리아들에 의해 분해된다(Akin, 1982; Akin과 Rigsby, 1985).

Akin(1989)은 Bermudagrass 잎의 후막조직 및 그 주변조직에는 박테리아가 쉽게 부착하여 조직을 분해시키나, 목질부와 유관속 조직에서는 박테리아의 부착이 일어나지 않았다고 하였으며, 반추위내의 프로토조아도 식물체조직에 군락을 형성하여 조직을 분해시킨다고 보고하였다(Amos와 Akin, 1978; Bauchop, 1980). 북방형 목초잎의 소화되기 쉬운 엽육조직등에는 프로토조아의 부착 및 그에 따른 조직의 분해가 쉽게 일어났으나, 남방형 목초의 경우에는 프로토조아의 부착 및 조직의 분해가 일어나지 않았다고 하였다(Amos와 Akin, 1978). Bauchop(1979)은 두과 목초를 반추위내에서 배양하였을 때 상당량의 프로토조아가 줄기의 손상된 부위에 부착되었으며, 특히 피층과 사부조직에서 부착정도가 가장 높았다고 보고하였다.

Orpin(1975)은 혐기성 곰팡이도 반추위내 미생물의 중요한 구성원 중의 하나라는 사실을 밝혔는데, 이들 곰팡이들은 목질화되지 않은 식물체의 조직을 분해할 뿐만아니라(Akin등, 1983b) 박테리아에 비해 목질화된 섬유소 조직에의 부착이 보다 쉽게 일어난다고 하였다(Bauchop, 1979b; Orpin, 1983/84; Akin과 Rigsby, 1987; Ho 등, 1988, 1991). 그리고 곰팡이는 박테리아에 비해 후막조직을 보다 쉽게 분해시키며, 목질부와 유관속 조직(Akin, 1989) 및 큐틴막(Ho 등, 1988; Akin, 1989)을 파괴시키기도 한다.

사료입자에 대한 곰팡이의 부착이 매우 빠르게 일어나는데, Ho 등(1991)은 볏짚을 반추위내에서 배양하였을 때, 배양 15분 후에 곰팡이의 유주자가 볏짚에 부착하였으며, 30분 후에는 많은 유주자가 증식된다고 보고하였고, 곰팡이의 유주자는 주로 기공이나 표피의 파괴된 부위에 부착되는 것으로 알려져 있다(Orpin, 1977; Bauchop, 1979; Akin 등, 1983; Ho 등, 1991).

반추위내의 혐기성 곰팡이에 의한 식물체 조직에의 군락형성은 알칼리 처리등에 의해서는 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있는데, Grenet과 Barry(1988)는 밀짚에 암모니아를 처리했을 때 곰팡이의 군락형성은 암모니아 처리에 의해 영향을 받지 않았다. 그리고 Wuliji와 McManus(1988)는 사탕수수 부산물, 귀리짚 및 밀짚의 경우에는 암모니아 처리에 의해 곰팡이의 군락형성에 차이가 없었으나 수수대, 귀리껍질 및 알팔파 줄기의 경우에는 암모니아처리시 곰팡이의 군락형성이 현저히 증가되었다고 보고하였으며, Ho 등(1991)은 야자유추출 부산물에 암모니아를 처리했을 때 곰팡이의 군락형성은 영향을 받지 않았다고 발표하였다.

4. 암모니아 처리의 작용기전

저질조사료에 대한 화학적 처리는 사료섭취량, 소화율 및 동물의 생산능력을 향상시키는데(Jackson, 1977; Klopfenstein, 1978; Han과 Garrett, 1986), 저질조사료의 경우에 사료섭취량은 동물의 생산능력을 좌우하는 가장 큰 요인으로 작

용한다(Zorrilla-Rios 등, 1985). 그리고 사료섭취량은 조사료의 화학적 조성(Van Soest, 1965), 물리적 특성(Balch, 1971; Seoane 등, 1982), 소화정도 및 속도 그리고 소화관에서의 통과속도(Berger 등, 1980; Welch, 1982) 등에 의하여 영향을 받는다.

화학적 처리에 의한 저질 조사료의 사료가치 향상은 처리에 따른 식물체의 화학성분의 변화 뿐만 아니라 조직의 변형 및 파괴에서 기인되는 복합적인 효과라고 알려져 있다(Engels, 1987; Van der Meer와 Van Ex, 1987).

암모니아 처리에 의한 저질 조사료의 사료가치 개선효과는 기호성의 향상(Eawlor와 O'Shea, 1979), 세포벽의 팽창에 따른 제1위 미생물의 소화작용 증대(Horton, 1981), 리그닌과 구조적 탄수화물 사이의 에스테르 결합의 파괴(Buettner 등, 1982), 셀룰로스과 헤미셀룰로스의 용해성의 증가(Streeter와 Horn, 1982) 및 조단백질 함량의 증가(Saenger 등, 1982)등에 의한 것이다. 그리고 알칼리처리에 의한 식물체 조직의 파멸성(fragility)의 증가(Tarkow와 Feist, 1969; Sriskandarajah 등, 1980; Dunlop와 Kjellaway, 1980; Zorrilla Rios 등, 1984, 1985; Gould, 1985)도 저질 조사료의 사료섭취량 및 소화율 증가에 기여한다. 식물체에 있어서 세포벽과 같은 구조성 조직의 물리적인 강도가 가장 높기 때문에, 이들 조직의 건물 분해는 결과적으로 물리적인 강도가 감소된 결과라고 할 수 있으며(Akin 등, 1983a, 1989; Akin, 1989) 그리고 물리적인 강도의 감소는 구조성 조직의 소화속도를 반영한다고 할 수 있다(Akin 등, 1989).

Laredo와 Minson(1973)은 목초의 잎과 줄기의 소화율이 비슷한 경우에도 잎의 섭취량이 줄기보다 높은데, 이는 식물체 조직의 파쇄에 요구되는 힘이 줄기에 비하여 잎의 경우에 훨씬 적기 때문이라고 보고하였다.

Spencer와 Akin(1980)은 Bermudagrass에 알칼리를 처리했을 때, 세포와 세포 사이의 중간막(middle lamena)에 존재하는 펙틴이 분해됨으로써 펙틴에 의해 결합되어 있던 세포벽들이 분리되고, 그 결과 목질화된 조직들의 물리적인 구조가 파

괴됨으로써 미생물에 의한 분해작용이 증가된다고 보고하였다. Ito 등(1981)은 암모니아처리시 벧짚의 유관속초와 사부조직이 파괴된다고 발표하였으며, Harbers 등(1982)은 밀짚에 암모니아처리시 줄기의 내피에 존재하는 큐틴막과 유조직이 파괴되고, 리그닌 함량이 감소하며, 세포벽 사이의 중간막에 존재하는 펙틴이 제거되거나 구조가 바뀌게 됨으로써 미생물에 의한 조직의 분해가 향상된다고 하였다.

Goto 등(1993)은 보리짚의 암모니아 처리시 줄기의 내피층과 유조직이 파괴됨으로써 식물체의 내부조직으로의 반추위내 미생물의 접근이 용이하게 되어 보리짚의 분해율이 증가된다고 보고하였다.

5. 암모니아 처리 벧짚 급여시의 문제점

암모니아처리 짚의 독성문제는 Perdok과 Leng(1985)에 의해 최초로 보고되었는데, 85℃ 이상의 고온에서 단시간 동안 암모니아를 처리할 경우 4-methylimidazol등의 독성물질이 생성됨으로써 가축에게 과민성 흥분증(hyperexcitability)을 유발하게 된다고 하였다. 이와 비슷한 결과는 Simms 등(1984)에 의해서도 보고된 바 있다. Perdok와 Leng(1987)은 과민성 흥분증의 발생에 대한 암모니아처리시의 온도의 영향을 조사했는데, 암모니아 처리 후 벧짚내의 온도가 72℃에 달한 경우에는 예외없이 처리벧짚 급여 4일 후에 과민성 흥분증이 발생함을 보고하였다. Garrido 등(1992)은 난가리식으로 암모니아를 처리한 짚을 소와 면양에게 급여했을 때 일부에서 과민성 흥분증이 발생됨을 보고하였는데, 독성을 나타낸 암모니아처리 짚의 특성은 조단백질, 총 페놀산 및 용해성 페놀산의 함량이 무독성 처리짚에 비해 현저히 높았으며, 분석결과 암모니아 처리시의 독성물질로 알려진 4-methylimidazol의 성분이 검출되지 않는 것으로 보아 이 물질 이외의 다른 독성물질의 존재 가능성을 보고하였다. 그리고 암모니아 처리시 독성을 나타낸 처리짚의 경우에 용해성 페놀산의 함량이 현저히 증가되었는데 이러한 것은 암모니아 처리에 따른 잠재적인 독성을 예측할 수 있는 지표로 이용될 수 있다.

제 3 장 암모니아 처리볏짚 급여 목장 실태조사

제 1 절 서 론

현재 볏짚의 결속방법이 기계화 되면서 결속상태가 강한 사각곤포, 원형곤포 및 압착볏짚의 경우 암모니아 처리상태가 매우 불량하여 8주간 저장 후에도 날가리 바깥쪽만 색상이 변하고 안쪽은 거의 변하지 않기 때문에 암모니아처리에 의한 영양적 가치증진이 의심스러워 암모니아 처리기간 및 처리수준에 대한 실험결과를 이용한 적합한 처리방법의 연구가 요구되어 왔다.

가성소다 처리에 의한 짚류의 사료가치 개선효과가 인정된 후 많은 연구자들이 다른 화학제들을 이용하여 짚류의 처리효과를 연구하였는데, 그 중에서도 짚류의 암모니아처리 효과에 대한 연구는 Kronberger(1933)에 의해 최초로 체계적으로 이루어졌다.

Sundstol 등(1978)에 의하면 반응온도가 17 및 25℃인 경우에는 호밀짚의 처리효과가 4주까지 증가하였으나, 반응온도가 -20℃ 및 4℃인 경우에는 처리에 따른 호밀짚의 *in vitro* 유기물 소화율이 8주까지 증가된다고 보고하였다. Tohrai 등(1978)에 의하면, 볏짚을 2.5% 암모니아로 45℃에서 처리할 경우에는 처리기간이 5일이면 충분하다고 하였으며, Hartley와 Jones(1978)는 20℃에서 보리짚으로 처리할 경우 처리기간을 1주에서 4주 및 13주까지 늘리더라도 *in vitro* 소화율의 개선 효과는 없었다고 하였다.

수분함량은 암모니아의 처리효과에 영향을 미치는 또 다른 중요한 요소인데, Weiss 등(1972)은 처리시의 수분함량이 30%일때 암모니아의 처리효과가 가장 좋다고 하였으며 Sundstol 등(1979)은 짚의 수분함량을 12%에서 50%로 증가시킬 때 *in vitro* 건물 소화율이 개선되었다고 보고하였다.

암모니아 처리후에는 미반응 암모니아를 증발시켜야 하는데, 이때 증발에 필요로 하는 시간은 외부온도, 짚내의 수분함량, 짚의 밀도, 풍속 등에 따라 달라지게

된다. 일반적으로 외부온도가 낮고, 짚내의 수분함량이 높으며, 과적으로 인해 짚의 밀도가 높고, 풍속이 약할 경우에는 암모니아의 증발시간이 길어지게 된다 (Sundstol과 Coxworth, 1984).

암모니아 처리에 의한 짚류의 조단백질 함량의 증가는 암모니아 질소의 일부가 짚내에 축적되기 때문인데, 이러한 암모니아 질소의 짚내의 축적은 세포벽 구성 성분 중 셀룰로스 및 헤미셀룰로스와 리그닌 사이의 결합을 변화시키면서 이루어진다 (Tarkow와 Feist, 1969). 암모니아 축적비율은 짚의 종류, 처리방법 및 수분함량 등에 따라 달라지는데 (Waiss 등, 1972; Hartley와 Jones, 1978), Buettner 등 (1982)은 57%, Lawlor와 O'Shea (1979) 및 Saenger 등(1982)은 50%, 그리고 Herrera-Saldana 등(1982)은 18%가 축적되었다고 발표하였다.

화학적 처리에 의해 저질조사료의 사료 섭취량 및 소화율이 개선되는 정도는 화학제의 종류, 처리수준 및 처리방법, 짚의 종류 그리고 동물의 종류 등에 따라 다르게 나타나는데, Han과 Garrett(1986)이 여러 실험결과들을 분석하여 종합한 바에 의하면 알칼리 처리에 의한 저질조사료의 사료 섭취량 개선효과는 가성소다 처리시는 -21 - 82%의 범위로서 평균 36.8%, 암모니아 처리시는 -3 - 93%의 범위로서 평균 30.8%, 요소 처리시는 -31 - 124%의 범위로서 평균 24.1%, 과산화수소 처리시는 3 - 35%의 범위로서 평균 23.7% 그리고 가성소다처리 펠렛제조시에 12 - 82%의 범위로서 평균 51.2% 수준이라고 하였다.

알칼리처리짚의 급여에 따른 반추위내의 pH, 휘발성 지방산 생산량 및 $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 농도 등의 변화는 연구자들에 따라 다소 상이한 결과를 나타내고 있는데, 이러한 것은 동물이 섭취하는 사료와 반추위내의 미생물군 및 동물체 간의 복잡한 상호작용을 반영하는 것이라고 할 수 있다.

암모니아 처리한 저질조사료 급여시에는 반추위내의 pH가 약간 감소하거나(Oji와 Mowat, 1980; De Faria와 Huber, 1984; Moore등, 1986) 영향을 받지 않으며 (Nelson 등, 1984; 신 등, 1990) 경우에 따라서는 오히려 증가한다는 보고도 있다

(Itoh 등, 1975; Garrett 등, 김과 정, 1993)

Horton(1978), Yoon 등(1983), 김 등(1986), 신 등(1990), Naseeven과 Kincaid(1992)는 암모니아처리 짚을 소나 면양에게 급여했을 때 반추위내의 총휘발성 지방산의 생산량이 증가함을 보고하였으며, 반면에 Males와 Gaskins(1982), 김과 정(1993)은 암모니아 처리에 의해 반추위내의 총휘발성 지방산의 생산량은 영향을 받지 않았다고 하였다.

저질조사료에 대한 화학적 처리는 반추동물의 사료 섭취량과 소화율을 증가시키며, 따라서 동물의 생산능력을 향상시키게 된다. 그러나 반추동물에 의한 화학적 처리 짚의 이용성은 총 사료내의 짚의 비율, 급여수준, 함께 급여하는 사료의 조성 및 처리화학제의 종류 등에 따라 달라진다.

육성 비육우에 대한 암모니아처리 짚의 급여효과를 보면, 무처리구 및 암모니아처리구에 있어서 농후사료와 목초사일레지의 급여량을 동일하게 했을 때 1일 증체량은 무처리구 530g, 암모니아처리구 660g으로서 암모니아처리 짚의 급여로 인해 증체효과가 현저히 개선되었다(Pestalozzi 와 Matre, 1976). 신 등(1988)은 한우에게 체중의 2% 수준의 농후사료와 함께 3% 암모니아처리 볏짚을 급여했을 때 무처리 볏짚 급여시에 비해 1일 증체량은 910g에서 1,000g으로, 도체율은 55.7%에서 56.7%로 향상되었다고 발표하였다.

우리나라 볏짚의 수거형태가 인력결속에서 기계를 이용하는 사각곤포, 원형곤포 및 압착볏짚 형태로 급속히 바뀌고 있으나 농가에 널리 보급되어 있는 암모니아 처리기간 및 처리농도는 기존의 인력결속 연구결과를 적용하므로써 처리기간 및 처리수준에 관하여 많은 문제가 제기되어 효과가 인정된 암모니아 처리에 관하여 부정적인 반응이 고조되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 전국의 낙농 및 비육우 사육농가에 대한 설문조사와 각도별로 20여곳의 낙농 및 비육농가에 관한 방문조사를 통하여 ① 축군구성과 우유 생산량 및 비육효과, ② 사료급여 및 사육관리 실태, ③ 암모니아 처리볏짚 장기급여

시 축우의 번식상황 및 질병발생 조사, ④ 낙농가 및 비육농가의 경제성 분석, ⑤ 암모니아 처리뒤짚 제조 및 급여에 관한 농가의 반응 및 의견을 조사하고 분석하여 뒤짚의 암모니아 처리에 관한 문제점을 개선하여 처리효과 및 뒤짚의 이용율을 극대화하고자 수행하였다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 조사대상 목장 선정 및 조사시기

전국의 낙농가 및 비육농가중 무작위로 각각 2,500여 농가를 선정하여 1995년 6월부터 동년 9월까지 설문조사를 실시하였으며, 같은시기에 도별로 20농가를 방문하여 설문지를 중심으로 조사하여 남부(전라남.북도, 경상남.북도), 중부(충청남.북도) 및 북부권(경기도, 강원도)으로 조사결과를 통합하였다.

남부권(영.호남지방)에 대한 비육실태 조사결과 각도별로 분석가능한 조사자료 수는 각각 전라남도 48, 전라북도 45, 경상남도 45, 경상북도 49건이었고, 중부권(충청지방)은 충청남도 43 및 충청북도 44건이었으며, 북부권(강원, 경기지방)은 강원도 48 및 경기도 47건이었다.

남부권(영.호남지방)에 대한 낙농실태 조사결과 각도별로 분석가능한 조사자료 수는 각각 전라남도 44, 전라북도 40, 경상남도 40, 경상북도 63건이었으며 중부권(충청지방)은 충청남도 43 및 충청북도 43건이었고 북부권(강원, 경기지방)은 강원도 37 및 경기도 86건이었다.

2. 조사항목 및 통계분석

설문조사 및 방문조사시 조사항목은 비육목장의 경우 (1) 목장의 운영상황, (2) 보유시설 및 형태, (3) 기계보유 상황, (4) 사육상황, (5) 비육 및 번식비율, (6) 송아지 입식상황, (7) 밀소 구입상황, (8) 평균 비육기간 및 출하조건, (9) 출하방법, (10) 비육대상 암소의 조건, (11) 거세상황, (12) 사양일지 기록상황, (13) 사양관리 방법, (14) 배합사료 급여방식 및 기준, (15) 보충사료 급여상황, (16) 증체량 향상 및 고급육 생산방안, (17) 사일리지 급여상황, (18) 사료작물과 급여상황 (19) 초지 이용상황, (20) 이용벼짚 결속형태 및 사용량, (21) 암모니아 처리상황, (22) 암모니아 처리기간, (23) 암모니아 처리량, (24) 암모니아 처리상태, (25) 암모니아

처리 및 이용시 문제점, (26) 목장운영의 문제점, (27) 질병상황, (28) 폐사두수, (29) 육질등급 및 조수입, (30) 애로사항, 정부건의사항 및 향후 목장 운영계획등을 조사하였다.

낙농목장의 경우 (1) 목장의 운영상황, (2) 보유시설 및 형태, (3) 기계보유 상황, (4) 사육상황, (5) 산유량 및 원유등급, (6) 젖소도태기준, (7) 사양일지 기록상황, (8) 사양관리 방법, (9) 배합사료 급여방식 및 기준, (10) 보충사료 급여상황, (11) 산유량 향상 및 고품질 우유 생산방안, (12) 사일리지 급여상황, (13) 사료작물과 급여상황 14) 초지 이용상황, (15) 이용벼짚 결속형태 및 사용량, (16) 암모니아 처리상황, (17) 암모니아 처리기간, (18) 암모니아 처리량, (19) 암모니아 처리상태, (20) 암모니아 처리 및 이용시 문제점, (21) 목장운영의 문제점, (22) 질병상황, (23) 조수입, (24) 애로사항, 정부건의사항 및 향후 목장 운영계획등을 조사하였다.

조사결과는 t-test와 분산분석후 Duncan의 다중검정법(1955)으로 평균치간의 유의성을 검정하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 지역별 비육목장의 사육실태 및 벗짚이용 현황

가. 남 부 권

남부권(영.호남지방)에 대한 사육실태 조사결과 각도별로 분석가능한 조사자료수는 각각 전라남도 48, 전라북도 45, 경상남도 45, 경상북도 49건이었다.

남부권의 비육농가현황은 Table 1에서 보는 바와 같이 목장관리는 축주 73.5%, 축주와 고용인 16% 및 고용인 10%로 축주의 관리비율이 높았으며($p<.05$), 전남의 경우 타도와 달리 고용인의 비율이 26.3%로 높고 축주의 비율이 57.9%로 상대적으로 낮았으나($p<.05$), 각도가 유사한 경향을 나타냈다.

평균 한우사육 두수는 전라남도 50.1, 전라북도 36.9, 경상남도 53.3, 경상북도 60.3두로 평균 50.2두를 사육하고 있었으며, 비육농가의 90% 이상이 한우위주로 경영하고 있었다.

사육형태는 52.4%가 비육만을, 26.7%가 번식만을 하고 있고, 나머지 20.9%는 시세에 따라서 비육과 번식을 겸하고 있었다. 도별로는 전남이 비육과 번식을 겸하는 비율이 41.2%로 타지역에 비하여 유의적으로 높았으며($p<.05$), 경북의 비육비율이 72.5% 높게 나타났다.

사양관리는 27.3%가 TMR 사양관리 형태인데 비하여 72.7%가 개체관리 형태를 취하고 있으며, TMR 사양관리를 하는 가장 큰 요인이 인력부족인 것으로 조사되었다.

Table 1. General information on parameters of beef farms in the Southern area

Item	Chunnam	Chunbuk	Kyungnam	Kyungbuk	Mean
Management(%)					
Owner	57.9 ^b	78.6 ^a	78.5 ^a	78.9 ^a	73.5 ^c
Owner+Employee	15.8	14.3	17.9	15.8	16.0 ^d
Employee	26.3 ^a	7.1 ^b	3.6 ^b	5.3 ^b	10.5 ^d
No. of Hanwoo(head)	50.1	36.9	53.3	60.3	50.2
Feeding types(%)					
Fattening(F)	29.4 ^b	46.2 ^{ab}	61.5 ^a	72.5 ^a	52.4 ^c
Reproduction(R)	29.4	35.2	23.1	19.2	26.7 ^d
F+R	41.2 ^a	18.6 ^b	15.4 ^b	8.3 ^b	20.9 ^d
Feeding system(%)					
Feedlot	71.4	72.7	80.0	66.7	72.7 ^c
TMR	28.6	27.3	20.0	33.3	27.3 ^d

^{a, b} Means with different superscripts in the same row differ significantly($p < .05$).

^{c, d} Means with different superscripts in the same column differ significantly($p < .05$).

남부권의 볏짚이용에 관한 일반적인 사항은 Table 2와 같이 44%가 인력결속 형태로 사각곤포 28.9%와 인력결속과 사각곤포 27.1% 보다 높은비율을 차지하고 있으나($p < .05$), 기계결속 및 인력결속과 사각곤포를 같이 사용하는 농가가 약 56%에 달하였다. 지역별로는 전남.북의 인력결속 이용율이 높는데 비하여 경남은 인력+사각의 비율이 높았으며 경북은 사각곤포의 이용율이 상대적으로 높았다.

암모니아 처리현황은 무처리 생볏짚만을 이용하는 농가가 53.9%로 높았으며 ($p < .05$), 19.3% 만이 암모니아 처리 볏짚만을 사용하고 있어 암모니아 처리 비율이 낮았고, 26.8%는 생볏짚과 처리볏짚을 같이 사용하고 있었다. 지역별로는 경

Table 2 . General information on the utilization of rice straw at beef farms
in the Southern area

Item	Chunnam	Chunbuk	Kyungnam	Kyungbuk	Mean
Binding types(%)					
Sheaf	52.6 ^a	54.5 ^a	30.0 ^b	38.9 ^{ab}	44.0 ^d
Square bale	26.3 ^b	9.1 ^c	30.0 ^b	50.0 ^a	28.9 ^c
Sheaf+Square bale	21.1 ^b	36.4 ^a	40.0 ^a	11.1 ^c	27.1 ^c
Feeding types(%)					
Untreated	52.9 ^a	54.6 ^a	69.2 ^a	38.9 ^b	53.9 ^d
NH ₃ treated	23.5 ^a	27.3 ^a	15.4 ^b	11.1 ^b	19.3 ^c
Untreated+NH ₃ treated RS	23.6 ^b	18.1 ^b	15.4 ^b	50.0 ^a	26.8 ^c
Weeks of NH ₃ treatments	9.6	9.5	9.8	9.4	9.6
Conditions of NH ₃ treated(%)					
Good	37.5 ^{ab}	57.1 ^a	42.9 ^{ab}	30.0 ^b	41.9 ^d
Common	37.5 ^b	42.9 ^b	14.3 ^c	60.0 ^a	38.7 ^d
Bad	25.0 ^{ab}	-	42.8 ^a	10.0 ^b	19.4 ^c
Intake of NH ₃ treated(%)					
Increase	94.6 ^a	96.5 ^a	93.2 ^a	69.2 ^b	88.4 ^d
Common	5.4 ^b	3.5 ^b	6.8 ^b	30.7 ^a	11.6 ^c
Efficacy of NH ₃ treatment					
Increase	62.5	66.7	71.4	55.6	64.0 ^d
Common	37.5	33.3	28.6	44.4	36.0 ^c

^{a, b, c} Means with different superscripts in the same row differ significantly($p < .05$).

^{d, c} Means with different superscripts in the same column differ significantly($p < .05$).

북의 암모니아 무처리비율이 상대적으로 낮고, 무처리와 처리벼짚의 공동 이용율이 높았다($p < .05$).

암모니아 처리기간은 9.6주로 영.호남 전지역이 유사하였으며 처리상태에 대하여는 약 42%가 만족하는 반면 보통과 불만족이 약 58%로 나타나 만족도가 낮았는데, 이는 기계결속 벼짚의 사용량이 증가하면서 단단한 결속으로 기존의 암모니아 사용량으로는 암모니아가 침투하지 못해 암모니아 효과에 대하여 의혹을 갖고 있기 때문으로 추정된다. 지역별로는 암모니아 처리 비율이 높은 경북의 만족도가 가장 낮게 나타나 처리비율과 반비례하는 경향을 나타냈다.

암모니아 처리에 대한 장점으로서는 벼짚 섭취량 증가가 약 88%, 영양성분 증가가 약 64%를 나타내($p < .05$) 암모니아 처리에 대하여는 긍정적인 생각인 것으로 나타났다.

따라서 암모니아 처리효과는 인정하나 현재의 처리상태에 대하여는 부정적인 것으로 나타나 기존의 처리방법에 대한 재고가 필요하다고 생각된다.

나. 중 부 권

중부권(충청지방)에 대한 사육실태 조사결과 각도별로 분석가능한 조사자료수는 충청남도 43건 그리고 충청북도 44건이었다.

중부권의 목장현황은 Table 3에서 보는 바와 같이 목장관리는 축주 82.2%, 축주와 고용인 6.6% 및 고용인 11.2%로 축주의 관리비율이 높았으며($p<.05$), 지역별로는 차이가 없었다.

평균 한우사육 두수는 54.2두로 충남.북이 각각 57.2두와 51.2두로 유사하였고, 남부권과 마찬가지로 비육농가의 90% 이상이 한우위주로 경영하고 있었다($p<.05$).

사육형태는 약 40%가 비육만을, 약 25%가 번식만을 하고 있고 나머지 35%는 시세에 따라서 비육과 번식을 겸하고 있어 영.호남권에 비하여 복합형태가 높았다. 지역별로는 충북의 번식 및 번식과 비육겸용 비율이 충청남도에 비하여 높게 나타난 반면($p<.05$), 충남의 경우 비육비율이 높았다($p<.05$).

사양관리는 25%가 TMR 사양관리를, 75%는 개체관리 형태를 취하고 있어 TMR 사양관리 비율이 영.호남과 유사하였으며 지역별로는 충북의 TMR 사양관리 비율이 상대적으로 높았다($p<.05$).

볏짚이용에 관한 일반적인 사항은 Table 4와 같이 52%가 인력결속형태로 약 22%의 사각곤포 이용과 약 26%의 인력결속과 사각곤포 병용에 비하여 높은 비율을 나타냈으나($p<.05$), 기계결속에 의한 볏짚 사용농가도 약 46%에 달하였다. 지역별로는 충북이 충남에 비하여 사각곤포의 사용비율이 높은 반면 인력결속과 사각곤포 병용비율은 낮았다($p<.05$)

암모니아 처리현황은 비육목장의 약 46%가 무처리 생볏짚만을 이용하고 있어 암모니아처리볏짚 29%와 생볏짚과 처리볏짚 25%에 비하여 높아 암모니아 처리볏짚의 이용비율이 약 54%로 영.호남에 비하여 높았으며($p<.05$), 지역별로는 충남의 경우 무처리비율이 높은 반면에 충북은 처리비율이 높았다($p<.05$)

Table 3. General information on parameters of beef farms in the Middle area

Item	Chungnam	Chungbuk	Mean
Management(%)			
Owner	82.4	76.9	82.2 ^a
Owner+Employee	5.4	7.7	6.6 ^b
Employee	12.2	15.4	11.2 ^b
No. of Hanwoo(head)	57.2	51.2	54.2
Feeding types(%)			
Fattening(F)	50.0 ^a	30.8 ^b	40.4 ^a
Reproduction(R)	20.0 ^b	30.8 ^a	25.4 ^b
F+R	30.0 ^b	38.4 ^a	34.2 ^a
Feeding system(%)			
Feedlot	87.5 ^a	62.5 ^b	75.0 ^a
TMR	12.5 ^b	37.5 ^a	25.0 ^b

^{a, b, c} Means with different superscripts in the same row differ significantly($p < .05$).

^{d, e} Means with different superscripts in the same column differ significantly($p < .05$).

암모니아 처리기간은 평균 10.4주로 영.호남의 9.6주 보다 길었으며 충남.북은 유사하였고, 처리상태에 대하여는 약 58%가 만족하는 반면 보통이 약 42%로 나타났다($p < .05$), 충북의 만족도가 충남에 비하여 높았다.

암모니아 처리에 대한 장점으로서는 볏짚 섭취량 증가가 73.3%로 긍정적이었으나 ($p < .05$), 영호남의 88.4%보다 낮았으며, 영양성분 증가가 약 86%를 나타내 암모니아 처리에 대하여는 매우 긍정적인 생각인 것으로 나타났고($p < .05$), 충남의 만족도가 충북보다 낮았다.

따라서 암모니아 처리효과에 대하여는 인식되어 있으나 현재의 처리방법에 대하여는 의문시하는 경향을 나타내 처리방법에 대한 재고가 필요하다고 생각된다.

Table 4. General information on the utilization of rice straw at beef farms in the Middle area

Item	Chungnam	Chungbuk	Mean
Binding types(%)			
Sheaf	50.1	53.9	52.0 ^c
Square bale	12.4 ^b	30.8 ^a	21.6 ^d
Sheaf+Square bale	37.5 ^a	15.3 ^b	26.4 ^d
Feeding types(%)			
Untreated	55.6 ^a	35.7 ^b	45.7 ^c
NH ₃ treated	22.2 ^b	35.7 ^a	29.0 ^d
Untreated+NH ₃ treated	22.2	28.6	25.3 ^d
Weeks of NH ₃ treatments	10.3	10.4	10.4
Conditions of NH ₃ treated(%)			
Good	50.0 ^b	66.7 ^a	58.4 ^c
Common	50.0 ^a	33.3 ^b	41.6 ^d
Intake of NH ₃ treated(%)			
Increase	89.4 ^a	57.1 ^b	73.3 ^c
Common	10.6 ^b	42.9 ^a	26.7 ^d
Efficacy of NH ₃ treatment(%)			
Increase	80.0	92.4	86.2 ^c
Common	20.0 ^a	7.6 ^b	13.8 ^d

^{a, b} Means with different superscripts in the same row differ significantly(p<.05).

^{c, d} Means with different superscripts in the same column differ significantly(p<.05).

다. 북 부 권

북부권(강원, 경기지방)에 대한 사육실태 조사결과 각도별로 분석가능한 조사 자료수는 각각 강원도 48, 경기도 47건이었다.

강원도 및 경기도의 목장현황은 Table 5에서 보는바와 같이 목장관리는 77.9%가 축주가 직접하고 있어 축주와 관리인 공동관리가 17.7% 및 관리인 4.4%에 비하여 높았으며($p < .05$), 지역별로는 경기도의 축주관리 비율이 높았다.

북부권의 한우사육 두수는 경기도가 32두였고 강원도가 37.2두로 평균 34.6두였고, 비육농가의 90%가 한우비육만을 경영하고 있었다.

사육형태는 약 41%가 비육만을, 51%는 시세에 따라서 비육과 번식을 겸하는 형태를 취하고 있어 번식위주 7.7% 보다 높았으며($p < .05$), 타지역에 비하여 번식비율이 매우 낮은 반면, 복합형태가 51%로 매우 높았다. 지역별로는 경기도가 강원도에 비하여 비육위주 및 번식위주 비율이 높은 반면 복합형태의 비율은 낮았다($p < .05$).

사양관리는 22.4%가 TMR 사양관리를, 77.6%는 개체관리 형태를 취하고 있어 개체관리비율이 높았으며($p < .05$), TMR 사양관리 비율은 타지역과 유사하였다.

북부권의 볏짚이용에 관한 일반적인 사항은 Table 6과 같이 18.4%가 사각곤포, 3.3%가 원형곤포를 이용하고 있어 인력 결속형태 43.9% 및 인력결속과 사각곤포 약 35%에 비하여 이용비율이 낮았으나($p < .05$), 전체적으로 기계결속에 의한 볏짚 사용농가가 약 56%로 매우 높았다. 지역별로는 강원도의 인력결속 볏짚 이용율이 높는데 비하여 경기도는 기계결속과 인력 및 기계결속 볏짚을 병용하는 비율이 높았다($p < .05$)

Table 5. General information on parameters of beef farms in the Northern area

Item	Kyunggi	Kangwon	Mean
Management(%)			
Owner	85.2 ^a	70.6 ^b	77.9 ^c
Owner+Employee	11.8 ^b	23.5 ^a	17.7 ^d
Employee	3.0	5.9	4.4 ^e
No. of Hanwoo(head)	32.0	37.2	34.6
Feeding types(%)			
Fattening(F)	50.0 ^a	32.3 ^b	41.2 ^c
Reproduction(R)	12.5 ^a	3.0 ^b	7.7 ^d
F+R	37.5 ^b	64.7 ^a	51.1 ^c
Feeding system(%)			
Feedlot	83.0 ^a	72.2 ^b	77.6 ^c
TMR	17.0 ^b	27.8 ^a	22.4 ^d

^{a, b} Means with different superscripts in the same row differ significantly($p < .05$).

^{c, d, e} Means with different superscripts in the same column differ significantly ($p < .05$).

Table 6. General information on the utilization of rice straw at beef farms in the Northern area

Item	Kyunggi	Kangwon	Mean
Binding types(%)			
Sheaf	26.7 ^b	61.0 ^a	43.9 ^c
Square bale	20.0	16.7	18.4 ^d
Round bale	6.7	-	3.3 ^c
Sheaf+Square bale	46.6 ^a	22.3 ^b	34.4 ^c
Feeding types(%)			
Untreated	43.8	47.1	45.5 ^c
NH ₃ treated	25.0 ^b	47.1 ^a	36.0 ^c
Untreated+NH ₃ treated	31.2 ^a	5.8 ^b	18.5 ^d
Weeks of NH ₃ treatments	8.1 ^a	7.4 ^b	7.8
Conditions of NH ₃ treated(%)			
Good	54.5	50.0	52.3 ^c
Common	27.3 ^b	43.5 ^a	35.4 ^d
Bad	18.2 ^a	6.5 ^b	12.3
Intake of NH ₃ treated(%)			
Increase	58.3 ^b	88.9 ^a	73.6 ^c
Common	41.7 ^a	11.1 ^b	26.4 ^d
Efficacy of NH ₃ treatment(%)			
Increase	50.0	44.4	47.2
Common	50.0	55.6	52.8

^{a, b} Means with different superscripts in the same row differ significantly($p < .05$).

^{c, d} Means with different superscripts in the same column differ significantly($p < .05$).

암모니아 처리현황은 약 46%가 무처리 생볏짚만을 이용하고 있어 36%의 암모니아 처리볏짚만을 사용하는 농가와 차이가 없었으며($p>.05$), 약 18%는 생볏짚과 처리볏짚을 같이 사용하고 있어 암모니아 처리 볏짚의 이용비율이 약 54%로 중부권과 유사하였다. 지역별로는 무처리 볏짚의 경우 차이가 없었으나 강원도의 암모니아 처리 비율이 높게 나타났다($p<.05$).

암모니아 처리기간은 평균 7.8주로 중부권의 10.4주와 영.호남의 9.6주 보다 짧았으며, 지역별로는 경기도의 8.1주에 비하여 강원도가 7.4주로 짧게 나타났다.

처리상태에 대하여는 52.3%가 만족하는 반면 보통이 35.4%, 불만족이 11.8%로 다양한 반응을 나타냈으며($p<.05$), 경기도의 불만족도가 높은 것으로 나타났다.

암모니아 처리에 대한 장점으로서는 볏짚 섭취량 증가가 약 74%로 영호남의 88%보다 낮았으며, 영양성분 증가는 약 47%를 나타내 암모니아 처리에 대하여 타지역에 비하여 인지도가 낮은 것으로 나타났다.

따라서 강원.경기 지방에서는 암모니아 처리에 대하여 매우 불만족한 것으로 나타나 현재의 처리방법에 대한 재고가 필요하다고 생각된다.

2. 지역별 낙농목장의 사육실태 및 뱃짚이용 현황

가. 남 부 권

남부권(영.호남지방)에 대한 사육실태조사결과 각도별로 분석가능한 조사자료수는 각각 전라남도 44, 전라북도 40, 경상남도 40, 경상북도 63건이었다.

영.호남지방의 낙농목장 현황은 Table 7에서 보는 바와 같이 목장관리는 약 90%가 축주가 직접하고 있고 고용인만 관리하는 경우가 없어 같은지역의 비육농장에 비하여 축주의 관리비율이 높았으며, 지역별로도 차이가 없었다.

평균 사육 두수는 약 34두로 착유우가 20.2두로 건유우 5.76두, 육성우 8.5두에 비하여 많았으며, 전북지역의 착유우 및 건유우 수가 타지역에 비하여 상대적으로 적게 나타났다($p < .05$).

일당 평균산유량은 20kg으로 지역간에 차이가 없었으며, 경남지역이 17.8kg으로 다른 지역보다 낮았으나 유의적인 차이는 없었다.

또한 전지역이 유사하게 유방염이 약 32%, 번식장애가 약 37%로 나타나 젖소의 주요질병이 주로 우유생산과 송아지 생산에 관한 것으로 나타났다. 지역별로는 유방염의 경우 전남·북이 타지역에 비하여 상대적으로 낮았으며($p < .05$), 번식장애는 전남이 상대적으로 높게 나타났다($P < .05$).

젖소의 사료 급여기준은 54.8%가 산유량을, 10.1%는 산유량과 체중을 고려하여 결정하는 것으로 나타나 산유량 기준비율이 높았으며($p < .05$), 지역별로는 전남·북이 산유량 의존비율이 높은데 비하여 전남·북은 체중과 산유량을 같이 고려하는 비율이 높았다.

Table 7. General information on parameters of dairy farms in the Southern area

Item	Chunnam	Chunbuk	Kyungnam	Kyungbuk	Mean
Management					
Owner	85.7	90	90	95.2	90.2
Owner+Employee	14.3	10	10	4.8	9.8
No. of cows					
Lactating	24.5 ^a	13.2 ^b	23 ^a	20.1 ^a	20.2 ^d
Drying	7.1	3.7	6.4	5.6	5.7 ^c
Growing	8.5	9.6	6.0	9.8	8.5 ^c
Milk yield(kg/day)	21.0	20.5	17.8	20.7	20.0
Major disease					
Mastitis	21.4 ^c	37.5 ^c	62.5 ^b	81 ^a	32.4 ^d
Reproductive disorder	64.1 ^a	37.5 ^b	37.5 ^b	9.1 ^c	37.1 ^d
Others	14.5	25	-	9.9	16.5 ^e
Standard of feeding					
Milk production	40 ^c	40 ^c	60 ^b	79 ^a	54.8 ^d
Milk production + Body weight	-	30	-	10.5	10.1 ^e
Others	60 ^a	30 ^b	40 ^b	10.5 ^c	35.1 ^f

^{a, b, c} Means with different superscripts in the same row differ significantly($p < .05$).

^{d, e, f} Means with different superscripts in the same column differ significantly ($p < .05$).

벗짚이용에 관한 일반적인 사항은 Table 8과 같이 인력결속형태가 약 23%로 비육농가의 44%에 비하여 매우 낮았으며, 약 42%가 사각곤포였고 33%는 인력결속과 사각곤포를 같이 사용하고 있어 기계결속에 의한 벗짚 사용농가가 약 77%에 달해 비육농가의 56%에 비하여 높게 나타났다. 지역별로는 전북을 제외한 전지역에서 사각곤포의 이용비율이 높았으며($p<.05$), 전북은 인력+사각곤포의 비율이 60%로 타지역보다 높았다($P<.05$).

암모니아 처리현황은 약 28%만이 생벗짚을 이용하여 비육농가의 54%보다 낮았으며, 약 40%가 암모니아 처리벗짚만을 사용하고 있고, 약 32%는 생벗짚과 처리벗짚을 같이 사용하고 있어 암모니아 처리벗짚의 이용율이 약 72%로 무처리벗짚 급여 농가에 비하여 매우 높았다($p<.05$). 지역별로는 경남.북이 전남.북에 비하여 암모니아 처리비율이 높았고($P<.05$), 전남과 경북의 경우 무처리와 처리벗짚을 겸용하는 비율이 높았다($p<.05$).

암모니아 처리기간은 7.1주로 비육농가의 9.6주 보다 짧았으며, 지역별로는 경남·북이 전남·북보다 길게 나타났다($p<.05$).

처리상태에 대하여는 약 54%가 만족하는 반면 보통과 불만족이 약 46%로 나타났다으며, 같은 지역의 비육농가 만족도 42%와 불만족도 58%에 비하여 만족도가 높았는데, 이는 낙농가들이 암모니아 처리에 관한 지식과 경험이 비육농가들 보다 많기 때문인 것으로 생각된다.

암모니아 처리에 대한 장점으로서는 벗짚 섭취량 증가가 약 89%로 긍정적이었으며($p<.05$), 지역별로는 전북이 타지역에 비하여 상대적으로 낮았다. 영양성분 증가에 대하여는 약 76%가 증가하는 것으로 답을해 암모니아 처리에 대하여 매우 긍정적인 생각인 것으로 나타났다.

따라서 암모니아 처리효과에 대한 기대만큼 만족할만한 처리가 되지 않는 것으로 나타나 현재의 처리방법에 대한 재고가 필요하다고 생각된다.

Table 8. General information on the utilization of rice straw at dairy farms in the Southern area

Item	Chunnam	Chunbuk	Kyungnam	Kyungbuk	Mean
Binding types					
Sheaf	16.7 ^b	30 ^a	33.3 ^a	13.6 ^b	23.4 ^e
Square bale	41.7 ^a	10 ^b	56.7 ^a	59.1 ^a	41.9 ^d
Round bale	8.3	-	-	-	2.1 ^f
Sheaf+Square bale	33.3 ^b	60 ^a	10.0 ^c	27.3 ^b	32.6 ^d
Feeding types					
Untreated	20 ^b	60 ^a	22.2 ^b	9.1 ^c	27.8 ^e
NH ₃ treated	30 ^b	30 ^b	55.6 ^a	43.5 ^a	39.8 ^d
Untreated+NH ₃ treated	50 ^a	10 ^c	22.2 ^b	47.4 ^a	32.4 ^e
Weeks of NH ₃ treatments	6.8 ^b	5.5 ^c	8.4 ^a	7.8 ^a	7.1
Conditions of NH ₃ treated					
Good	54.5 ^b	71.2 ^a	50 ^b	40 ^b	53.9 ^d
Common	45.5 ^a	28.8 ^b	50 ^a	40 ^a	41.1 ^d
Bad	-	-	-	20	5 ^e
Intake of NH ₃ treated					
Increase	90.0 ^a	75 ^b	95 ^a	95 ^a	88.8
Common	10.0	25	5	5	11.2
Efficacy of NH ₃ treatment					
Increase	77.3	75	71.4	78.9	75.7 ^d
Common	22.7	25	28.6	21.1	24.3 ^e

^{a, b, c} Means with different superscripts in the same row differ significantly ($p < .05$).

^{d, e} Means with different superscripts in the same column differ significantly ($p < .05$).

나. 중 부 권

중부권(충청지방)에 대한 사육실태 조사결과 각도별로 분석가능한 조사 자료수는 각각 충청남도 43, 충청북도 43건이었다.

중부권인 충청도의 낙농목장 현황은 Table 9에서 보는바와같이 목장관리는 62.9%가 축주가 직접하고 있으며 축주와 관리인 공동관리가 21.5% 및 관리인 15.6%보다 높았으나($p<.05$), 남부권의 90.2%보다 낮았는데 이는 사육규모가 크기 때문으로 생각된다. 지역별로는 충북의 축주관리비율이 높은데 비하여 충남은 축주+관리인 및 관리인의 관리비율이 높게 나타났다($p<.05$).

평균 사육 두수는 약 42두로 남부권의 34두보다 9두가 많았으며 착유우가 26두로 건유우 6두와 육성우 10두보다 많았으며, 지역별로는 충남이 충북에 비하여 유의적으로 많은 두수를 나타냈다($p<.05$).

일당 평균산유량은 약 22.6kg으로 남부권의 20kg보다 높았으나 충남·북간에는 유의적인 차이가 없었다.

또한 전지역이 유사하게 유방염이 약 56%로 남부권의 32%보다 높아 중부권 낙농의 큰 문제점이 유방염인 것으로 나타난 반면 번식장애는 약 19%로 남부의 37%보다 낮았는데 이는 중부권의 다두사육과 보다 나은 사육기술에 의한 것으로 생각된다.

젖소의 사료 급여는 59%가 산유량을, 31%는 산유량과 체중을 고려하여 결정하는 것으로 나타나 남부지방과 유사하였으며, 지역간의 차이는 없었다.

중부권 낙농목장의 벧짚이용에 관한 일반적인 사항은 Table 10과 같이 약 31%가 인력결속형태로 남부권의 23%에 비하여 매우 높았으며, 약 35%가 사각곤포였고 34%는 인력결속과 사각곤포를 같이 사용하고 있어 기계결속에 의한 벧짚 사용농가가 약 69%로 남부의 77%보다는 낮았으나 매우높은 사용비율을 나타냈다. 지역별로는 충남의 인력결속 및 사각곤포 이용비율이 높은데 비하여 충북은 인력+사각곤포의 이용율이 높은 것으로 나타났다($p<.05$).

Table 9. General information on parameters of dairy farms in the Middle area

Item	Chungnam	Chungbuk	Mean
Management			
Owner	41.2 ^b	84.6 ^a	62.9 ^c
Owner+Employee	35.3 ^a	7.7 ^b	21.5 ^d
Employee	23.5 ^a	7.7 ^b	15.6 ^d
No. of cows			
Lactating	34.3 ^a	17.3 ^b	25.8 ^c
Drying	8.1 ^a	4.5 ^b	6.3 ^d
Growing	12.2 ^a	7 ^b	9.6 ^d
Milk yield(kg/day)	22.3	22.8	22.6
Major disease			
Mastitis	61.5	50	55.8 ^c
Reproductive disorder	23.1 ^a	14.3 ^b	18.7 ^d
Others	15.4 ^b	35.7 ^a	25.5 ^d
Standard of feeding			
Milk production	62.5	54.5	58.5 ^c
Milk production + body weight	25	36.4	30.7 ^d
Others	12.5	9.1	10.8 ^e

^{a, b} Means with different superscripts in the same row differ significantly ($p < .05$).

^{c, d, e} Means with different superscripts in the same column differ significantly ($p < .05$).

Table 10. General information on the utilization of rice straw at dairy farms
in the Middle area

Item	Chungnam	Chungbuk	Mean
Binding types			
Sheaf	46.7 ^a	15.4 ^b	31.1
Square bale	46.7 ^a	23.1 ^b	34.9
Sheaf+Square bale	6.6 ^b	61.5 ^a	34.0
Feeding types			
Untreated	33.3 ^a	18.2 ^b	25.8 ^d
NH ₃ treated	20	27.3	23.6 ^d
Untreated+NH ₃ treated RS	46.7	54.5	50.6 ^c
Weeks of NH ₃ treatments	8.2	8.9	8.6
Conditions of NH ₃ treated			
Good	66.7 ^a	45.5 ^b	56.1
Common	33.3 ^b	54.5 ^a	43.9
Intake of NH ₃ treated			
Increase	94.2	88.4	91.3 ^c
Common	5.8	11.6	8.7 ^d
Efficacy of NH ₃ treatment			
Increase	72.7	66.7	69.7 ^c
Common	27.3	33.3	30.3 ^d

a, b Means with different superscripts in the same row differ significantly ($p < .05$).

c, d Means with different superscripts in the same column differ significantly ($p < .05$).

암모니아 처리현황은 약 26% 만이 생볏짚을 이용하여 남부권의 28%와 유사하였으며, 약 24%가 암모니아 처리볏짚만을 사용하고 있고, 약 50%는 생볏짚과 처리볏짚을 같이 사용하고 있어 암모니아 처리볏짚의 이용율이 약 74%로 매우 높았다. 지역별로는 충남의 무처리볏짚 이용율이 높으나($p < .05$) 다른 항목은 차이가 없었다.

암모니아 처리기간은 8.6주로 남부권의 7.1주 보다 1.5주 길었으며, 처리상태에 대하여는 약 56%가 만족하는 반면 보통이 약 44%로 나타나 남부권과 유사하였으며, 지역별로는 충남의 만족도가 충북에 비하여 높았다($p < .05$).

암모니아 처리에 대한 장점으로서는 볏짚 섭취량 증가가 약 91%로 보통의 8.7%보다 높았으며($p < .05$), 영양성분 증가에 대하여는 약 70%가 증가한다고 답해 암모니아 처리에 대하여 매우 긍정적인 생각인 것으로 나타났다.

따라서 볏짚의 암모니아 처리비율이 높고 처리효과에 대하여도 긍정적인데 비하여 만족할만한 처리가 되지 않는 것으로 나타났다.

다. 북 부 권

북부권(강원, 경기지방)에 대한 사육실태조사결과 각도별로 분석가능한 조사 자료수는 각각 강원도 37, 경기도 86건이었다.

강원도와 경기도 지역의 낙농목장 현황은 Table 11에서 보는 바와같이 목장관리는 축주가 직접관리하는 경우가 67%로 높아($p < .05$), 남부권의 90%보다 낮고 중부권과 유사하였으며, 지역간에는 차이가 없었다.

평균 사육 두수는 약 29두로 중부권 42두와 남부권의 34두보다 적었는데 이는 강원지역의 사육규모가 적기 때문이며 전체적으로 착유우가 13두로 건유우 4두, 육성우 4두보다 많았으며 지역별로는 경기도의 착유우 두수가 강원도에 비하여 많게 나타났다($p < .05$).

일당 평균 산유량은 약 21kg으로 중부권의 23kg, 남부권의 20kg과 유사하였으며 지역간에는 차이가 없었다.

또한 주요 질병으로 유방염이 약 41%로 나타나 다른 질병에 비하여 발생율이 높았는데($p < .05$), 이같은 결과는 중부권의 56%보다는 낮았으나 남부권의 32%보다 높아 북부권과 중부권 낙농업의 큰 문제점이 유방염인 것으로 나타났다. 그리고 북부권의 경우 번식장애 또한 28%로 중부권의 약 19%보다 높고 남부의 37%보다 낮았는데 이는 소규모사육과 사육기술의 부족에 의한 것으로 생각된다.

젖소의 사료 급여는 70%가 산유량만을 고려한 것이 산유량과 체중을 모두고려한 7.2% 및 기타 22.6%보다 높게 나타나($p < .05$), 중부 및 남부권 보다 산유량 기준비율이 높고 체중에 대한 고려가 적은 것으로 나타났다.

북부권 낙농목장의 볏짚이용에 관한 일반적인 사항은 Table 12와 같이 28%가 인력결속형태로 중부권과 유사하고 남부권의 23%에 비하여 높았으며, 약 25%가 사각곤포였고 약 36%는 인력결속과 사각곤포를 같이 사용하고 있어 기계결속에 의한 볏짚 사용농가가 약 72%로 인력결속 이용율에 비하여 매우 높은 비율을 나타냈다($p < .05$). 지역별로는 경기지방의 인력 및 사각곤포의 공동 이용율이 강원지

Table 11. General information on parameters of dairy farms in the Northern area

Item	Kyunggi	Kangwon	Mean
Management			
Owner	72.2	62.5	67.4 ^c
Owner+Employee	19.4	25	22.2 ^d
Employee	8.4	12.5	10.4 ^d
No. of cows			
Lactating	21.1 ^a	13.3 ^b	17.1 ^c
Drying	5.9	3.5	4.7 ^d
Growing	9.3 ^a	4 ^b	6.7 ^d
Milk yield(kg/day)	22.4	19.7	21.1
Major disease			
Mastitis	36.4	46.2	41.3 ^c
Reproductive disorder	25	30.8	27.9 ^d
Others	38.6 ^a	23 ^b	30.8 ^d
Standard of feeding			
Milk production	57.1 ^b	83.3 ^a	70.2 ^c
Milk production + body weight	10.7 ^a	3.7 ^b	7.2 ^c
Others	32.2 ^a	16.7 ^b	22.6 ^d

^{a, b} Means with different superscripts in the same row differ significantly ($p < .05$).

^{c, d, e} Means with different superscripts in the same column differ significantly ($p < .05$).

Table 12. General information on the utilization of rice straw at dairy farms
in the Northern area

Item	Kyunggi	Kangwon	Mean
Binding types			
Sheaf	22.6	33.3	28.0 ^c
Square bale	32.2 ^a	16.7 ^b	24.5 ^c
Round bale	-	24.0	12.0 ^d
Sheaf+Square bale	45.2 ^a	26.0 ^b	35.5 ^c
Feeding types			
Untreated	26.8	21.4	24.1 ^d
NH ₃ treated	32	25	28.5 ^d
Untreated+NH ₃ treated	41.2	53.6	47.4 ^c
Weeks of NH ₃ treatments	7.4	8.6	8.0
Conditions of NH ₃ treated			
Good	25.9 ^b	50 ^a	38.0 ^d
Common	66.6 ^a	33.3 ^b	50.0 ^c
Bad	7.5 ^b	16.7 ^a	12.0 ^e
Intake of NH ₃ treated			
Increase	89.3	92.4	90.8 ^c
Common	10.7	7.6	9.2 ^d
Efficacy of NH ₃ treatment			
Increase	67.9 ^a	50 ^b	59.0 ^c
Common	32.1 ^b	50 ^a	41.0 ^d

^{a, b} Means with different superscripts in the same row differ significantly ($p < .05$).

^{c, d, e} Means with different superscripts in the same column differ significantly ($p < .05$).

방보다 높게 나타났다.

암모니아 처리현황은 약 24% 만이 생볏짚을 이용하여 중부권 26% 및 남부권의 28%와 유사하였으며, 약 29% 가 암모니아 처리볏짚만을 사용하고 있고, 약 47%는 생볏짚과 처리볏짚을 같이 사용하고 있어 암모니아 처리볏짚의 이용율이 중부권과 유사한 약 76%로 매우 높았으며 지역간의 차이는 없었다.

암모니아 처리기간은 8.0주로 중부권의 8.6주와 유사하였으며, 암모니아 처리에 대한 장점으로서는 볏짚 섭취량 증가가 약 91%, 영양성분 증가가 59%로 암모니아 처리에 대하여 긍정적인 생각인 것으로 나타났다. 지역별로는 경기지방에서 영양성분 증가에 대하여 강원지방보다 높게 평가하였다($p < .05$).

3. 암모니아 처리의 문제점 및 개선방법

전국 낙농 및 비육농장의 암모니아 처리에 관련된 문제점으로 처리시에는 ① 처리시기(가스공급)의 부적합성, ② 암모니아 가스량 부족, ③ 사각곤포의 경우 내부 처리불량, ④ 처리용비닐의 내구성, ⑤ 일시에 투입되는 인력부족이 문제시되고 있고, 이용시에는 ① 난가리 아랫부분의 부패, ② 암모니아 가스냄새, ③ 비닐 파손등이 공통된 문제점으로 제기되었다.

따라서 ① 원하는 시기에 암모니아를 처리할 수 있도록 관주도의 암모니아 가스공급보다 공급업체의 다원화가 요구되며, ② 농민이 암모니아 처리수준을 선택할 수 있도록 결속 종류별로 최적의 권장 처리수준을 제시하여야 하고, ③ 비닐의 내구성을 높이고 조류에 의한 파손방지를 위하여 비닐을 진한 색상으로 제작하도록 유도하고, ④ 처리후 난가리 밑부분의 변패방지를 위하여 깔판설치 및 처리후 일정기간이 지난후 배수가 가능하도록 개폐용 배수장치를 부착하도록 하는 등의 개선방안의 구체화가 요망된다.

제 4 장. 볏짚의 결속방법과 암모니아 처리수준 및 저장기간이 볏짚의 사료가치에 미치는 영 향

제 1 절 서 론

암모니아가스 처리기간 및 처리농도는 기존의 인력결속 연구결과를 적용하므로써 결속상태가 강한 사각곤포, 원형곤포 및 압착볏짚의 경우 암모니아 처리상태가 매우 불량하고 또한 낱가리식에 의한 볏짚의 암모니아 처리시 인력결속에 의한 볏짚은 안쪽과 바깥쪽의 색상이 변해 처리가 잘 되었다고 생각되지만 사각곤포, 원형곤포 및 압착볏짚의 경우 8주간 처리 후에도 낱가리 바깥쪽만 색상이 변하고 안쪽은 거의 변하지 않기 때문에 암모니아처리 여부 및 볏짚의 성분변화와 영양적 가치가 증진되었는지 의심스러워 사각곤포, 원형곤포 및 압착볏짚의 경우 암모니아 처리를 주저하고 있는 실정이다.

짚류에 대한 알칼리처리는 헤미셀룰로스에 존재하는 유론산 잔기와 리그닌사이의 에스테르 결합을 비누화시키게 되며, 알칼리 처리가 높은 온도에서 이루어질 경우에는 일련의 반응을 통해 리그닌 화합물의 phenylpropane단위체 사이의 에테르 결합이 파괴되어 유리 페놀산이 생성됨으로써 리그닌의 분자량이 감소하고, 헤미셀룰로스와 에테르 결합이 파괴되어 알칼리 용액내에서의 리그닌의 용해성이 증가하게 된다(Theander와 Aman, 1984)

암모니아의 축적비율은 암모니아 가스보다 암모니아수로 처리하였을 때 (Herrera-Saldana 등, 1982; 맹 등, 1986, 1987), 낱가리식이나 사일로식에 비해 오븐식(thermo ammoniation)에서 (강 등, 1987) 그리고 낱가리식에 비해 조립식 간이 사일로식에서 더 높게 나타났다.

화학적 처리에 의한 저질조사료의 건물 소화율 개선효과는 평균적으로 암모니

아 처리시 28.6%, 처리짚의 종류별 건물 소화율의 개선효과는 벼짚, 보리짚 및 밀짚에 있어서 암모니아 처리시는 각각 33.7, 30.4, 및 30.0%, 동물의 종류에 있어서는 면양, 육우 및 젖소의 경우에 암모니아 처리시는 각각 26.4, 10.5 및 36.8%로서 일반적으로 젖소에서 처리에 의한 소화율의 개선효과가 높았다(Han과 Garrett, 1986).

저질조사료에 알칼리처리를 할 경우 반추위내 미생물에 의한 세포벽 물질의 분해가 증가하게 됨으로써 반추위내의 발효성상이 영향을 받게 되는데 반추위내의 pH, 휘발성 지방산 생산량 및 $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 농도 등의 변화는 연구자들에 따라 다소 상이한 결과를 나타내고 있는데, 이러한 것은 동물이 섭취하는 사료와 반추위내의 미생물군 및 동물체 간의 복잡한 상호작용을 반영하는 것이라고 할 수 있다.

저질조사료에 대한 화학적 처리는 반추동물의 사료 섭취량과 소화율을 증가시키며, 따라서 동물의 생산능력을 향상시키게 된다. 그러나 반추동물에 의한 화학적 처리 짚의 이용성은 총 사료내의 짚의 비율, 급여수준, 함께 급여하는 사료의 조성 및 처리화학제의 종류 등에 따라 달라진다(Jackson, 1977; Klopfenstein, 1978; Han과 Garrett, 1986). 저질조사료의 경우에 사료섭취량은 동물의 생산능력을 좌우하는 가장 큰 요인으로 작용하는데(Zorrilla-Rios 등, 1985), 사료섭취량은 조사료의 화학적 조성(Van Soest, 1965), 물리적 특성(Balch, 1971; Seoane 등, 1982), 소화정도 및 속도 그리고 소화관에서의 통과속도(Berger 등, 1980; Welch, 1982) 등을 반영한다.

화학적 처리에 의한 저질 조사료의 사료가치 향상은 처리에 따른 식물체의 화학성분의 변화 뿐만 아니라 조직의 변형 및 파괴에서 기인되는 복합적인 효과라고 할 수 있다(Engels, 1987; Van der Meer와 Van Ex, 1987).

암모니아 처리에 의한 저질 조사료의 사료가치 개선효과는 기호성의 향상(Eawlor와 O'Shea, 1979), 세포벽의 팽창에 따른 제1위 미생물의 소화작용 증대(Horton, 1981), 리그닌과 구조적 탄수화물 사이의 에스테르 결합의 파괴(Buettner

등 1982), 셀룰로스와 헤미셀룰로스의 용해성의 증가(Streeter와 Horn, 1982) 및 조 단백질 함량의 증가(Saenger 등, 1982)등에 의한 것이라고 하였다.

따라서 본 연구에서는 결속방법이 다른 4가지 형태의 볏짚(인력결속, 원형곤포, 사각곤포 및 압축)에 처리기간(8, 10 및 12주) 및 암모니아가스 처리수준(0, 3, 4, 5 및 6 %)을 달리하여 48동의 난가리를 완성하고 암모니아 가스를 각각 처리하여 볏짚의 조성분 변화 및 반추위내 소화율을 조사하여 결속방법별 최적 처리수준 및 처리기간을 구명하고자 수행하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 암모니아 처리수준 및 처리기간

암모니아가스 처리는 Table 13과 같이 결속방법에 따라 4가지 형태의 벧짚(인력결속, 원형곤포, 사각곤포 및 압축)에 3종의 처리기간(8, 10 및 12주)과 4종의 처리수준(3, 4, 5 및 6 %)에 따른 48동의 난가리를 완성하고 암모니아 가스를 각각 처리하였으며 무처리 벧짚은 건초창고에 보관하였다(Figure 1).

2. 조성분 함량 분석

처리기간 종료시 벧짚의 결속방법 및 처리수준별로 시료를 채취한 후 2-3 cm로 세절하여 잘 혼합하고 시료를 채취하여 분쇄한 후 AOAC(1990)방법에 의하여 조성분 함량을 분석하였다.

3. 반추위내 nylon bag 소화율 측정

가. 공시축 선정 및 사양관리

본 실험에 사용된 공시축은 반추위에 cannula가 장착된 평균체중 550Kg 인 Holstein 젖소 3두였으며, 사료 급여량은 체중의 2%를 1일 2회(07:00, 19:00) 나누어 급여하였으며 조사료와 농후사료 급여비율은 7 : 3 이었다. 이때 사용한 농후사료는 비육우 사료였으며 조사료는 알팔파 건초와 벧짚을 5 : 5로 혼합하여 급여하였고, 물과 mineral salt block 은 자유섭취시켰다.

Table 13. Experimental designs for the effect of levels and periods of NH₃ treatments on the nutritive value of rice straw with four binding types

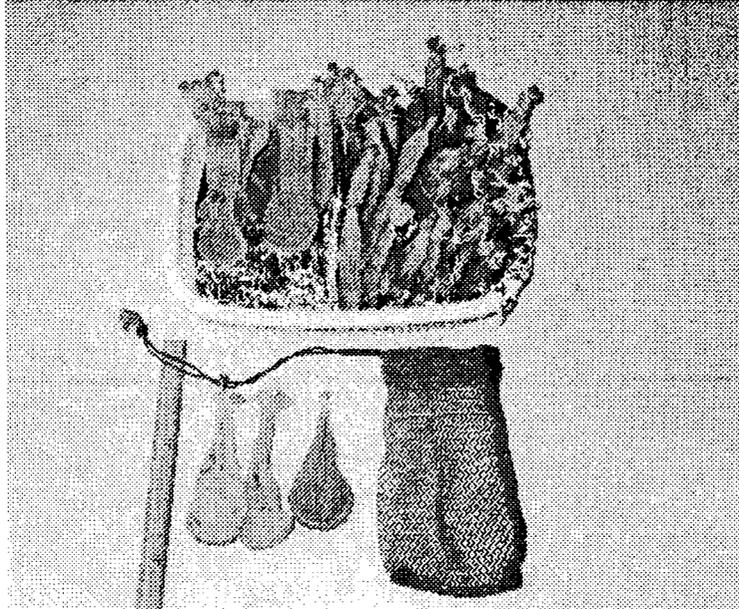
Binding types	Treatment period		NH ₃ levels (%)			
	(weeks)					
Sheaf	8	3	4	5	6	
	10	3	4	5	6	
	12	3	4	5	6	
Square bale	8	3	4	5	6	
	10	3	4	5	6	
	12	3	4	5	6	
Round bale	8	3	4	5	6	
	10	3	4	5	6	
	12	3	4	5	6	
Pressed	8	3	4	5	6	
	10	3	4	5	6	
	12	3	4	5	6	

나. 실험설계

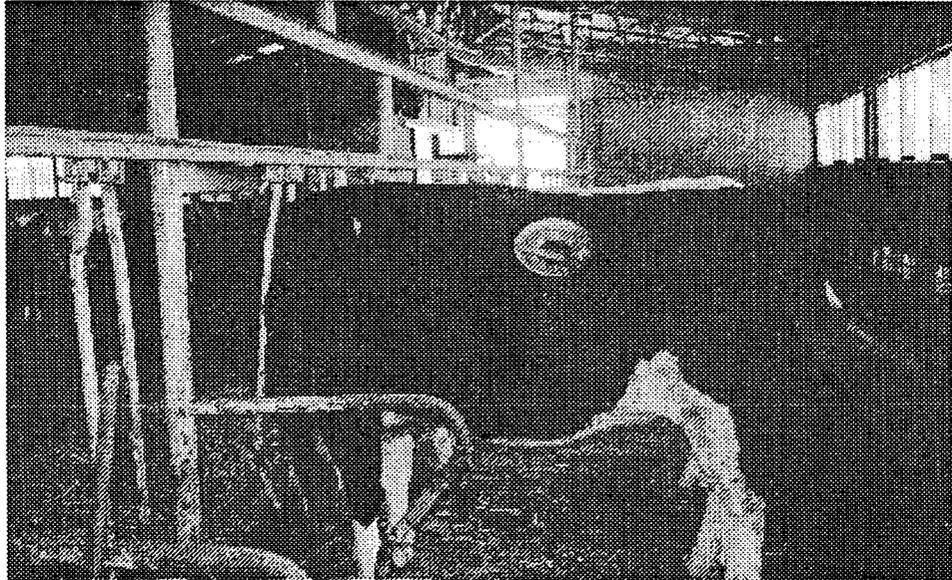
결속방법, 암모니아가스 처리수준 및 처리기간이 다른 암모니아 처리 볏짚의 반추위내 소화율을 측정하기 위하여 반추위 cannula가 장착된 Holstein 젖소 3두를 공시하여 반추위 발효시간별 (24, 48 및 72시간)로 3반복씩 소화율 시험을 수행하였다(Figure 2).



Figure 1. Photographs of rice straws stacks treated NH_3 gas



A



B

Figure 2. Nylon bags(A) and experimental Holstein cows(B) for *in situ* trials

다. Nylon bag 제작

Nylon bag 은 pore size가 40 μ m 인 nylon 천(Nybolt, Swiss)을 이용하여 (Uden 등, 1974), internal dimensions이 130x80mm, surface area가 약 208 cm² 크기로 이중으로 재봉하였고, 아래부분을 둥글게 제작하여 trapping을 방지하고 시료의 채취를 용이하게 하였다(Weakley 등, 1983; Nocek 과 Grant, 1987; Olubobokun 과 Craig, 1990).

라. Nylon bag 건물 소화율 측정

반추위내에서 건물소화율 측정을 위해 nylon bag 에 표준상태의 암모니아처리 볏짚을 각각 4 - 5g 넣고 nylon 줄로 봉한 후 nylon 망에 넣어 39 - 40 $^{\circ}$ C 의 온수에 약 30분간 침지시킨 후 반추위내에 넣고 24, 48 및 72시간 배양하였다(Figure 2).

배양 시간 별로 nylon bag을 수거한 후 맑은 물이 나올때까지 일정한 동작으로 흐르는 수도물에서 충분히 세척하고 60 $^{\circ}$ C 의 drying oven 에서 48시간 건조 후 칭량하여 건물소화율을 측정하였다.

마. Nylon bag 유기물 소화율 측정

반추위내 유기물 소화율(%)은 nylon bag에 표준상태의 암모니아 처리 볏짚을 각각 4-5g 넣은 후 반추위내에 넣고 배양 후 nylon bag을 수거하여 세척, 건조한 후 유기물 함량을 측정하여 유기물 소화율을 계산하였다.

4. 통계처리

조성분 함량 및 반추위내 소화율 측정결과는 t-test와 분산분석후 Duncan 의 다중검정법(1955)으로 평균간의 유의성을 검정하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

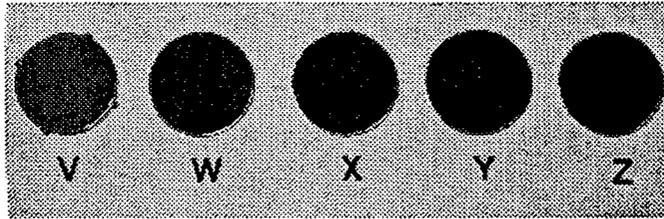
1. 암모니아 처리벼짚의 조성분 함량

벼짚의 결속방법별 처리농도 및 처리수준을 달리 하였을때 암모니아 처리 후의 벼짚의 색상변화는 Figure 3과 같이 처리농도가 높을수록 진한 색상을 나타냈으며 결속방법별 조성분 함량변화는 처리기간 별로 각각 Tables 14-22와 같다.

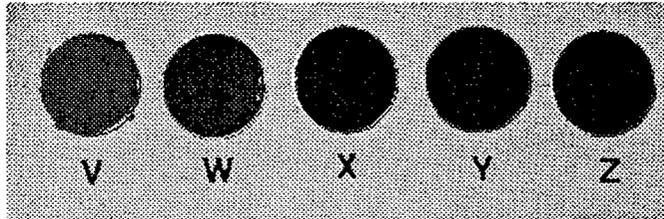
결속방법이 다른 벼짚에 각각 0, 3, 4, 5 및 6%의 암모니아가스를 처리한후 8주째의 조회분 및 조섬유 함량(%)은 Tables 14 및 15에서 보는바와 같이 결속형태 및 암모니아 처리수준간에 차이가 없었다.

조단백질 함량(%)은 Table 16에서 보는 바와 같이 결속형태에 관계없이 3% 이상의 암모니아가스 처리시 무처리에 비하여 유의적으로 증가하였으나($p < .05$), 인력결속 및 원형곤포가 3% 처리수준에서 조단백질 증가량이 높는데 비하여 사각곤포 및 압축벼짚의 경우 낮은 경향을 나타내 4% 이상 처리하여야 할 것으로 사료된다.

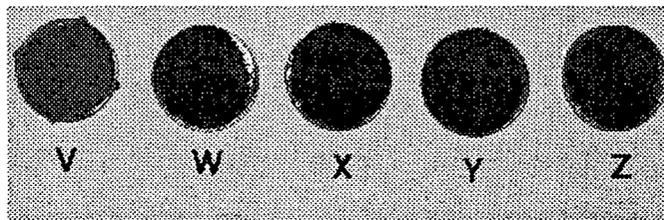
짚류에 대한 알칼리처리는 헤미셀룰로스에 존재하는 유론산 잔기와 리그닌사이의 에스테르 결합을 비누화(saponification)시키게 되며, 알칼리 처리가 높은 온도에서 이루어질 경우에는 일련의 반응을 통해 리그닌 화합물의 phenylpropane단위체 사이의 에테르 결합이 파괴되어 유리 페놀산이 생성됨으로써 리그닌의 분자량



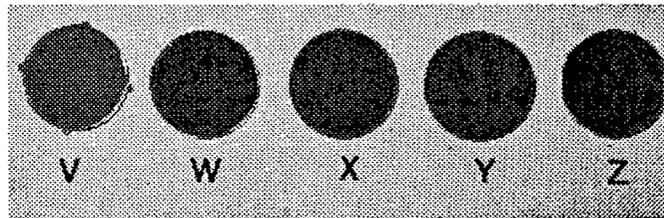
A



B



C



D

Figure 3. Photographs of rice straws at 8 weeks after NH_3 treatment

(A : Sheaf, B : Square bale, C : Round bale and D : Pressed

V : 0%, W : 3%, X : 4%, Y : 5%, Z : 6%).

Table 14. Effect of NH₃ level on the crude ash contents of rice straw at 8 weeks after treatments(%)^a

Binding types	NH ₃ level(%)				
	0	3	4	5	6
Sheaf	10.69	10.40	9.74	10.74	10.44
Square bale	9.20	10.13	10.14	9.72	10.29
Round bale	11.72	11.28	10.30	9.88	10.35
Pressed	12.04	10.93	11.51	10.87	12.16

^a All values are expressed on the dry matter basis.

Table 15. Effect of NH₃ level on the crude fiber contents of rice straw at 8 weeks after treatments(%)^a

Binding types	NH ₃ level(%)				
	0	3	4	5	6
Sheaf	29.01	27.75	29.15	29.02	28.38
Square bale	28.78	30.61	29.28	28.66	27.57
Round bale	31.89	28.89	28.18	27.89	28.71
Pressed	31.72	29.48	31.10	29.72	28.82

^a All values are expressed on the dry matter basis.

Table 16. Effect of NH₃ level on the crude protein contents of rice straw at 8 weeks after treatments(%)*

Binding types	NH ₃ level(%)				
	0	3	4	5	6
Sheaf	4.72 ^b	11.08 ^a	12.79 ^a	13.12 ^a	13.15 ^a
Square bale	4.68 ^b	11.13 ^a	11.81 ^a	12.57 ^a	12.59 ^a
Round bale	4.38 ^b	10.28 ^a	11.03 ^a	11.73 ^a	11.80 ^a
Pressed	4.46 ^b	9.73 ^a	10.51 ^a	10.82 ^a	12.17 ^a

* All values are expressed on the dry matter basis.

a, b, c Means with different superscripts differ significantly(p<.05).

이 감소하고, 헤미셀룰로스와의 에테르 결합이 파괴되어 알칼리 용액내에서의 리그닌의 용해성이 증가하게 된다(Theander와 Aman, 1984)

암모니아 처리시 짚류의 화학성분 중 가장 현저한 변화를 나타내는 것은 조단백질 함량의 증가로서, 일반적으로 무처리짚에 비하여 처리짚의 조단백질 함량은 2-3배 증가하는 것으로 알려져 있는데(Horton, 1978; Horton과 Steacy, 1979; Kernan 등, 1979; Saenger 등, 1983; 김 등, 1986; 맹 등, 1986, 1987; 강 등, 1987; Han 등, 1989; Kim 등, 1990a) 이들의 결과와 본 결과는 유사하였다.

결속방법이 다른 벚짚에 각각 0, 3, 4, 5 및 6%의 암모니아가스를 처리한후 10 주재의 조회분 및 조섬유 함량(%)은 Tables 17 및 18에서 보는바와 같이 결속 형태 및 암모니아 처리수준간에는 차이가 없는 것으로 나타났다.

조단백질 함량(%)은 Table 19에서 보는 바와 같이 결속형태에 관계없이 3% 이상의 암모니아가스 처리시 무처리에 비하여 유의적으로 증가하였으나($p < .05$), 인력결속 및 원형곤포에 비하여 사각곤포 및 압축뿔짚의 경우 조단백질 함량 증가 수준이 낮은 경향을 나타냈으며 8주간 처리한 뿔짚과도 차이가 없었는데 이는 처리시 외기온도가 20°C 이상의 고온이었기 때문이라고 생각된다.

암모니아 처리에 의한 짚류의 조단백질 함량의 증가는 암모니아 질소의 일부가 짚내에 축적되기 때문인데, 이러한 암모니아 질소의 짚내의 축적은 세포벽 구성성분 중 셀룰로스 및 헤미셀룰로스와 리그닌 사이의 결합을 변화시키면서 이루어진다고 하였는데(Tarkow와 Feist, 1969) 이는 본 실험결과와 같았다. 암모니아 처리에 의한 세포벽구성성분의 감소는 많은 연구자들에 의해 보고되었는데(Oji 등, 1977; Garrett 등, 1979; Horton, 1981; 김 등, 1986; 맹 등, 1986, 1987; 강 등, 1987; 양 등, 1989; Han 등, 1990a), 세포벽 물질 중 헤미셀룰로스, 리그닌, NDF, ADF 및 실리카의 함량이 감소되는 것이다.

Table 17. Effect of NH₃ level on the crude ash contents of rice straw at 10 weeks after treatments(%)^a

Binding types	NH ₃ level(%)				
	0	3	4	5	6
Sheaf	10.69	10.98	11.72	12.11	11.45
Square bale	9.20	12.13	11.96	11.23	10.54
Round bale	11.72	12.65	10.97	8.59	9.48
Pressed	12.04	11.32	10.37	11.01	12.10

^a All values are expressed on the dry matter basis.

Table 18. Effect of NH₃ level on the crude fiber contents of rice straw at 10 weeks after treatments(%)^a

Binding types	NH ₃ level(%)				
	0	3	4	5	6
Sheaf	29.01	31.68	29.55	30.01	27.97
Square bale	28.78	27.50	29.18	29.96	27.83
Round bale	31.89	28.86	28.34	27.25	28.43
Pressed	31.72	28.96	28.71	28.01	30.17

^a All values are expressed on the dry matter basis.

Table 19. Effect of NH₃ level on the crude protein contents of rice straw at 10 weeks after treatments(%)^{*}

Binding types	NH ₃ level(%)				
	0	3	4	5	6
Sheaf	4.72 ^b	12.12 ^a	12.98 ^a	13.45 ^a	14.18 ^a
Square bale	4.68 ^b	12.13 ^a	13.12 ^a	12.98 ^a	13.49 ^a
Round bale	4.38 ^b	11.14 ^a	12.13 ^a	12.79 ^a	13.14 ^a
Pressed	4.16 ^b	10.12 ^a	11.75 ^a	12.22 ^a	12.76 ^a

^{*} All values are expressed on the dry matter basis.

^{a, b, c} Means with different superscripts differ significantly(p<.05).

결속방법이 다른 볏짚에 각각 0, 3, 4, 5 및 6%의 암모니아가스를 처리한후 12 주째의 조회분 함량(%)은 Tables 20 및 21에서 보는바와 같이 8주 및 10주간 처리와 마찬가지로 결속형태 및 암모니아 처리수준간에 차이가 없었다.

조단백질 함량(%)은 Table 22에서 보는 바와 같이 결속형태에 관계없이 3% 이상의 암모니아가스 처리시 무처리에 비하여 유의적으로 증가하였으나($p < .05$), 인력결속 및 원형곤포에 비하여 사각곤포 및 압축뿔짚의 경우 조단백질 함량이 낮은 경향을 나타내어 가장 널리 사용하고 있는 사각곤포의 경우 4% 정도의 처리수준을 유지해야 할 것으로 생각된다.

조단백질 함량 증가는 암모니아의 축적에 의한 것으로 암모니아 축적비율은 짚의 종류, 처리방법 및 수분함량등에 따라 달라지는데 (Waiss 등, 1972; Hartley와 Jones, 1978), Buettner 등(1982)은 57%, Lawlor와 O'Shea (1979) 및 Saenger 등(1982)은 50%, 그리고 Herrera-Saldana 등(1982)은 18%가 축적되었다고 보고하였다.

암모니아의 축적비율은 암모니아 가스보다 암모니아수로 처리하였을 때 (Herrera-Saldana 등, 1982; 맹 등, 1986, 1987), 낱가리식이나 사일로식에 비해 오븐식(thermo ammoniation)에서 (강 등, 1987) 그리고 낱가리식에 비해 조립식 간 이 사일로식에서 더 높게 나타나는 것으로 보고되었다.

Table 20. Effect of NH_3 level on the crude ash contents of rice straw at 12 weeks after treatments(%)^a

Binding types	NH_3 level(%)				
	0	3	4	5	6
Sheaf	10.69	10.71	10.12	10.32	9.97
Square bale	9.20	11.17	11.56	10.61	12.65
Round bale	11.72	10.90	10.88	9.46	10.60
Pressed	12.04	11.42	10.94	11.10	12.06

^a All values are expressed on the dry matter basis.

Table 21. Effect of NH₃ level on the crude fiber contents of rice straw at 10 weeks after treatments(%)^a

Binding types	NH ₃ level(%)				
	0	3	4	5	6
Sheaf	29.01	28.58	29.28	29.07	30.44
Square bale	28.78	28.50	28.32	29.20	28.71
Round bale	31.89	29.87	30.11	32.80	30.33
Pressed	31.72	29.71	30.31	28.61	28.23

^a All values are expressed on the dry matter basis.

Table 22. Effect of NH₃ level on the crude protein contents of rice straw at 12 weeks after treatments(%)^{*}

Binding types	NH ₃ level(%)				
	0	3	4	5	6
Sheaf	4.7 ^b	13.3 ^a	14.2 ^a	14.5 ^a	16.3 ^a
Square bale	4.7 ^b	11.9 ^a	12.4 ^a	13.7 ^a	15.1 ^a
Round bale	4.4 ^b	11.2 ^a	12.4 ^a	13.5 ^a	14.6 ^a
Pressed	4.2 ^b	11.3 ^a	11.7 ^a	12.3 ^a	13.3 ^a

^{*} All values are expressed on the dry matter basis.

^{a, b, c} Means with different superscripts differ significantly(p<.05).

2. 암모니아 처리볏짚의 nylon bag 소화율

암모니아가스 처리된 48종의 볏짚과 무처리된 4종의 볏짚에 대한 반추위내 소화율을 측정하기 위하여 반추위 cannula가 장착된 Holstein 젖소 3두를 공시하여 반추위 발효시간별 (24, 48 및 72시간)로 3반복씩 소화율 시험을 수행한 결과는 Table 23~34와 같다.

8주, 10주 및 12주간 암모니아가스 처리한 인력결속 볏짚의 nylon bag 건물 소화율은 Tables 23, 24 및 25와 같이 배양후 24시간까지는 유의적인 차이가 없었으나 48시간 및 72시간째에는 암모니아 처리에 의하여 반추위내 소화율이 증진되었으나($p < .05$), 암모니아 처리수준 및 처리기간에는 유의적인 차이가 없었다.

암모니아 처리에 의해 저질조사료의 *in vitro* 및 *in vivo* 소화율이 향상된다고 하였는데(Garrett 등, 1974; Oji 등, 1977; Horton, 1978; Horton과 Steacy, 1979; Lawlor와 O'Shea, 1979; Buettner 등, 1982; Saenger, 1982; Herrera-Saldana 등, 1982; Yoon 등, 1983; Faulkner 등, 1984; Smith 등, 1984; 맹과 김, 1984; Zorrilla-Rios 등, 1985; 김 등, 1986; 맹 등, 1986, 1987, 양 등, 1989; 신 등, 1989, 1990; 김 등, 1990a; 김과 정, 1993) 이와 같은 결과는 본 실험에서도 유사하게 나타났다.

화학적 처리에 의해 저질조사료의 사료 섭취량 및 소화율이 개선되는 정도는 화학제의 종류, 처리수준 및 처리방법, 짚의 종류 그리고 동물의 종류 등에 따라 다르게 나타나는 것으로 알려져 있다.

Han과 Garrett(1986)이 실험결과들을 분석·종합한 바에 의하면 알칼리 처리에 의한 저질조사료의 사료 섭취량 개선효과는 가성소다 처리시는 -21 - 82%의 범위로서 평균 36.8%, 암모니아 처리시는 -3 - 93%의 범위로서 평균 30.8%, 요소 처리시는 -31 - 124%의 범위로서 평균 24.1%, 과산화수소 처리시는 3 - 35%의 범위로서 평균 23.7% 그리고 가성소다처리 펠렛제조시에는 12 - 82%의 범위로서 평균 51.2% 수준이라고 보고하였다.

처리짚의 종류별 사료 섭취량의 개선효과는 벼짚, 보리짚, 밀짚 그리고 귀리짚에 있어서 암모니아처리의 경우에는 각각 28.1, 31.7, 30.7 및 23.3%로서 보리짚에 대한 처리효과가 가장 높았으며, 요소처리의 경우에는 각각 41.3, 10.8, 29.6 및 65.5%로서 귀리짚의 처리효과가 가장 높게 나타났다고 하였으며, 동물의 종류에 따른 사료 섭취량의 개선효과는 면양, 산양, 육우 및 젖소에 있어서 암모니아 처리시는 34.2, 51.0, 30.7 및 7.8%라고 하였다(Han과 Garrett, 1986).

Table 23. *In situ* dry matter disappearance of NH₃ treated sheaf rice straw at 8 weeks in the rumen of Holstein cows(%)

NH ₃ level(%)	Rumen exposure time(hr)		
	24	48	72
0	36.6	41.9 ^b	48.5 ^b
3	40.8	57.7 ^a	68.7 ^a
4	40.5	62.9 ^a	69.0 ^a
5	41.7	61.6 ^a	69.8 ^a
6	43.4	62.7 ^a	68.5 ^a

^{a, b} Means with different superscripts differ significantly($p < .05$).

Table 24. *In situ* dry matter disappearance of NH₃ treated sheaf rice straw at 10 weeks in the rumen of Holstein cows(%)

NH ₃ level(%)	Rumen exposure time(hr)		
	24	48	72
0	37.4	42.7 ^b	49.4 ^b
3	40.4	57.9 ^a	69.7 ^a
4	41.5	64.2 ^a	69.5 ^a
5	41.9	62.6 ^a	70.4 ^a
6	42.9	62.4 ^a	69.6 ^a

^{a, b} Means with different superscripts differ significantly(p<.05).

Table 25. *In situ* dry matter disappearance of NH₃ treated sheaf rice straw at 12 weeks in the rumen of Holstein cows(%)

NH ₃ level(%)	Rumen exposure time(hr)		
	24	48	72
0	37.5	43.1 ^b	50.1 ^b
3	41.2	60.4 ^a	69.5 ^a
4	41.0	64.7 ^a	69.9 ^a
5	42.3	63.8 ^a	71.2 ^a
6	44.1	64.2 ^a	72.4 ^a

^{a, b} Means with different superscripts differ significantly(p<.05).

8주, 10주 및 12주간 암모니아가스 처리한 사각곤포 볏짚의 경우 Tables 26, 27 및 28에 나타난 바와 같이 배양후 24시간까지는 처리수준간에 차이가 없었으나 48시간 이후 3% 이상의 암모니아가스 처리구가 대조구에 비하여 소화율이 유의적으로 증가되었으며($p < .05$) 특히, 처리수준이 4, 5 및 6%로 증가할 수록, 약 66% 까지 소화율이 증진되었으나 6% 처리시에도 인력결속의 소화율 증가에는 못미쳤다.

Table 26. *In situ* dry matter disappearance of NH_3 treated square bale rice straw at 8 weeks in the rumen of Holstein cows(%)

NH ₃ level(%)	Rumen exposure time(hr)		
	24	48	72
0	37.5	40.3 ^b	49.9 ^b
3	40.0	56.8 ^a	58.5 ^a
4	39.1	61.5 ^a	63.6 ^a
5	40.5	61.5 ^a	65.5 ^a
6	39.1	62.0 ^a	66.4 ^a

^{a, b} Means with different superscripts differ significantly($p < .05$).

Table 27. *In situ* dry matter disappearance of NH₃ treated square bale rice straw at 10 weeks in the rumen of Holstein cows(%)

NH ₃ level(%)	Rumen exposure time(hr)		
	24	48	72
0	38.6	40.7 ^o	50.3 ^o
3	40.9	57.9 ^a	59.8 ^a
4	39.8	61.9 ^a	63.9 ^a
5	41.9	62.3 ^a	66.7 ^a
6	42.1	62.5 ^a	66.8 ^a

^{a, b} Means with different superscripts differ significantly(p<.05).

Table 28. *In situ* dry matter disappearance of NH₃ treated square bale rice straw at 12 weeks in the rumen of Holstein cows(%)

NH ₃ level(%)	Rumen exposure time(hr)		
	24	48	72
0	38.9	41.6 ^o	51.4 ^o
3	41.4	56.8 ^a	59.2 ^a
4	42.2	60.6 ^a	64.5 ^a
5	43.0	62.9 ^a	66.7 ^a
6	42.4	63.4 ^a	66.9 ^a

^{a, b} Means with different superscripts differ significantly(p<.05).

8주, 10주 및 12주간 암모니아가스 처리한 원형곤포 벃짚의 경우 Tables 29, 30 및 31과 같이 배양 24시간째에 암모니아가스 5% 및 6% 처리구의 소화율이 무처리구보다 높았으며($p < .05$), 48 및 72 시간째에는 3% 이상 암모니아가스 처리시 대조구에 비하여 약 10% 정도 소화율이 증진되었다($p < .05$). 특히 4% 처리시에는 3% 인력결속 벃짚과 유사하게 약 20% 증가 되었으나 4% 이상의 처리수준에서는 차이가 없었다.

화학적 처리에 의한 저질조사료의 건물 소화율 개선효과는 평균적으로 암모니아 처리시 28.6%, 처리짚의 종류별 건물 소화율의 개선효과는 벃짚, 보리짚 및 밀짚에 있어서 암모니아 처리시는 각각 33.7, 30.4, 및 30.0%, 동물의 종류에 있어서는 면양, 육우 및 젖소의 경우에 암모니아 처리시는 각각 26.4, 10.5 및 36.8%로서 일반적으로 젖소에서 처리에 의한 소화율의 개선효과가 높았다고 하였는데(Han과 Garrett, 1986) 이들의 결과와 본 실험 결과와는 유사하였다.

Table 29. *In situ* dry matter disappearance of NH_3 treated round bale rice straw at 8 weeks in the rumen of Holstein cows(%)

NH ₃ level(%)	Rumen exposure time(hr)		
	24	48	72
0	34.0 ^d	40.5 ^d	48.3 ^d
3	38.4 ^{ab}	56.4 ^a	58.2 ^a
4	40.6 ^{ab}	63.3 ^a	67.8 ^a
5	44.8 ^a	63.9 ^a	68.8 ^a
6	49.6 ^a	63.2 ^a	68.4 ^a

^{a, b} Means with different superscripts differ significantly($p < .05$).

Table 30. *In situ* dry matter disappearance of NH₃ treated round bale rice straw at 10 weeks in the rumen of Holstein cows(%)

NH ₃ level(%)	Rumen exposure time(hr)		
	24	48	72
0	34.7 ^d	41.2 ^d	49.0 ^d
3	39.1 ^{ab}	56.9 ^a	58.9 ^a
4	40.4 ^{ab}	64.5 ^a	68.2 ^a
5	45.1 ^a	65.2 ^a	69.3 ^a
6	50.4 ^a	65.7 ^a	69.9 ^a

^{a, b} Means with different superscripts differ significantly(p<.05).

Table 31. *In situ* dry matter disappearance of NH₃ treated round bale rice straw at 12 weeks in the rumen of Holstein cows(%)

NH ₃ level(%)	Rumen exposure time(hr)		
	24	48	72
0	35.4 ^b	42.6 ^d	49.7 ^d
3	38.9 ^{ab}	57.3 ^a	59.4 ^a
4	40.9 ^{ab}	63.9 ^a	69.1 ^a
5	44.5 ^a	65.9 ^a	69.0 ^a
6	51.1 ^a	65.6 ^a	69.7 ^a

^{a, b} Means with different superscripts differ significantly(p<.05).

8주, 10주 및 12주간 암모니아가스 처리한 압축볏짚의 경우 Tables 32, 33 및 34와 같이 배양 24시간째에 암모니아 가스 6% 처리구의 소화율이 무처리구보다 높았으며($p < .05$), 48 및 72 시간째에는 3% 이상 암모니아 처리시 대조구에 비하여 약 10% 정도 소화율이 증진되었다($p < .05$). 특히 4% 처리시에는 약 15% 증가 되었으나 4% 이상의 처리수준에서는 차이가 없었다.

이상의 결과 인력결속 및 원형곤포의 경우 3%의 암모니아가스 처리 만으로 효과적이거나 사각곤포 및 압축볏짚은 4%가 적정 처리수준으로 사료되나 생산성 및 가축의 생리에 미치는 영향등에 관한 실험결과를 얻은 후 종합하여야 최종 결론을 내릴수 있다고 생각되며 처리기간간에 소화율의 차이가 없는 것은 처리시기의 의존도가 높았기때문이라고 생각된다.

Table 32. *In situ* dry matter disappearance of NH_3 treated pressed bale rice straw at 8 weeks in the rumen of Holstein cows(%)

NH ₃ level(%)	Rumen exposure time(hr)		
	24	48	72
0	31.3 ^b	41.4 ^b	51.2 ^b
3	35.7 ^b	52.8 ^{ab}	59.3 ^{ab}
4	38.2 ^{ab}	60.1 ^a	65.5 ^a
5	41.7 ^a	62.3 ^a	64.3 ^a
6	45.5 ^a	64.9 ^a	66.8 ^a

^{a, b} Means with different superscripts differ significantly($p < .05$).

Table 33. *In situ* dry matter disappearance of NH₃ treated pressed bale rice straw at 10 weeks in the rumen of Holstein cows(%)

NH ₃ level(%)	Rumen exposure time(hr)		
	24	48	72
0	31.9 ^b	42.6 ^b	51.7 ^b
3	36.4 ^b	52.9 ^{ab}	60.2 ^{ab}
4	39.0 ^{ab}	60.7 ^a	64.9 ^a
5	41.9 ^a	63.4 ^a	65.7 ^a
6	46.7 ^a	65.2 ^a	66.7 ^a

^{a, b} Means with different superscripts differ significantly(p<.05).

Table 34. *In situ* dry matter disappearance of NH₃ treated pressed bale rice straw at 12 weeks in the rumen of Holstein cows(%)

NH ₃ level(%)	Rumen exposure time(hr)		
	24	48	72
0	32.4 ^b	42.8 ^b	51.8 ^b
3	37.1 ^b	53.4 ^{ab}	61.0 ^{ab}
4	39.5 ^{ab}	61.2 ^a	65.8 ^a
5	41.4 ^a	63.0 ^a	65.4 ^a
6	44.5 ^a	66.1 ^a	69.2 ^a

^{a, b} Means with different superscripts differ significantly(p<.05).

제 5 장 암모니아 처리수준이 사각곤포 벧짚의 암모니아 이용효율 및 부위별 처리효과에 미치는 영향

제 1 절 서 론

조사료 생산이 부족한 우리 나라의 축산환경에서 벧짚은 오랫동안 널리 이용되어온 부존 조사료원이나 영양적 가치가 매우 낮고 이용율이 낮아 이를 개선하기 위한 연구가 널리 수행되어 왔다. 벧짚의 사료가치 증진을 위한 많은 방법 중 암모니아 처리효과는 처리수준, 온도, 처리기간 및 수분함량 등 여러가지 요인들의 의해 영향을 받는다(Westgaard, 1981). Waagepetersen와 Thomsen(1977)은 보리짚에 각각 3.4, 4.4 및 5.9%의 암모니아를 15~55℃의 온도범위에서 처리하였을 때, 15 및 30℃에서 암모니아 처리수준의 증가함에 따라 처리효과가 있었다고 보고하였다. Sundstol 등(1978)은 호밀짚에 1~5% 수준으로 암모니아를 처리하였는데, *in vitro* 건물 소화율은 암모니아의 처리수준을 1%에서 2.5%로 증가시킬 때 현저히 개선되었으나 그 이상의 처리수준에서는 처리효과가 크지 않았다고 보고하였다. 따라서 암모니아의 적정 처리수준은 Kernan과 Spurr(1978)는 3.0~4.0%라고 하였으며, Sundstol 등(1979)은 2.5~3.5%라고 하였다.

암모니아 처리에 따른 화학반응은 일반적으로 저온에서보다 고온에서 빠르게 진행되는데, Waagepetersen 등(1976)은 반응초기의 온도, 암모니아의 처리수준 및 수분함량 등에 따라 암모니아의 처리효과는 40~60℃에서 다양하게 나타난다고 하였다.

수분함량은 암모니아의 처리효과에 영향을 미치는 또다른 중요한 요소인데, Weiss 등(1972)은 처리시의 수분함량이 30%일때 암모니아의 처리효과가 가장 좋다고 하였으며, Sundstol 등(1979)은 짚의 수분함량을 12%에서 50%로 증가시킬

때 *in vitro* 건물 소화율이 개선되었다고 하였다.

암모니아 처리시 짚류의 화학성분 중 가장 현저한 변화를 나타내는 것은 조단백질 함량의 증가로서, 일반적으로 무처리짚에 비하여 처리짚의 조단백질 함량은 2~3배 증가하는 것으로 발표되었다(Horton, 1978; Horton과 Steacy, 1979; Kernan 등, 1979; Saenger 등, 1983; 김 등, 1986; 맹 등, 1986a,b; 강 등, 1987; Han 등 1989; Kim 등, 1990a). 암모니아 축적비율은 짚의 종류, 처리방법 및 수분함량등에 따라 달라지는데 (Waiss 등, 1972; Hartley와 Jones, 1978). Buettner 등 (1982)은 57%, Lawlor와 O'Shea (1979) 및 Saenger 등(1982)은 50%, 그리고 Herrera-Saldana 등(1982)은 18%가 축적되었다고 발표하였다.

암모니아 처리에 의한 세포벽구성성분의 감소는 많은 연구자들에 의해 보고되었는데(Oji 등, 1977; Garrett 등, 1979; Horton, 1981; 김 등, 1986; 맹 등, 1986a,b, 1987; 강 등, 1987; 양 등, 1989; Han 등, 1989), 세포벽 물질 중 헤미셀룰로스, 리그닌, NDF, ADF 및 실리카의 함량이 감소된다고 하였다.

암모니아 처리에 의한 저질조사료의 사료 섭취량 증가는 많은 연구결과(Sundstol, 1984; Streeter와 Horn, 1984; Zorrilla-Rios 등; 맹 등, 1986; 신 등, 1988, 1989; 양 등, 1989; 김과 정, 1993)에 의하여 증명되었고, 저질조사료의 소화율도 암모니아 처리에 의해 향상된다고 하였다(Zorrilla-Rios 등, 1985; 김 등, 1986; 맹 등, 1986,1987, 양 등, 1989; 신 등, 1989,1990; 김 등, 1990a; 김과 정, 1993).

우리나라의 부존 조사료원으로 널리 이용되는 벼짚은 가을철 일손부족 및 인건비 과다로 벼짚의 수거형태가 인력결속에서 기계를 이용하는 사각곤포 형태로 급속히 바뀌고 있다. 그러나 농가에 널리 보급되어 있는 암모니아 처리기간 및 처리농도는 기존의 인력결속 연구결과를 적용하므로써 결속상태가 강한 사각곤포의 경우 암모니아 처리상태가 매우 불량한 것으로 알려져 있다. 또한 낱가리식에 의한 벼짚의 암모니아 처리시 인력결속 벼짚은 처리가 잘되었다고 생각되지만 사각

곤포벚짚의 경우 암모니아 처리상태 및 벚짚의 사료가치 증진이 의심스러워 사각곤포의 경우 암모니아 처리기간 및 수준에 대한 연구가 요망된다.

따라서 본 연구는 사각곤포 벚짚의 암모니아 처리수준을 구명하여 결속형태에 따른 적합한 처리방법을 적용하므로써 벚짚의 효율적 이용을 도모하고 사각곤포 벚짚의 암모니아 처리상태를 구명하여 벚짚의 이용율을 증진시키고자 실시하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험재료 및 암모니아 처리

경기도 화성군 정남면 일대에서 구입한 사각곤포 벃짚을 두께 0.1mm vinyl 로 잘 봉한 후 처리구별로 2%, 3%, 4%(w/w)의 암모니아 가스를 주입하여 8주 동안 저장한 후 개봉하여 3일간 잔류 암모니아가스를 방출하여 암모니아 처리를 완료하였다.

2. 실험설계

본 실험은 암모니아 처리수준(2, 3 및 4%)이 사각곤포 벃짚의 사료가치 증진에 미치는 효과를 조사하기 위하여 각 처리당 3반복으로 처리한 후 각 처리구의 일반 조성분 및 세포벽구성성분 변화를 분석하고, 난가리내의 암모니아 가스 잔존율 및 벃짚내 질소흡착율을 측정하여 각 처리구의 부위별 처리효과를 조사하였다 (Table 35).

Table 35. Experimental design

Item	Control	Treatment		
		I	II	III
Treatment level of NH ₃ gas (%, w/w)	0	2	3	4
Treatment period(weeks)	0	8	8	8

3. 조사항목

가. 일반 조성분 및 세포벽구성성분

암모니아 처리수준별에 따른 사각곤포 벯짚의 조성분 함량은 AOAC(1990)방법에 따라 dry matter, crude protein, ether extract, crude fiber, crude ash 함량을 측정하였다.

암모니아 처리수준별 사각곤포벯짚내 세포벽구성물질의 변화는 Georing과 Van Soest방법(1970)에 의하여 neutral detergent fiber(NDF)와 acid detergent fiber(ADF)를 분석하고 hemicellulose함량은 NDF와 ADF의 차이로 계산하였다.

나. 날가리내 암모니아 가스 잔존율

암모니아 처리 후 날가리내 잔존 가스량을 측정하기 위하여 vinyl bag 하단부의 일정부위를 통해 가스측정기(GASTEC, Japan)를 사용하여 암모니아 가스를 측정하였다(Figure 4).

다. 벯짚내 질소흡착율

암모니아 처리수준별로 벯짚 시료를 채취하여 질소함량을 측정한 후 날가리내 질소 주입량에 대한 벯짚내 질소함량 증가율로서 벯짚의 질소 흡착율을 측정하였다.

라. 벯짚 부위별 암모니아 처리 효과

암모니아 처리수준에 따른 사각곤포 벯짚의 암모니아처리효과를 조사하기 위하여 각 처리수준별로 사각곤포의 외부와 내부에서 벯짚시료를 채취한 후 AOAC방법(1990)에 따라 조성분을 분석하였다.

4. 통계분석

실험 결과는 분산분석 후 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 처리간의 유의성을 검정하였다.



Figure 4. Photograph of gastech used for measurement of NH_3 contents

제 3 절 결과 및 고찰

1. 암모니아 처리 사각곤포 벧짚의 사료가치

암모니아 처리수준에 따른 벧짚 사각곤포의 조성분 함량은 Table 36과 같다. 고형물함량은 대조구 93.1%에 비하여 암모니아 2, 3 및 4% 처리구는 각각 92.3, 92.2 및 93.3%로 차이가 없었으며 조회분 함량 또한 대조구 11.47%에 비하여 각각 9.79, 9.34 및 10.56%로 감소하였으나 유의적인 차이는 없었다.

조지방 함량은 암모니아 처리수준별로 각각 2.21, 2.41 및 2.11로 대조구 1.61%에 비하여 유의적으로 증가하였으며($p < .05$) 조단백질 함량도 대조구 4.57%에 비하여 각각 9.07, 9.45 및 9.62%로 크게 증가하였으나($p < .05$) 암모니아 3%와 4% 처리구 간에는 유의적인 차이가 없었다. 이는 보리짚에 암모니아를 7%까지 처리시 조단백질 함량이 계속 증가 되었으나, 3%이상 수준에서는 유의적인 증가가 없었다는 이(1981)의 보고와 Horton(1978)이 호밀짚과 보리짚에, Zorrilla-Rios등(1985)도 호밀짚에 3.5%의 암모니아를 처리하였을 때 약 2-3배의 조단백질 함량이 증가된 결과와 Kernan등(1979)이 호밀, 귀리, 보리짚의 14품종을 대상으로 5%의 암모니아를 처리하였을 때 4.7~8.1%의 조단백질 함량의 변화와, 맹과 김(1984)이 벧짚에 3%의 암모니아를 처리하였을 때 조단백질 함량이 2.2~4.4배 증가하였다는 보고와 일치하였다.

이같은 효과는 암모니아 처리에 의한 짚류의 조단백질 함량의 증가는 무수암모니아에 함유된 질소의 일부가 짚내에 축적되기 때문인데, 이러한 암모니아 질소의 짚내의 축적은 세포벽 구성성분 중 셀룰로스 및 헤미셀룰로스와 리그닌 사이의 결합을 변화시키면서 이루어진다고 알려져 있다(Tarkow와 Feist, 1969).

Table 36. Chemical composition of rice straw by various levels of NH₃ treatment

Item	Control	Treatment		
		I	II	III
Dry matter	93.1	92.3	92.2	93.3
Crude protein	4.57 ^c	9.07 ^b	9.45 ^a	9.62 ^a
Crude fiber	29.17	28.06	27.79	28.26
Crude ash	11.47	9.79	9.34	10.56
Ether extract	1.61 ^b	2.21 ^a	2.41 ^a	2.11 ^a
NDF	65.18 ^a	63.11 ^b	62.31 ^b	61.03 ^b
ADF	45.50 ^a	44.53 ^a	42.07 ^b	43.41 ^b
Hemicellulose	19.68	18.58	20.24	17.62
Lignin	5.88	6.45	6.78	5.62
Silica	8.85	9.44	8.98	8.68

^{a, b, c} Means with different superscripts differ significantly (p<.05).

조섬유 함량은 대조구 29.17%에 비하여 각각 28.06, 27.79 및 28.26%로 암모니아 처리에 따른 차이가 없었으나 중성세제섬유소 함량은 대조구 65.18%에 비하여 각각 63.11, 62.31 및 61.03%로 유의적으로 감소하였다($p < .05$). Oji(1971)은 corn stover에 Miller 등(1979)은 콩 짚에, Horton 등 (1981)은 보리짚, 귀리짚, 호맥 짚에 암모니아 처리시 NDF 함량이 감소되었다고 하였으며, 볏짚을 이용한 본 시험에서도 이들과 유사한 결과를 나타내었다. 이와 같은 NDF 감소를 Kolpfenstin(1978)은 hemicellulose의 일부가 암모니아 처리에 의하여 용해되어졌기 때문이라고 보고하였다.

산세제섬유소 함량은 암모니아 3%와 4% 처리구가 각각 42.07%와 43.41%로 대조구와 2% 처리구 45.50%와 44.53%보다 유의적으로 감소하였으나($p < .05$) hemicellulose, lignin 및 silica의 함량은 암모니아 처리수준에 관계없이 대조구에 비하여 차이가 없었다. 이는 암모니아 처리에 의한 세포벽구성성분 중 헤미셀룰로스, 리그닌, NDF, ADF 및 실리카의 함량이 감소된다고 보고와(Oji 등, 1977; Garrett 등, 1979; Horton, 1981; 김 등, 1986; 맹 등, 1986a,b, 1987; 강 등, 1987; 양 등, 1989; Han 등, 1989) 일부 차이가 있었다.

2. 낱가리내 암모니아 가스 잔존율

암모니아 처리 후 낱가리내 잔존 암모니아 함량(ppm)을 측정한 결과는 Table 37과 같다. 암모니아 처리 1일 후 암모니아 2, 3 및 4% 처리구에서 각각 3.5, 4.2 및 7.2 ppm이 측정되었으나 2주째에는 1.4, 1.8 및 4.6 ppm으로 감소하였고, 4주째에는 1.0, 1.4 및 2.4ppm으로 급격히 감소하였다. 이후 6주과 8주째에는 각각 0.9, 1.2 및 2.3ppm과 0.9, 1.0 및 1.8ppm으로 처리 4주 이후 감소수준이 저하되어 암모니아 처리수준에 따라 차이가 있으나 2% 처리수준의 경우 약 4주, 3%와 4% 처리수준의 경우에는 각각 6주 및 8주경에 흡착되는 것으로 사료된다.

Table 37. The NH₃ contents in the rice straw stack treated with ammonia gas(ppm)

Item	Treatment		
	I	II	III
	NH ₃ contents(ppm)		
1 Day	3.50	4.20	7.20
2 Weeks	1.40	1.80	4.60
4 Weeks	1.00	1.40	2.40
6 Weeks	0.90	1.20	2.30
8 Weeks	0.90	1.00	1.80

3. 사각곤포 볏짚내 질소흡착율

암모니아 처리수준에 따른 볏짚내 질소 흡착율을 Table 38에서 보는 바와 같이 무처리 볏짚내 질소함량은 대조구가 0.8%인데 비하여 암모니아 2%처리구는 1.61%로 약 0.81%의 질소함량이 증가하여 암모니아태질소 공급량 1.64의 약 49.39%가 흡착되는 것으로 나타났으며 3% 처리구의 경우 볏짚내 질소함량이 1.84%로 약 1.04%가 증가하여 공급량 2.46의 약 42.28%가 흡착되었으며 4% 처리구는 공급량 3.28의 약 33.84%인 1.11이 흡착되는 것으로 나타났다.

질소흡착율은 암모니아 2%처리구의 경우 49.39%, 3% 처리구는 42.28% 그리고 4% 처리구는 33.84%로 암모니아 처리수준이 증가함에 따라 질소 흡착율이 저하되는 것으로 나타났다($p < .05$).

Table 38. Rate of nitrogen adsorption into square bale rice straw treated with ammonia gas(%)

Item	Control	Treatment		
		I	II	III
Nitrogen contents	0.80 ^c	1.61 ^b	1.84 ^a	1.91 ^a
Increased nitrogen	-	0.81	1.04	1.11
Added ammonia nitrogen	-	1.64	2.46	3.28
Adsorption rate	-	49.39 ^a	42.28 ^b	33.84 ^c

^{a,b,c} Means with different superscripts differ significantly($p < .05$).

4. 볏짚 부위별 암모니아 처리 효과

암모니아 처리수준에 따른 볏짚 사각콘포의 부위별 처리효과를 조사한 결과는 Table 39와 같다. 고형물함량은 대조구가 93.16%인데 비하여 암모니아 2, 3 및 4% 처리구의 안쪽과 바깥쪽이 각각 92.02, 91.83, 92.31, 92.26, 92.09 및 91.90%로 암모니아 처리수준이나 사각콘포의 부위별에 따른 고형물 함량의 차이는 없는 것으로 나타났다.

조단백질 함량은 처리수준이 증가함에 따라 3%수준까지는 대조구 4.57%에 비하여 약 8~9%정도까지 유의적으로 증가하였으며($p < .05$), 사각콘포의 내부와 외부 간에도 2%처리구의 경우 7.76%와 8.36%로, 3%처리구는 8.26%와 9.26% 그리고 4%처리구는 8.86%와 9.33%로 차이가 있는 것으로 나타났다.

조섬유 함량은 대조구 29.31%에 비하여 암모니아 2, 3 및 4% 처리구의 안쪽과 바깥쪽이 각각 27.27, 29.27, 27.22, 27.44, 28.69 및 29.19%로 암모니아 처리수준이나 사각콘포의 부위별에 따른 조섬유 함량의 차이는 없는 것으로 나타났으며, 특히 사각콘포의 내부와 외부간에도 내부가 낮게 나타나고 있으나 유의적인 차이는

없었다.

조회분 함량은 대조구 11.49%에 비하여 암모니아 2, 3 및 4% 처리구의 안쪽과 바깥쪽이 각각 9.35, 8.43, 9.42, 9.28, 12.01 및 10.94%로 암모니아 처리에 의하여 4% 내부를 제외하고 암모니아 처리에 의하여 볏짚 사각곤포의 조회분 함량이 감소하는 것으로 나타났다.

조지방 함량은 대조구 1.61%에 비하여 암모니아 2, 3 및 4% 처리구의 안쪽과 바깥쪽이 각각 1.85, 2.43, 1.88, 2.34, 1.90 및 2.01%로 암모니아 처리에 의하여 볏짚 사각곤포의 조지방 함량이 감소하는 것으로 나타났으며, 볏짚 사각곤포 외부의 조지방 함량이 내부에 비하여 높은 것으로 나타났다.

Table 39. Relative efficacy of NH₃ treatment(nitrogen distribution) at inside and outside in square bale rice straw(%)*

Item	Control	Treatment					
		I		II		III	
		-	Inside	Outside	Inside	Outside	Inside
Dry matter	93.16	92.02	91.83	92.31	92.26	92.09	91.90
Crude protein	4.57 ^c	7.76 ^b	8.36 ^b	8.26 ^b	9.26 ^a	8.86 ^a	9.33 ^a
Crude fiber	29.31	27.27	29.27	27.22	27.44	28.69	29.19
Crude ash	11.49 ^a	9.35 ^b	8.43 ^b	9.42 ^b	9.28 ^b	12.01 ^a	10.94 ^b
Ether extract	1.61 ^c	1.85 ^b	2.43 ^a	1.88 ^b	2.34 ^a	1.90 ^b	2.01 ^b

* All values are expressed on the dry matter basis except dry matter.

^{a,b,c} Means with different superscripts differ significantly(p<.05).

제 6 장 볏짚의 결속방법별 암모니아 처리수준이 착 유우의 생산성에 미치는 영향

제 1 절 서 론

저질조사료에 대한 화학적 처리는 반추동물의 사료 섭취량과 소화율을 증가시켜 동물의 생산능력을 향상시키게 된다. 그러나 반추동물에 의한 화학적 처리짚의 이용성은 총 사료내의 짚의 비율, 급여수준, 함께 급여하는 사료의 조성 및 처리하는 화학제의 종류 등에 따라 달라진다.

육성 비육우에 대한 암모니아처리 짚의 급여효과는 농후사료와 목초사일레지의 급여량을 동일하게 했을 때 1일 증체량은 무처리구 530g, 암모니아처리구 660g으로서 암모니아처리 짚의 급여로 증체효과가 현저히 개선되었다(Pestalozzi 와 Matre, 1976). Sundstol과 Matre(1980)는 무처리 짚의 경우 1.9kg의 농후사료를 보충하고, 암모니아처리 짚의 경우에는 1.25kg의 농후사료를 보충하여 육성중인 거세우에게 급여했을 때, 1일 증체량은 암모니아처리 짚의 급여로 인해 349g에서 434g으로 현저히 증가하였다고 보고하였다. 맹 등(1986)은 3% 암모니아가스 및 암모니아수 처리 볏짚을 육성비육우에게 급여했을 때, 무처리 볏짚에 비해 사료섭취량은 암모니아가스 및 암모니아수 처리시에 각각 28.4 및 43.4%가 증가되었으며, 1일 증체량은 각각 20.8% 및 29.9%가 증가되었다고 보고하였다. 신 등(1988)은 한우에게 체중의 2% 농후사료와 함께 3% 암모니아처리 볏짚을 급여했을 때 무처리 볏짚 급여시에 비해 1일 증체량은 910g에서 1,000g으로, 도체율은 55.7%에서 56.7%로 향상되었다고 발표하였다. Kim 등(1990a)은 4%의 암모니아 및 가성소다를 각각 처리한 볏짚을 숫송아지에게 급여했을 때, 사료섭취량은 무처리 볏짚 2.53kg에 비해 암모니아 및 가성소다처리 볏짚의 경우 각각 3.06 및 3.04kg으로 현저히 증가되었으며, 1일 증체량도 무처리 볏짚 급여시 810g에 비해 암모니아 및 가성소다처리 볏짚 급여시에 각각 960 및 880g으로 현저히 증가되었다고 보고하

였다.

Foldager(1978)는 젖소의 처녀우에게 1.3kg의 당밀과 사탕무우 및 0.6kg의 대두박과 함께 암모니아처리 보리짚을 급여할 경우에 사료섭취량은 7%, 1일 증체량은 106g이 개선되었다고 보고하였으며, Arnason(1980a)은 대조구에 비해 농후사료 급여량을 1.3kg 적게하고 가성소다처리 보리짚을 급여했을 때 1일 증체량이 대조구의 707g에 비해 772g으로 증가함을 보고하였다. 젖소 처녀우에게 보리짚만을 급여하는 경우에는 3.5% 암모니아처리로 인해 사료섭취량이 51% 증가하였으며, 무처리 보리짚 급여시에는 1일 447g의 체중의 감소함을 보였으나 암모니아처리 보리짚 급여시에는 1일 324g의 증체효과를 나타내었다(Orskov 등, 1981). Saenger 등(1983)은 0.9kg의 보충사료를 3% 암모니아처리 밀짚과 함께 급여할 경우 암모니아처리 밀짚의 사료섭취량이 30% 증가된다고 발표하였다. Kristense(1984)은 1일 600g의 증체를 요하는 젖소의 처녀우에게 필요로하는 영양소를 함유한 소화되기 쉬운 보충사료를 함께 급여할 경우에는 총 사료의 70~80%를 알칼리처리 짚으로 급여할 수 있으며, 알칼리처리 짚에 질소, 광물질 및 비타민을 보충하여 공급할 경우에는 1일 400g의 증체가 가능하다고 보고하였다. Rissanen과 Kossila(1977)는 목초사일레지의 급여량은 증가시키는 대신 농후사료의 급여량을 감소시키면서 무처리 및 암모니아처리 귀리짚을 젖소에게 급여했을 때, 귀리짚의 사료 섭취량은 암모니아처리에 의해 15% 증가되었으나 목초사일레지의 급여량이 건물기준 1kg 증가할 수록 암모니아처리 귀리짚의 건물섭취량은 0.6kg 감소하였으며, 농후사료의 급여량이 상당량 감소됨에도 불구하고 우유생산량에는 영향이 없었을 뿐아니라 젖소 체내의 에너지 균형은 암모니아처리 귀리짚 급여시에 개선됨을 보고하였다. Hermansen(1983)은 28%의 무처리 보리짚과 41%의 암모니아처리 보리짚을 각각 젖소에게 급여했을 때 사료섭취량에는 차이가 없었으나 산유량은 각각 19.7 및 21.0kg, 그리고 유지율은 각각 3.89 및 4.12%로서 암모니아처리 보리짚 급여시에 산유량과 유지율이 현저히 높았다고 보고하였다.

가을철 일손부족 및 인건비 과다로 벼짚의 수거형태가 인력결속에서 기계를 이용하는 사각곤포 형태로 급속히 바뀌고 있으나 농가에 널리 보급되어 있는 암모

니아 처리기간 및 처리농도는 기존의 인력결속 연구결과를 적용하므로써 결속상태가 강한 사각곤포의 암모니아 처리수준에 대하여 많은 문제점이 제기되고 있어 사각곤포에 대한 암모니아 처리수준에 대한 연구가 요망된다.

따라서 본 연구에서는 인력결속 벧짚과 사각곤포 벧짚을 동일한 수준(0, 2, 3 및 4%)으로 암모니아를 처리한 후 젖소의 사료섭취량, 산유량, 우유조성, 혈액내 질소합량 및 우유내 체세포수를 조사하므로써 사각곤포 벧짚에 대한 암모니아 처리수준이 젖소의 생산성 및 우유의 품질에 미치는 효과를 구명하고 나아가 사료가 치 증진, 생산성, 처리효율, 안전성 및 경제성을 고려한 결속형태별 암모니아의 적정 처리수준을 제시하기 위하여 수행하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험장소 및 공시축 선정

본 실험은 오투기목장에서(Figure 5) 사육중인 총 50여두의 착유우중에서 체중, 산차수, 비유시기 및 산유량이 유사한 36두를 선발하여 처리당 9두를 배치하고 1996년 5월부터 9월까지 총 5개월에 걸쳐 다음과 같은 실험을 수행하였다.

일반 사양관리는 오투기 목장의 관행 사양관리방법에 준하여 실시하였으며, 급여하는 조사료는 실험용 암모니아 처리 볏짚(Figure 6)과 옥수수 사일리지이며 농후사료는 착유우 사료 및 TMR로 1일 2회(06:00, 16:00) 급여한다. 물은 항상 자유음수토록 하였고, 착유는 Tandom식 착유사에서 06:00 및 17:00 시에 기계착유하였다.



Figure 5. Photograph of experimental dairy farm

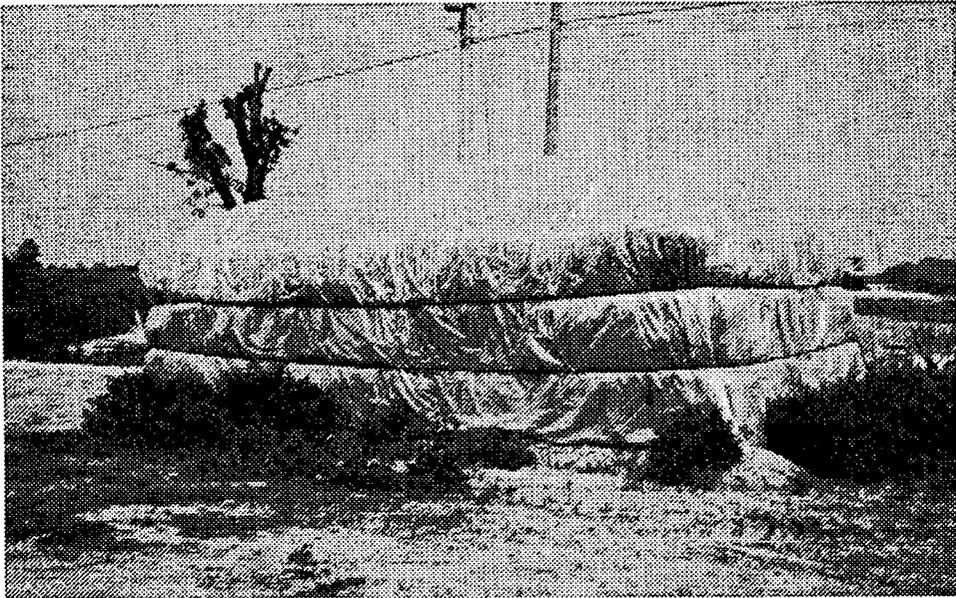


Figure 6. Photograph of NH_3 treated rice straw stack.

2. 실험설계

가. 실험 I (사각곤포 벗짚)

실험 I은 5월부터 6월까지 2달동안 사각곤포벗짚에 Table 40과 같이 암모니아 처리수준에 따라 각각 Control(0), 처리 I (2%), 처리 II (3%) 및 처리 III (4%)의 4가지 처리구로 나누어 수행하였다.

Table 40. Experimental design and the conditions of experimental dairy cows for NH₃ treated square bale rice straw

Item	Control	Treatment		
		I	II	III
NH ₃ concentration(%)	0	2	3	4
No. of cows(head)	9	9	9	9
Body weight(kg)	615	608	602	610
No. of calving	1.8	1.6	1.3	2.0
Days after calving	165	160	150	155
Milk yield (kg/day)	19.56	19.52	19.60	19.54

나. 실험 II (인력결속 벧짚)

실험 II는 8월부터 9월까지 2달동안 인력결속 벧짚에 Table 41과 같이 암모니아 처리수준에 따라 각각 Control(0), 처리 I (2%), 처리 II (3%) 및 처리 III (4%)의 4가지 처리구로 나누어 수행하였다.

Table 41. Experimental design and the conditions of experimental dairy cows for NH₃ treated sheaf type rice straw

Item	Control	Treatment		
		I	II	III
NH ₃ concentration(%)	0	2	3	4
No. of cows(head)	9	9	9	9
Body weight(kg)	617	610	604	609
No. of calving	2.2	2.1	1.8	1.7
Days after calving	155	160	150	140
Milk yield (kg/day)	18.52	18.54	18.59	18.61

3. 실험사료 및 성분분석

본 실험에 사용된 농후사료, 혼합사료(TMR), 옥수수 사일리지 및 암모니아 처리 벧짚의 화학적 조성은 AOAC 방법(1990)에 의하여 분석하였는데 그 결과는 Table 42와 같다.

4. 조사항목

가. 사료 섭취량 측정

매일 오전과 오후에 급여하는 농후사료와 조사료의 양을 측정하고, 조사료 급여기간동안 섭취한 벧짚의 양을 조사하여 평균 풍건물 벧짚섭취량을 구하고, 수분함량에 따라 건물섭취량을 산정하였다.

나. 산유량 측정

산유량 측정은 착유사에서 개체별로 1일 2회 착유하여 이를 합산한 후 평균하여 1일 평균산유량으로 계산하였다.

다. 우유 조성분 분석

공시우의 유단백질, 유지율, 유당 함량은 시료로 채취된 원유를 40 °C의 Water bath에서 5-10분간 교반시키면서 가온한후 Milko-Scan (Foss Electric사, Denmark) 자동분석기로 분석하였다.

Table 42. Chemical composition of feedstuffs fed to experimental dairy cows(%)^a

Item	Dry matter	Crude protein	Crude fiber	Crude ash	Ether extract
NH ₃ treated rice straw					
Square bale					
0 %	89.17	5.02	32.40	13.47	2.07
2 %	89.40	10.04	31.62	13.35	1.98
3 %	89.09	11.47	31.74	13.84	1.91
4 %	89.12	11.96	31.23	13.12	1.90
Sheaf type					
0 %	88.70	5.10	31.52	13.69	1.89
2 %	88.65	10.48	30.95	13.67	1.85
3 %	88.24	12.04	30.89	13.43	1.82
4 %	88.20	12.56	30.38	13.52	1.83
Corn silage	25.37	9.45	31.92	5.91	3.15
Concentrate	89.47	18.91	19.45	9.12	1.97
TMR feed	87.57	17.45	23.47	6.54	1.94

^a All values are expressed on the dry matter basis except dry matter.

라. 우유내 체세포수 측정

공시우에서 착유된 원유의 체세포수를 알아보기 위해 각 시험우 군마다 3두를 선정하여 10일 간격으로 Sampling한 후 Fossmatic 300(Foss Electric사, Denmark) 자동분석기로 체세포수를 측정하였다.

마. 혈액내 NH₃-N 함량 측정

암모니아 처리에 의하여 뱃짚의 조단백질 함량이 증가되고 이는 반추위 내에서 분해되어 미생물에 의해 이용되고, 일부 암모니아가 위벽을 통하여 흡수되어 혈액내로 유입되므로, 암모니아 처리뱃짚 급여후 1시간째 혈액 10ml를 채취하여 heparin을 처리한 tube에 넣고, 실온에서 하루 정치시킨후 15분간 3,000rpm에서 원심분리 시킨후 상등액인 serum을 분석용 시료로 사용하여 Chaney와 Marbach 방법(1962)으로 분석하였다.

바. 혈액내 요소태질소 함량 측정

혈액내 요소태 질소(Blood urea nitrogen, BUN)함량 측정은 반추위내에서 분해되어 흡수된 암모니아의 요소전환 정도를 파악하기 위하여 사료급여후 3시간째에 경정맥에서 혈액 10ml를 채취하여 Serum을 이용하여 분석하며, 분석기기는 Automatic Blood Chemistry Analyzer(ASCA, USA)를 사용하였다.

5. 통계분석

실험결과에 대한 통계처리는 SAS(1985)을 이용하여 분산분석에 의한 F-test를 사용하고, 각 처리 평균간의 유의성 검정은 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)에 의하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 사료섭취량

사각곤포 벯짚의 암모니아 처리수준에 따른 젖소의 사료섭취량은 Table 43과 같다. 벯짚의 암모니아 처리수준에 관계없이 일일 농후사료와 옥수수 사일레지를 각각 10kg씩 섭취시키고 혼합사료를 3kg씩 급여하였을 때 벯짚 섭취량은 암모니아를 처리하지 않은 벯짚은 3.02kg 인데 비하여 암모니아 2% 처리구는 3.72kg으로 대조구에 비하여 유의적으로 증가하였으며($p < .05$), 암모니아 3%와 4% 처리구의 벯짚섭취량도 각각 3.95kg과 3.97kg으로 대조구와 2% 처리구에 비하여 유의적으로 증가하였으나($p < .05$) 3%와 4% 처리간에는 유의적인 차이가 없었다.

건물 섭취량은 대조구가 16.82kg 인데 비하여 암모니아 2% 처리구는 7.45kg으로 증가하였으며($p < .05$) 암모니아 3%와 4% 처리구는 17.64kg과 17.66kg으로 대조구와 암모니아 2% 처리구보다 유의적으로 증가하였으나 3%와 4% 처리간에는 유의적인 차가 나타나지 않았다. 조단백질 섭취량은 암모니아 2%, 3% 및 4% 처리구가 각각 2.73kg, 2.80kg 및 2.82kg으로 대조구 2.53kg보다 유의적으로 증가하였으나 건물섭취량과 마찬가지로 3%와 4% 처리간에는 차이가 없었다.

인력결속 벯짚의 암모니아 처리수준에 따른 젖소의 사료섭취량은 Table 44과 같이 모든 젖소에게 일일 농후사료와 옥수수 사일레지를 각각 10kg씩 섭취시키고 혼합사료를 3kg씩 급여하였을 때 벯짚 섭취량은 암모니아를 처리하지 않은 벯짚은 3.32kg 인데 비하여 암모니아 2% 처리구는 3.82kg으로 대조구에 비하여 유의적으로 증가하였으며($p < .05$), 암모니아 3%와 4% 처리구의 벯짚섭취량도 각각 3.94kg과 3.96kg으로 대조구와 2% 처리구에 비하여 유의적으로 증가하였으나($p < .05$) 3%와 4% 처리간에는 유의적인 차이가 없었다.

건물 섭취량은 대조구가 17.07kg 인데 비하여 암모니아 2% 처리구는 17.51kg으로 증가하였으며($p < .05$) 암모니아 3%와 4% 처리구는 17.60kg과 17.62kg으로 대조구와 암모니아 2% 처리구보다 유의적으로 증가하였으나 3%와 4% 처리간에는

유의적인 차가 나타나지 않았다. 조단백질 섭취량은 암모니아 2%, 3% 및 4% 처리구가 각각 2.75kg, 2.81kg 및 2.83kg으로 대조구 2.54kg보다 유의적으로 증가하였으나 건물섭취량과 마찬가지로 3%와 4% 처리간에는 차이가 없었다.

볏짚 섭취량은 인력결속볏짚의 경우 무처리와 2% 암모니아 처리구가 3.32kg과 3.82kg으로 사각곤포 3.02kg과 3.72kg보다 많았으나 유의적인 차이는 없었으며 3%와 4% 처리구의 경우 매우 유사하게 나타났다.

저질조사료의 사료 섭취량 개선효과는 암모니아 처리시는 -3 - 93%의 범위로서 평균 30.8%, 처리짚의 종류별 사료 섭취량의 개선효과는 볏짚, 보리짚, 밀짚 그리고 귀리짚에 있어서 암모니아처리의 경우에는 각각 28.1, 31.7, 30.7 및 23.3%로서 보리짚에 대한 처리효과가 가장 높았으며, 동물의 종류에 따른 사료 섭취량의 개선효과는 면양, 산양, 육우 및 젖소에 있어서 암모니아 처리시는 34.2, 51.0, 30.7 및 7.8%였다는 Han과 Garrett(1986)의 보고와 본 연구의 결과가 유사하게 나타났다.

Table 43. Feed and nutrient intake of lactating dairy cows fed square bale rice straw with various level of NH₃ treatment (Kg/head/day)

Item	Control	Treatment		
		I	II	III
Feed intake ^a				
Concentrate	10.0	10.0	10.0	10.0
TMR feed	3.0	3.0	3.0	3.0
Corn silage	10.0	10.0	10.0	10.0
Rice straw	3.02 ^c	3.72 ^d	3.95 ^c	3.97 ^c
Nutrient intake ^b				
Dry matter	16.82 ^c	17.45 ^d	17.64 ^c	17.66 ^c
Crude protein	2.53 ^c	2.73 ^d	2.80 ^c	2.82 ^c

^a All values are expressed as fed basis.

^b All values are expressed on the dry matter basis.

^{c,d,e} Means with different superscripts differ significantly(p<.05).

Table 44. Feed and nutrient intake of dairy cows fed sheaf type rice straw with various level of NH₃ treatment (Kg/head/day)

Item	Control	Treatment		
		I	II	III
Feed intake ^a				
Concentrate	10.0	10.0	10.0	10.0
TMR feed	3.0	3.0	3.0	3.0
Corn silage	10.0	10.0	10.0	10.0
Rice straw	3.32 ^c	3.82 ^d	3.94 ^c	3.96 ^c
Nutrient intake ^b				
Dry matter	17.07 ^c	17.51 ^d	17.60 ^c	17.62 ^c
Crude protein	2.54 ^c	2.75 ^d	2.81 ^c	2.83 ^c

^a All values are expressed as fed basis.

^b All values are expressed on the dry matter basis.

^{c,d,e} Means with different superscripts differ significantly($p < .05$).

2. 산유량

사각콘포 볏짚의 암모니아 처리수준에 따른 젖소의 산유량은 Table 45에 서와 같이 시험시작후 30일간 평균산유량은 암모니아 0%, 2% 3% 및 4% 처리구가 각각 18.05kg, 18.52kg, 18.81kg 및 18.79kg으로 암모니아 처리구의 산유량이 대조구보다 높았으며, 시험 31일에서 60일 사이에는 각각 15.62kg, 16.76kg, 16.95kg 및 17.12kg으로 3%와 4% 처리간에는 차이가 없었으나 암모니아 처리구의 산유량이 무처리구보다 높게 나타났다($p < .05$). 시험 60일간의 평균 산유량은 대조구가 16.84kg 인데 비하여 암모니아 2%, 3% 및 4% 처리구는 각각 17.64kg, 17.88kg 및 17.96kg으로 유의적으로 높았다($p < .05$).

인력결속 볏짚의 암모니아 처리수준에 따른 젖소의 산유량은 Table 46에서와 같이 시험시작후 30일간 평균산유량은 암모니아 0%, 2% 3% 및 4% 처리구가 각

Table 45. The average milk production of dairy cows fed square bale rice straw with various level of NH₃ treatment(kg)

Item	Control	Treatment		
		I	II	III
Initial	19.56	19.54	19.58	19.54
1 - 30 days	18.05 ^c	18.52 ^b	18.81 ^a	18.79 ^a
31 - 60 days	15.62 ^c	16.76 ^b	16.95 ^a	17.12 ^a
Mean	16.84 ^c	17.64 ^b	17.88 ^a	17.96 ^a

^{a,b,c} Means with different superscripts differ significantly(p<.05).

Table 46. The average milk production of dairy cows fed sheaf type rice straw with various level of NH₃ treatment(kg)

Item	Control	Treatment		
		I	II	III
Initial	18.52	18.54	18.57	18.58
1 - 30 days	16.88 ^c	17.39 ^b	17.85 ^a	17.86 ^a
31 - 60 days	15.64 ^b	16.84 ^a	16.97 ^a	17.03 ^a
Mean	16.26 ^c	17.11 ^b	17.41 ^a	17.45 ^a

^{a,b,c} Means with different superscripts differ significantly(p<.05).

각 16.88kg, 17.39kg, 17.85kg 및 17.86kg으로 암모니아 처리구의 산유량이 대조구보다 높았으며, 시험 31일에서 60일 사이에는 각각 15.64kg, 16.84kg, 16.97kg 및 17.03kg으로 3%와 4% 처리간에는 차이가 없었으나 암모니아 처리구의 산유량이 무처리구보다 높게 나타났다($p < .05$). 시험 60일간의 평균 산유량은 대조구가 16.26kg 인데 비하여 암모니아 2%, 3% 및 4% 처리구는 각각 17.11kg, 17.41kg 및 17.45kg으로 유의적으로 높았다($p < .05$).

볏짚의 결속형태에 따른 평균 산유량의 차이는 없었으며 암모니아 처리에 의하여 산유량이 증가하는 것으로 나타났고 암모니아 처리수준 3%와 4% 간에도 산유량의 차이는 없었다.

Rissanen과 Kossila(1977)는 목초사일레지의 급여량은 증가시키는 대신 농후사료의 급여량을 감소시키면서 무처리 및 암모니아처리 귀리짚을 젖소에게 급여했을 때, 귀리짚의 사료 섭취량은 암모니아처리에 의해 15% 증가되었으나 목초사일레지의 급여량이 건물기준 1kg 증가할 수록 암모니아처리 귀리짚의 건물섭취량은 0.6kg 감소하였으며, 농후사료의 급여량이 상당량 감소됨에도 불구하고 우유생산량에는 영향이 없었을 뿐 아니라 젖소 체내의 에너지 균형은 암모니아처리 귀리짚 급여시에 개선되었다고 보고하였으며, Hermansen(1983)은 28%의 무처리 보리짚과 41%의 암모니아처리 보리짚을 각각 젖소에게 급여했을 때 사료섭취량에는 차이가 없었으나 산유량은 각각 19.7 및 21.0kg, 그리고 유지율은 각각 3.89 및 4.12%로서 암모니아처리 보리짚 급여시에 현저히 높았다고 보고하였다.

3. 우유 조성분

시험기간동안 암모니아처리 사각콘포 볏짚 급여구의 유지방, 유당 및 유단백질 함량은 Table 47과 같다. 사각콘포볶짚 급여시 유지방함량은 무처리구 3.37에 비하여 암모니아 2%, 3% 및 4% 처리구가 각각 3.47, 3.51 및 3.47%로 높았으나 유의적인 차이는 없었다. 사각콘포볶짚 급여 처리구별 평균 유당함량은 4.24, 4.27, 4.34 및 4.34%로 암모니아 처리볶짚의 급여기간 및 처리수준에 관계없이 차이가 없었으며, 유단백질 함량도 암모니아 처리수준이 증가함에 따라 3.11, 3.13, 3.15 및 3.15%로 높아졌으나 유의적인 차이는 없었다.

암모니아처리 인력결속 볏짚 급여구의 유지방, 유당 및 유단백질 함량은 Table 48과 같이 유지방함량은 무처리구 3.71에 비하여 암모니아 2%, 3% 및 4% 처리구가 각각 3.83, 3.04 및 3.94%로 높았으나 유의적인 차이는 없었다. 인력결속볶짚 급여 처리구별 평균 유당함량은 4.28, 4.49, 4.51 및 4.23%로 암모니아 25와 3% 처리구가 대조구 및 4% 처리구보다 수치상으로는 높았으나 유의적인 차이는 없었으며, 유단백질 함량도 암모니아 처리수준과 관계없이 3.19, 3.20, 3.16 및 3.21%로 나타나 볏짚의 결속방법과 암모니아 처리수준이 우유 조성분에 미치는 효과는 없는 것으로 나타났다.

Table 47. Milk composition of dairy cows fed square bale rice straw with various level of NH₃ treatment(%)

Item	Experimental days	Control	Treatment		
			I	II	III
Fat	1 - 30 days	3.40	3.46	3.59	3.46
	31 - 60 days	3.34	3.48	3.42	3.48
	Mean(60 days)	3.37	3.47	3.51	3.47
Lactose	1 - 30 days	4.21	4.12	4.36	4.18
	31 - 60 days	4.27	4.41	4.32	4.50
	Mean(60 days)	4.24	4.27	4.34	4.34
Protein	1 - 30 days	3.09	3.13	3.14	3.16
	31- 60 days	3.13	3.12	3.15	3.14
	Mean(60 days)	3.11	3.13	3.15	3.15

Table 48. Milk composition of dairy cows fed sheaf type rice straw with various level of NH₃ treatment(%)

Item	Experimental days	Control	Treatment		
			I	II	III
Fat	1 - 30 days	3.80	4.12	4.10	4.14
	31 - 60 days	3.62	3.53	3.97	3.74
	Mean(60 days)	3.71	3.83	4.04	3.94
Lactose	1 - 30 days	4.24	4.55	4.46	4.17
	31 - 60 days	4.31	4.43	4.56	4.28
	Mean(60 days)	4.28	4.49	4.51	4.23
Protein	1 - 30 days	3.16	3.15	3.10	3.16
	31- 60 days	3.21	3.25	3.21	3.26
	Mean(60 days)	3.19	3.20	3.16	3.21

4. 우유내 체세포수

암모니아 처리 볏짚사각곤포 급여에 따른 체세포수 변화는 Table 49과 같이 시험전에 비하여 대조구는 13,000이 증가하였고 2%, 3% 및 4% 암모니아 처리볏짚 급여구는 16,000, 22,000 및 11,000이 증가하여 암모니아 처리수준에 따른 차이는 없는 것으로 나타났으며 전체적인 체세포수 증가는 계절적인 영향으로 사료된다.

인력결속 볏짚 급여시에도 체세포수는 Table 50과 같이 시험전에 비하여 대조구는 19,000이 감소하였고 2%, 3% 및 4% 암모니아 처리볏짚 급여구는 12,000, 12,000 및 32,000이 감소하여 암모니아 처리수준에 관계없이 모든 시험군에서 감소하였는데, 이는 외부 사육환경의 변화에 의한 것으로 외기온도의 저하에 의한 것으로 생각된다.

Table 49. The somatic cell count in milk of dairy cows fed square bale rice straw with various level of NH₃ treatment(10³/ml)

Item	Control	Treatment		
		I	II	III
Initial	285	256	273	276
Final	298	272	295	287
Difference	+ 13	+ 16	+ 22	+ 11

Table 50. The somatic cell count in milk of dairy cows fed sheaf type rice straw with various level of NH₃ treatment(10³/ml)

Item	Control	Treatment		
		I	II	III
Initial	214	205	197	235
Final	195	193	185	203
Difference	- 19	- 12	- 12	- 32

5. 혈액내 NH₃-N 및 요소태 질소 함량

암모니아처리 볏짚사각콘포 급여 60일 후 혈액내 NH₃-N 및 요소태 질소 함량은 Table 51과 같이 NH₃-N 함량(mg/100ml) 대조구는 0.24이고 2%, 3% 및 4% 암모니아 처리볏짚 급여구는 0.28, 0.25, 0.29로 대조구보다 높은 수치를 나타내었으나 통계적인 유의차는 없었으며, 요소태질소 함량(mg/100ml)은 각각 15.55, 15.97, 15.92 및 16.07로 처리구간에 차이가 없는 것으로 나타났다.

암모니아처리 인력결속볏짚 급여 60일 후 혈액내 NH₃-N 및 요소태 질소 함량은 Table 52와 같이 NH₃-N 함량(mg/100ml) 대조구는 0.21이고 2%, 3% 및 4% 암모니아 처리볏짚 급여구는 0.21, 0.25, 0.26으로 3%와 4% 처리구가 대조구보다 높은 수치를 나타내었으나 유의적인 차이는 없었으며, 요소태질소 함량(mg/100ml)은 각각 16.32, 17.12, 15.94 및 16.25로 처리구간에 차이가 없는 것으로 나타났다.

Garrido 등(1992)은 낱가리식으로 암모니아를 처리한 짚을 소와 면양에게 급여했을 때 일부에서 과민성 흥분증이 발생됨을 보고하였는데, 본 실험에서는 혈액내 NH₃-N 및 요소태질소 함량은 암모니아 처리수준에 관계없이 차이가 없고 흥분증이 발견되지 않았다.

Table 51. The concentration of NH₃-N and urea nitrogen in blood of dairy cows fed square bale rice straw with various level of NH₃ treatment (mg/100ml)

Item	Control	Treatment		
		I	II	III
NH ₃ -N	0.24 ± 0.05	0.28 ± 0.03	0.25 ± 0.06	0.29 ± 0.07
Urea nitrogen	15.55 ± 1.44	15.97 ± 1.56	15.92 ± 1.13	16.07 ± 1.51

Table 52. The concentration of NH₃-N and urea nitrogen in blood of dairy cows fed sheaf type rice straw with various level of NH₃ treatment (mg/100ml)

Item	Control	Treatment		
		I	II	III
NH ₃ -N	0.21 ± 0.04	0.21 ± 0.03	0.25 ± 0.06	0.26 ± 0.05
Urea nitrogen	16.32 ± 1.13	17.12 ± 0.79	15.94 ± 1.02	16.25 ± 0.99

제 7 장 사일레지 첨가물을 이용한 생뿔짚 사일레지 의 제조기술 개발 및 사료가치 평가

제 1 절 서 론

국내여건상 반추가축의 조사료로서 뿔짚은 매우 중요하나 조단백질함량이 4~5%로 다른 조사료원에 비하여 낮은 수준이고 세포벽 구성물질 중 이용가능한 탄수화물이 대부분 silica나 lignin 등과 결합하고 있어 반추위 미생물들에 의한 분해가 어려워 소화율과 섭취량이 떨어지므로 사료적 가치가 매우 낮다(Devendra, 1982).

이러한 뿔짚등의 고간류의 사료적 가치를 향상시키기 위한 방법으로 국내에서는 가성소다(NaOH)처리와 ammonia처리를 통하여 세포벽 조직을 연화 또는 파괴시켜 반추위 미생물들에 의해 분해가 쉽게 이루어지도록 하는 처리방법이 널리 이용되고 있다.

Silage는 반추가축의 조사료로서 건초와 더불어 큰 비중을 차지하고 있으며, 유럽이나 북미에서는 그 생산량이 매년 증가하고 있으며, 양질의 silage 제조와 이용은 조사료 생산의 경제성 면에서 많은 관심과 연구대상이 되고있다.

사료작물을 예취하면 식물자체의 호흡과정과 표면에 붙어 있던 미생물들에 의해 당분이 분해되고 단백질이 파괴되기 시작한다. Silage란 영양소 손실을 줄이기 위해 각종 첨가제를 사용하여 식물체내의 수용성 탄수화물이 bacteria에 의하여 유기산으로 전환되어 유기산의 함량이 증가되고 pH가 낮아지게 되므로 유해한 미생물의 증식을 억제하도록 하는 처리방법이다. 따라서 silage제조시 유산 발효의 촉진은 대단히 중요하며 불필요한 발효로 silage의 사료가치가 떨어지는 것을 방지하여야 한다.

Silage제조용 재료의 품질이 낮은 경우나 silage 재료로서 부적합한 경우 좋은 품질의 silage를 제조하기 위해서는 여러가지 처리 및 첨가제를 사용하여 발효촉

진과 억제, 영양소 보충 및 호기적 변패방지 등의 효과를 얻을 수 있다. McDonald 등(1991)과 김과 임(1987)은 발효촉진을 위해서는 탄수화물인 molasses와 같은 당을 첨가하면 silage의 pH가 낮아지고 유산 생성이 증가되어 품질이 개선되었다고 보고하였다. 또한 AIV용액법이나 formic acid, propionic acid, formaldehyde 및 paraformaldehyde와 같은 화학적 첨가물에 의하여 유해 미생물의 활동을 억제시키는 방법 등을 사용되고 있으며, 호기적 변패방지제로는 propionic acid 등의 유기산류와 항생제 및 ammonia가 사용되며, 영양소 보충의 목적으로는 요소와 같은 비단백태 질소화합물과 탄수화물 및 광물질을 첨가하는 것이 좋다고 알려져 있다.

Boshtedt 등(1941)은 alfalfa 생초에 분쇄 옥수수를 첨가하면 좋은 효과를 얻는다고 발표하였으며, Shockey 등(1985)과 Moon 등(1981)은 적당량 첨가하면 silage의 품질이 개선된다고 보고하였다.

문 등(1989)은 *Lactobacillus plantarum*과 formic acid의 첨가가 옥수수 silage 품질에 좋은 영향을 미친다고 발표하였으며, 그리고 영양소를 보충하기 위하여 조단백질이 낮은 재료에 요소를 첨가하는 방법(이와 박, 1959)과 수분이 많은 재료에 곡류 분말, 강피류를 첨가하면 발효증진의 잇점이 있고 pH가 낮았다고 보고하였다(고, 1970).

Morgan과 Estrange(1979)는 grass meal에 lactic acid를 첨가한 silage를 면양에 급여한 결과 사료섭취량, 반추위액의 총 휘발성지방산 농도, 혈액의 산과 염기 균형 등에는 유의적인 차이가 없었다고 보고하였으며, Waldo(1984)는 formic acid의 첨가 수준에 의하여 energy 소화율과 유생산량이 각각 2% 증가되었다고 보고하였다. 또한 formic acid 첨가 silage는 유기산 조성에 의한 품질 개선효과는 수분 함량이 높은 silage에서 더욱 효과적이라고 보고하였다(채와 Theune, 1979). 또한 formic acid 첨가 혼합건초 silage를 급여한 젖소 사양시험에서 우유 생산량이 formic acid 첨가구가 무처리구에 비해 높았으며, 우유 1kg 생산에 소요되는 사료비도 절감되었다고 보고하였다(김과 임, 1987).

벼수확 직후의 벼짚은 수분함량이 높아 건조시키지 않으면 부패하게 되는데 현

재 가을철 고수분 생볏짚의 많은 양이 노동력부족으로 폐기되고 있어 이의 보존성과 사료가치를 증진시키는 방안이 절실히 요구되고 있다.

따라서 가을철 고수분 생볏짚의 silage제조기술을 개발함으로써 고수분 생볏짚의 손실을 방지하고 볏짚의 사료가치증진에 의한 고품질의 조사료 생산기반을 강화함으로써 축우의 경쟁력을 강화할 수 있다.

본 연구에서는 가을철 생볏짚을 이용한 silage제조시 산[Formic acid, Propionic acid 및 Mixture (Formic acid+Propionic acid)], 미생물(Kem Lac, H/M F 및 P-1122) 및 영양소[Molasses, Urea 및 Mixture (Molasses+Urea)] 첨가가 생볏짚 사일레지의 조성분, pH 및 유기산에 미치는 효과를 조사하여 생볏짚 사일레지의 효과적인 제조방법을 개발하기 위하여 수행하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 공시벚짚 및 생벚짚 silage 제조

본 실험에서는 경기도 가평군 현리에서 9월에 생벚짚을 24시간 예건한 후 3~4cm 크기로 세절을 하여 세절형 생벚짚 silage를 제조하였고, 사각곤포 silage는 가로 40cm, 세로 30cm, 높이 30cm크기로 제작하였다(Figure 7). Silage 제조 후 각각 4점의 비닐백에 넣은 후 진공펌프로 공기를 배제하여 밀봉시켰으며 실온(25℃)에서 8주간 저장하면서 실험을 수행하였다.

2. 실험설계

Silage 제조를 위해 세절한 생벚짚과 사각곤포 생벚짚에 산, 미생물 및 영양소를 Table 53과 같이 처리하여 처리당 3반복으로 실험을 수행하였다.

산첨가구는 formic acid(85%, F), propionic acid(53%, P)와 두가지를 혼합한 mixture(F+P)로 각 성분의 첨가수준은 각각 0.4%, 0.07%였으며 mixture(F+P)는 formic acid는 0.1%였고 propionic acid가 0.01%였다.

미생물첨가구는 silage inoculant로 사용되는 Kem Lac, H/M F와 Pioneer-1122였으며 각각의 첨가수준은 20g/ton, 28g/ton 및 2g/ton으로 최적의 활력을 위해 각각 25L의 수도물에 용해하여 24시간 예비 증식한 후에 사용하였는데 이때 각 첨가구의 생균수는 각각 $1 \times 10^{10}/g$, $5 \times 10^{10}/g$ 및 $2 \times 10^{10}/g$ 이었다.

영양소첨가구는 molasses(M), urea(U)와 두가지를 혼합한 mixture(M+U)로 molasses첨가구에는 sucrose함량 25.6%인 molasses를 1% 첨가하였고, urea첨가구에는 nitrogen 함량 46%인 urea를 0.1%를 첨가하였으며 mixture는 molasses 0.5%와 urea 0.05%를 혼합 첨가하였다.



Figure 7. Photograph of cutting or square bale rice straw silage with vinyl bag

Table 53. Effect of silage additives on silage fermentation characteristics of cut and square bale fresh rice straw

Item	Treatment			
	I	II	III	IV
Acid additives(kg/ton)				
Formic acid	-	4	-	-
Propionic acid	-	-	0.7	-
Mixture	-	-	-	-
Formic acid				1
Propionic acid				0.1
Microbial additives(g/ton)				
Kem Lac	-	20	-	-
H/M F	-	-	28	-
P-1122	-	-	-	2
Nutrient additives(kg/ton)				
Molasses	-	10	-	-
Urea	-	-	1.0	-
Mixture	-	-	-	-
Molasses				5
Urea				0.5

3. 실험재료 및 조성분 분석

본 실험에 사용된 세절 생벼짚, 사각곤포 생벼짚과 첨가물로 사용된 molasses 및 urea를 AOAC 방법(1990)에 의하여 분석한 건물, 조단백질, 조섬유, 조회분 및 조지방 함량은 Table 54와 같다.

Table 54. Chemical composition of ingredients used for fresh rice straw silage (%)^a

Item	Dry matter	Crude protein	Crude fiber	Crude ash	Ether extract
Rice straw					
Cut	54.25	5.60	32.43	11.36	2.09
Square bale	56.34	5.17	31.95	12.12	2.02
Molasses	72.97	4.52	-	8.0	-
Urea	99.00	283.0	-	-	-

^a All values are expressed on the dry matter basis except dry matter.

4. 조사항목

가. 생벼짚 silage의 조성분 함량

Silage 제조시 품질변화를 조사하기 위하여 제조직후와 제조 8주 후 시료를 채취하여 AOAC 방법(1990)에 따라 건물, 조단백질, 조섬유, 조회분 및 조지방을 측정하였다.

나. 생벼짚 silage의 pH 변화

Silage 제조후 저장기간 중 발효상태를 조사하기 위해 pH를 측정하였는데, silage를 4등분법에 의해 시료를 채취하여 5-10mm로 세절한 후 20g을

sample병에 취하고 증류수 150ml를 가하여 silage내의 물질들이 완전히 유리되도록 교반시킨 후 냉장고에서 24시간 방치하였고 여과지(Whatman 5A)에 여과하여 silage 추출액을 제조하여 교반하면서 1분 이내에 pH를 측정하였다.

다. 유기산 함량 및 생뿔짚 silage의 품질 평가

Silage 제조시 미생물발효에 의하여 생성되는 각종 유기산(acetic acid, butyric acid, lactic acid) 함량은 사일레지의 품질을 평가하는 기준이 된다. 유기산 함량은 silage 추출액을 10,000×g, 15분간 원심분리를 하여 상등액을 취한 후 Gas Chromatography (Young In, M680D)를 이용하여 측정하였는데, 그 분석조건은 Table 55와 같다.

Flieg 법은 사일레지 중의 유기산함량을 측정한 다음 그 조성비율로 silage 품질을 평가하는 방법으로 사일레지 품질은 유기산의 종류와 함량에 따라 차이가 있는데 lactic acid 함량이 높고 butyric acid 함량이 낮은 것이 좋은 품질로 평가되고 acetic acid는 모든 유산균이 생성하므로 배제될 수는 없으나 그 양은 사일레지 품질에 영향을 크게 미치지 않는다. 위와 같은 방법으로 acetic acid, butyric acid, lactic acid 및 total acid 함량 비율을 측정하여 silage 품질을 5등급으로 평가하였다.

Table 55. Instrument and operating condition of gas liquid chromatography

Instrument : Young In M680D
Integrator : Young In D520B
Column : HP-FFAD series 530 μ
Carrier gas : Nitrogen (99.99%, Research purity)
Column flow rate : 20ml/min
Injection port temperature : 250 °C
Detector port temperature : 260 °C
Oven temperature : 200 °C
Sample injection volume : 1~2 μ L

5. 통계분석

실험결과에 대한 통계처리는 분산분석에 의한 F-test를 사용하였고, 각 처리 평균간의 유의성 검정은 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)에 의하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 생뱃짚 silage의 조성분 함량

가. 세절 생뱃짚 silage

산, 미생물 및 영양소 첨가가 세절 생뱃짚 silage의 조성분 함량에 미치는 영향은 Table 56과 같다. pH를 낮추어 유해한 미생물의 활동을 억제하고 유산균의 발육을 촉진하게 하는 산 첨가에 의한 세절 생뱃짚의 조단백질의 함량은 formic acid, propionic acid와 mixture(F+P)첨가구가 각각 5.82%, 5.77%와 5.83%로 대조구 5.62%에 비해 다소 증가하였는데 이는 formic acid를 처리함으로써 silage의 조단백질 함량이 증가한다고 보고한 Waldo 등(1969, 1973, 1977)과 Baxter 등(1980)의 결과와 유사하였으며, 고형물과 조지방 함량도 대조구에 비해 다소 증가하였으나 유의적인 차이는 없었다.

미생물 첨가에 의한 세절 생뱃짚 silage의 건물함량은 대조구 51.39%에 비해 Kem Lac., H/M F, P-1122첨가구가 각각 52.03%, 52.80%와 52.45%로 차이가 없었으며, 조단백질 함량 또한 대조구 5.62%에 비하여 5.13%, 5.32%와 5.15%로 유의적 차이가 없었다. 이는 silage에 미생물첨가시 건물함량이 감소하지 않고 pH의 저하는 빠르게 유도된다는 보고(Kung 등, 1984 ; Jones 등, 1992; Sheperd 등, 1995)와 미생물 또는 효소제의 첨가가 silage 내의 단백질 함량에 영향을 미치지 않는다는 연구결과(Stokes, 1992; Chen 등, 1994)와 일치하였다. 위의 결과는 또한 조단백질 함량이 유의성있게 변화되지 않은 것은 *Clostridia* 및 일부 유해 미생물에 의한 오염이 진행되지 않았다는 것을 의미하는 것이며 유해 미생물들에 의한 2차 발효가 진행됐다면 단백질 함량은 감소하고 NH₃-N 함량은 증가하였을 것이다. 조성유, 조회분과 조지방의 함량은 대조구보다 약간 증가하였으나 유의적인 차이는 없었다.

저질의 silage 재료에 발효촉진제로 이용되는 molasses와 urea를 혼합한 형태의

Table 56. Effect of silage additives on the chemical composition of fresh cut rice straw silage(%)^a

Item	Dry matter	Crude protein	Crude fiber	Crude ash	Ether extract
Control	51.39	5.62 ^d	33.10	12.71	2.13
Acids					
Formic acid	52.48	5.82 ^d	32.24	12.45	2.48
Propionic acid	52.97	5.77 ^d	32.78	12.36	2.37
Mixture(F+P)	53.28	5.83 ^d	33.02	13.02	2.28
Microbials					
Kem Lac	52.03	5.13 ^d	32.75	12.14	2.53
H/M F	52.80	5.32 ^d	32.16	12.03	2.80
P-1122	52.45	5.15 ^d	32.45	12.15	2.45
Nutrients					
Molasses	53.67	5.85 ^d	31.67	12.68	2.67
Urea	51.85	7.78 ^b	32.15	12.15	2.25
Mixture(M+U)	52.89	6.56 ^c	32.27	12.19	2.59

^a All values are expressed on the dry matter basis except dry matter.

^{b,c,d} Means in the same column with different superscripts differ significantly(p<.05).

mixture(M+U)첨가에 의한 세절 생볏짚의 조성분 함량변화는 molasses첨가구가 조단백질 함량이 대조구(5.62%)에 비해 5.85%로 차이가 없었으나 urea첨가구와 mixture(M+U)첨가구는 각각 7.78%와 6.56%로 유의적으로 증가하였다($p < .05$). 이와 같은 결과는 urea를 첨가하였을 때 조단백질 함량이 유의적으로 증가하였다는 고 등(1997)과 山崎 등(1988)과 유사한 결과로 요소를 첨가하였을 때 대조구에 비해 높은 조단백질의 함량을 나타낸 것은 요소가 미생물의 질소공급원으로 이용된 외에도 볏짚 속으로 유입된 후 보관시 질소손실이 일어나지 않았다고 사료된다. 또한 urea첨가구에서는 silage가 짙은 갈색을 나타냈는데 이러한 갈변현상은 phenol group 산화 또는 maillard 반응에 의한 nitrogen base와 sugar의 aldehyde 응축에서 일어나는 현상으로 암모니아가 세포벽 물질과 세포벽의 십자연결부위를 와해 또는 파괴함으로써 연화되었기 때문에 나타난 결과라 사료된다. 고형물 함량은 대조구에 비해 다소 증가하였으나 유의적인 차이는 없었으며, 조섬유 함량은 각각 31.67%, 32.15%와 32.27%로 대조구(33.10%)보다 감소하였고 조지방함량은 다소 증가하는 결과는 나타났다.

나. 사각곤포 생볏짚 silage

산, 미생물 및 영양소 첨가가 사각곤포 생볏짚 silage의 조성분 함량에 미치는 영향은 Table 57과 같이 산 첨가에 의한 조단백질의 함량은 formic acid, propionic acid와 mixture(F+P)첨가구가 각각 5.20%, 5.07%와 5.25%로 대조구 5.18%에 비해 formic acid첨가구와 mixture(F+P)는 다소 증가하였다. 이는 formic acid를 처리함으로 silage의 조단백질 함량이 증가한다고 보고한 Waldo 등(1969, 1973, 1977), Baxter 등(1980) 및 세절 생볏짚 silage의 결과와 유사한 경향을 나타냈다. 고형물, 조섬유, 조회분 및 조지방 함량도 대조구와 산첨가구간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다.

미생물 첨가에 의한 건물함량은 대조구 53.69%에 비해 Kem Lac., H/M F, P-1122첨가구가 각각 53.83%, 54.52%와 53.25%로 차이가 없었으며, 조단백질 함량 또한 대조구 5.18%에 비하여 5.23%, 5.32%와 5.13%로 유의적 차이가 없었다.

Table 57. Effect of silage additives on the chemical composition of fresh square bale rice straw silage(%)^a

Item	Dry matter	Crude protein	Crude fiber	Crude ash	Ether extract
Control	53.69	5.18 ^d	32.73	12.43	2.06
Acids					
Formic acid	51.38	5.20 ^d	31.96	12.55	2.14
Propionic acid	54.05	5.07 ^d	32.72	12.17	2.07
Mixture(F+P)	52.48	5.25 ^d	32.62	12.28	2.12
Microbials					
Kem Lac	53.83	5.23 ^d	32.19	12.57	2.13
H/M F	54.52	5.32 ^d	31.48	12.36	2.21
P-1122	53.25	5.13 ^d	32.65	12.03	2.09
Nutrients					
Molasses	52.87	5.27 ^d	31.63	12.52	2.26
Urea	53.32	7.51 ^b	31.15	12.19	2.12
Mixture(M+U)	52.67	6.57 ^c	32.53	12.49	2.19

^a All values are expressed on the dry matter basis except dry matter.

^{b,c,d} Means in the same column with different superscripts differ significantly($p < .05$).

이는 미생물 또는 효소제의 첨가가 silage 내의 단백질 함량에 영향을 미치지 않는다는 Stokes(1992)와 Chen 등(1994), McDonald 등(1964) 및 Owen과 Appleman(1971)의 보고 및 세절 생뿔짚의 결과와 유사하였다.

조섬유, 조회분과 조지방의 함량은 미생물첨가에 의하여 대조구보다 약간 증가하였으나 유의적인 차이는 없었다.

발효촉진제로 molasses와 urea 이를 혼합한 mixture 첨가에 의한 사각곤포 사일레지의 조단백질 함량은 molasses첨가구와 대조구 5.27%와 5.18%인데 비하여 urea첨가구와 mixture첨가구는 각각 7.51%와 6.57%로 유의적으로 증가하여 ($p < .05$) 요소 첨가시조단백질 함량이 유의적으로 증가하였다는 고 등(1997)과 같은 결과를 나타냈다.

영양소 첨가에 의한 사각곤포 사일레지의 고형물, 조섬유, 조지방 및 조회분 함량은 유의적인 차이를 보이지 않았다.

2. 생볏짚 silage의 pH 변화

가. 세절 생볏짚 silage

세절 생볏짚 silage의 발효상태를 조사하기 위하여 pH 변화를 측정하였는데, 그 결과는 각각 Figures 8, 9, 10 및 Tables 58, 59, 60과 같다.

Silage의 pH를 낮추어 유해세균의 증식억제와 유산균 발육촉진을 목적으로 이용되는 산첨가에 의한 pH 변화는 Figure 8 및 Table 58과 같다.

사일리지 제조 1주 후 대조구와 formic acid 첨가구의 pH가 5.18과 5.15인데 비하여 propionic acid와 mixture첨가구는 5.04와 4.89로 낮게 나타났으며($p < .05$), 제조 2주 후에도 propionic acid와 mixture첨가구의 pH가 대조구와 formic acid 첨가구보다 낮아($p < .05$) 보다 효과적으로 작용한 것으로 생각된다. 사일리지 제조 56일 후의 pH는 대조구와 formic acid 첨가구가 4.83과 4.81인데 비하여 propionic acid 와 mixture첨가구는 4.54와 4.43으로 유의적으로 낮게 나타났다($p < .05$). 사일리지 제조 후 pH가 급격히 저하하고 이후 시간이 경과할수록 서서히 낮아진다는 보고(Wilson과 Wilkins, 1973; Derbyshire 등, 1976; Hargeaves 등, 1984; 朴 등, 1984)와 유사하였다.

이상의 결과 propionic acid 와 mixture첨가가 생볏짚을 이용한 사일리지 제조시 효과적인 산첨가물로 생각된다.

Silage의 주요 미생물인 유산균과 일부 영양소가 첨가된 미생물제 첨가에 의한 pH 변화는 Figure 9 및 Table 59와 같다.

사일리지 제조 1주 후 대조구와 H/M F 첨가구의 pH가 5.18과 5.13인데 비하여 Kem Lac과 P-1122 첨가구는 5.05와 5.05로 낮았으며($p < .05$), 제조 2주 후에는 H/M F가 4.73으로 대조구, Kem Lac 및 P-1122 첨가구의 pH 4.97, 4.88 및 4.89 보다 유의적으로 낮았다($p < .05$). 사일리지 제조 56일 후의 pH는 2주 후와 마찬가지로 H/M F 첨가구가 대조구, Kem Lac 및 P-1122 첨가구보다 유의적으로 낮아 ($p < .05$) 가장 효과적인 것으로 나타났다.

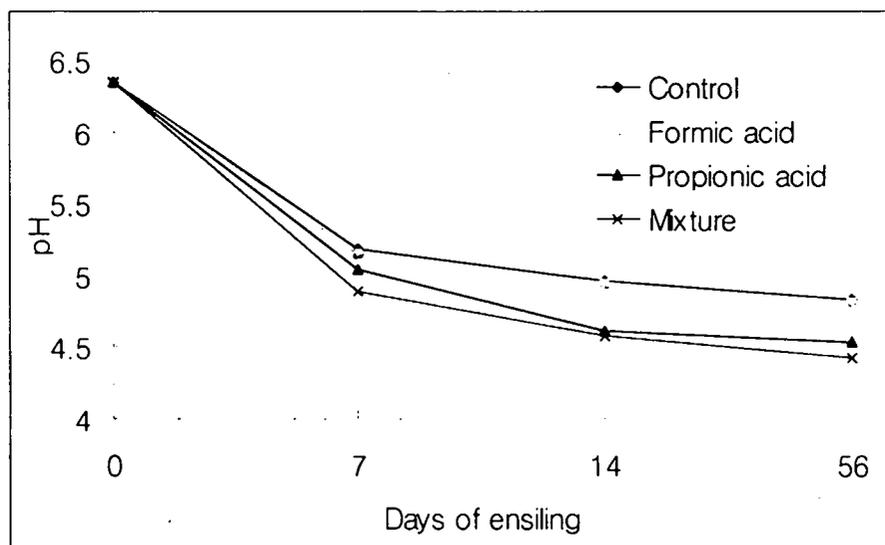


Figure 8. The changes of pH of fresh cut rice straw silage treated with acid silage additives.

Table 58. Effect of acids additives on pH of fresh cut rice straw silage

Item	Days of ensiling			
	Initial	7 days	14 days	56 days
Control	6.35	5.18 ^a	4.97 ^a	4.83 ^a
Acids				
Formic acid	6.35	5.15 ^a	4.94 ^a	4.81 ^a
Propionic acid	6.35	5.04 ^b	4.61 ^b	4.54 ^b
Mixture(F+P)	6.35	4.89 ^c	4.58 ^b	4.43 ^b

^{a,b,c} Means in the same column with different superscripts differ significantly ($p < .05$).

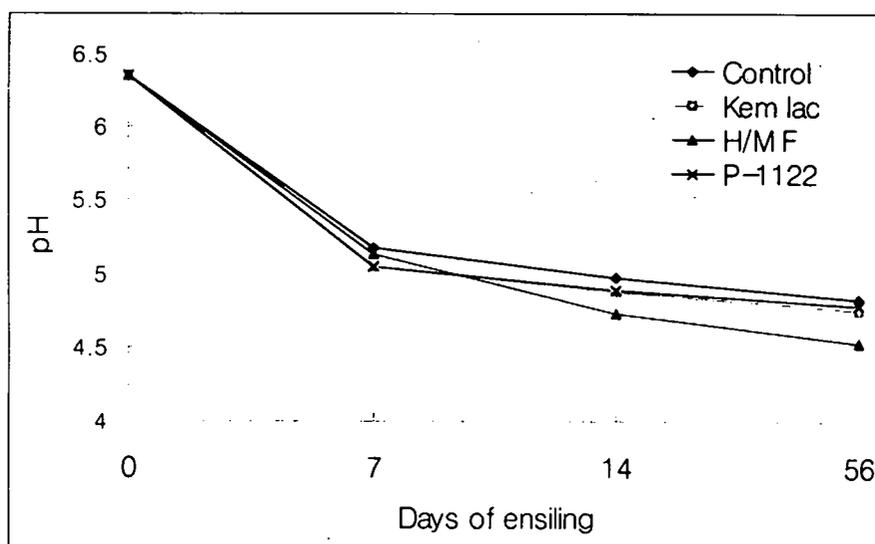


Figure 9. The changes of pH of fresh cut rice straw silage treated with microbial silage additives.

Table 59. Effect of microbial additives on pH of fresh cut rice straw silage

Item	Days of ensiling			
	Initial	7 days	14 days	56 days
Control	6.35	5.18 ^a	4.97 ^a	4.83 ^a
Inoculants				
Kem Lac	6.35	5.05 ^b	4.88 ^a	4.75 ^a
H/M F	6.35	5.13 ^a	4.73 ^b	4.53 ^b
P-1122	6.35	5.05 ^b	4.89 ^a	4.78 ^a

^{a,b,c} Means in the same column with different superscripts differ significantly (p < .05).

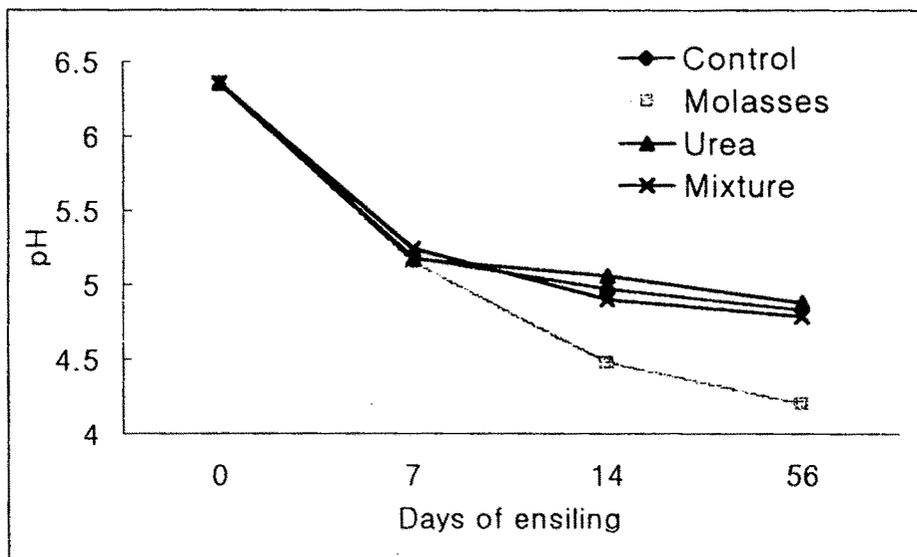


Figure 10. The changes of pH of fresh cut rice straw silage treated with nutrients silage additives.

Table 60. Effect of nutrients additives on pH of fresh cut rice straw silage

Item	Days of ensiling			
	Initial	7 days	14 days	56 days
Control	6.35	5.18 ^b	4.97 ^a	4.83 ^a
Nutrients				
Molasses	6.35	5.15 ^b	4.48 ^b	4.20 ^b
Urea	6.35	5.17 ^b	5.06 ^a	4.88 ^a
Mixture(M+U)	6.35	5.24 ^a	4.90 ^a	4.79 ^a

^{a,b,c} Means in the same column with different superscripts differ significantly ($p < .05$).

그러나 silage 제조시 유산균을 접종하면 안정된 pH를 나타낸다는 보고 (Flores-Galarza 등, 1985; Alli 와 Baker, 1982; Ely 등, 1981)와 미생물접종이 silage의 pH를 낮게 만들지만 접종수준은 pH에 영향을 주지 않는다는 보고 (Burghardi 등, 1980; Shockey 등, 1985; Thonney 등, 1980)를 고려할 때 미생물첨가물의 경우 pH가 사일레지의 제조상태를 파악하는 지표로 사용되기는 힘들것으로 생각된다.

영양소 첨가에 의한 사일레지의 pH 변화는 Table 60에서 보는 바와 같이 사일레지 제조 1주 후 대조구와 당밀 및 요소 첨가구의 pH가 5.18, 5.15 및 5.17인데 비하여 mixture(M+U) 첨가구는 5.24로 유의적으로 높았으며($p < .05$), 제조 2주 후에는 당밀첨가구가 4.48로 대조구, 요소첨가구 및 mixture 첨가구의 4.97, 5.06 및 4.90보다 유의적으로 낮았다($p < .05$). 사일레지 제조 56일 후의 pH는 2주 후와 마찬가지로 당밀첨가구가 대조구 및 타 첨가구보다 유의적으로 낮아($p < .05$) 가장 효과적인 것으로 나타났다.

나. 사각곤포 생볏짚 silage

산, 미생물 및 영양소 첨가에 의한 사각곤포 생볏짚 silage의 pH 변화는 Figures 11, 12, 13과 Tables 61, 62, 63과 같다.

사일리지 제조 1주 후 formic acid 첨가구의 pH가 4.76으로 대조구, propionic acid 및 mixture첨가구의 5.82, 5.96 및 5.89에 비하여 유의적으로 낮게 나타났으며 ($p < .05$), 제조 2주 후에도 대조구, propionic acid 및 mixture첨가구의 pH가 formic acid 첨가구보다 높게 나타났다($p < .05$). 사일리지 제조 56일 후의 pH는 대조구와 mixture 첨가구가 5.37과 5.47인데 비하여 propionic acid와 formic acid 첨가구는 5.14와 3.88로 유의적으로 낮게 나타났으며($p < .05$), 특히 formic acid 첨가구의 pH는 propionic acid 첨가구보다도 유의적으로 낮았으므로($p < .05$) formic acid가 propionic acid나 mixture에 비하여 사일리지제조시 효과적으로 작용한 것으로 생각된다. Formic acid 첨가구의 경우 산첨가에 의하여 사일리지 제조 후 pH가 급격히 저하한다는 Hargeaves 등(1984)의 결과와 유사하였다.

이상의 결과 formic acid첨가가 생볏짚 사각곤포를 이용한 사일리지 제조시 보다 효과적인 산첨가물로 생각된다.

Silage제조시 미생물 첨가제에 의한 사일리지의 pH 변화는 Figure 12 및 Table 62과 같다.

사일리지 제조 1주 후 H/M F 첨가구의 pH가 5.64로 대조구, Kem Lac과 P-1122 첨가구의 5.82, 5.05 및 5.05보다 낮았으며($p < .05$), 제조 2주 후에는 H/M F 첨가구가 5.32로 대조구와 Kem Lac 첨가구의 pH 5.55와 5.54 보다 유의적으로 낮았다($p < .05$). 사일리지 제조 56일 후의 pH는 2주 후와 마찬가지로 H/M F 첨가구가 대조구, Kem Lac 및 P-1122 첨가구보다 유의적으로 낮아($p < .05$) 효과적인 것으로 나타났으나 silage 제조시 유산균을 접종하면 안정된 pH를 나타낸다는 Flores-Galarza 등(1985)의 연구결과를 고려할 때 미생물첨가물의 경우 pH가 사일리지의 제조상태를 파악하는 지표로 사용되기는 힘들것으로 생각된다.

영양소 첨가에 의한 사각곤포 사일리지의 pH 변화는 Table 63에서 보는바와 같이 사일리지 제조 1 주 후 당밀 첨가구의 pH가 4.94로 대조구, 요소 및 mixture

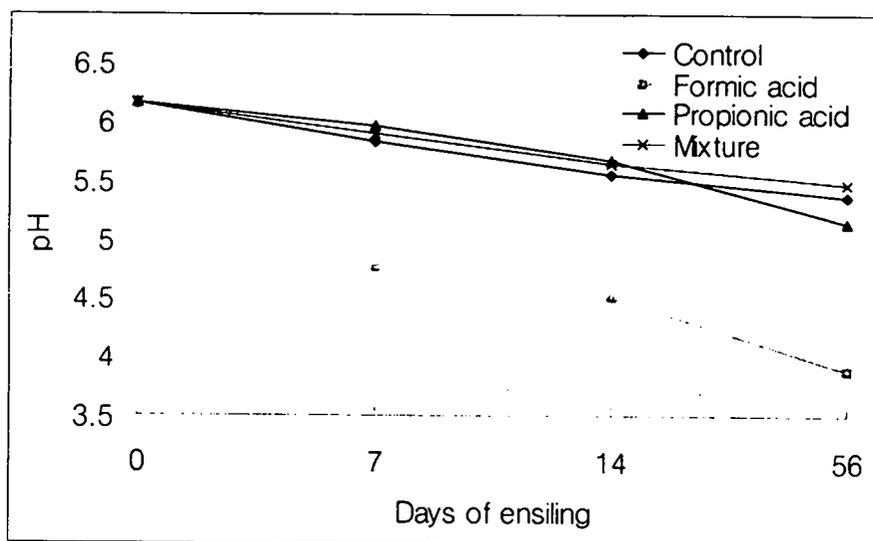


Figure 11. The changes of pH of fresh square bale rice straw silage treated with acid silage additives.

Table 61. Effect of acid additives on pH of fresh square bale rice straw silage

Item	Days of ensiling			
	Initial	7 days	14 days	56 days
Control	6.16	5.82 ^b	5.55 ^a	5.37 ^a
Acids				
Formic acid	6.16	4.76 ^b	4.51 ^b	3.88 ^c
Propionic acid	6.16	5.96 ^a	5.67 ^a	5.14 ^b
Mixture(F+P)	6.16	5.89 ^a	5.64 ^a	5.47 ^a

^{a,b,c} Means in the same column with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

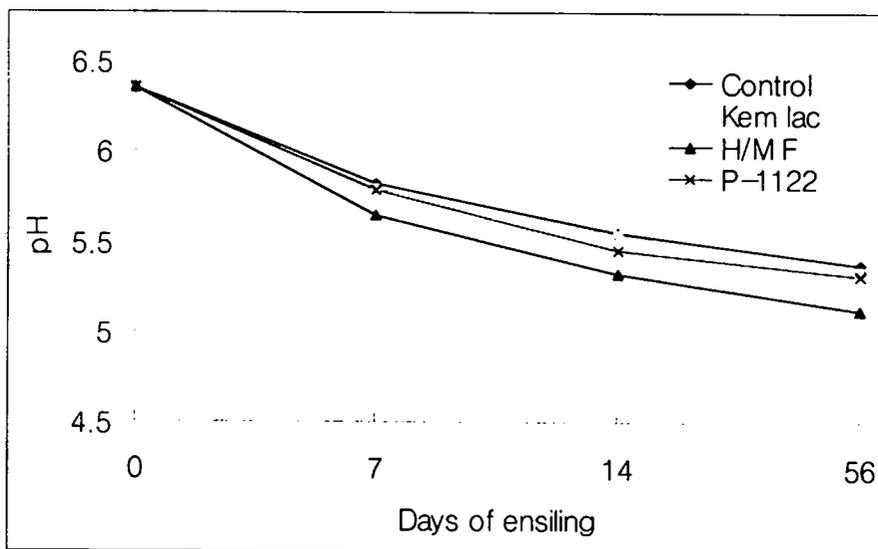


Figure 12. The changes of pH of fresh square bale rice straw silage treated with microbial silage additives.

Table 62. Effect of microbial additives on pH of fresh square bale rice straw silage

Item	Days of ensiling			
	Initial	7 days	14 days	56 days
Control	6.16	5.82 ^a	5.55 ^a	5.37 ^a
Inoculants				
Kem Lac	6.16	5.79 ^a	5.54 ^a	5.34 ^a
H/M F	6.16	5.64 ^b	5.32 ^b	5.12 ^b
P-1122	6.16	5.78 ^a	5.45 ^{a,b}	5.31 ^a

^{a,b,c} Means in the same column with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

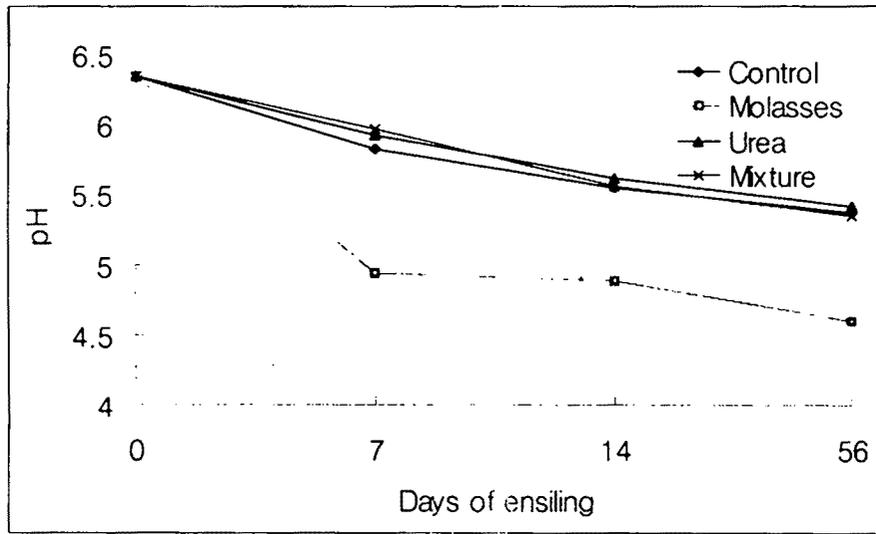


Figure 13. The changes of pH of fresh square bale rice straw silage treated with nutrient silage additives.

Table 63. Effect of nutrients additives on pH of fresh square bale rice straw silage

Item	Days of ensiling			
	Initial	7 days	14 days	56 days
Control	6.16	5.82 ^a	5.55 ^a	5.37 ^a
Nutrients				
Molasses	6.16	4.94 ^b	4.89 ^b	4.60 ^b
Urea	6.16	5.92 ^a	5.61 ^a	5.42 ^a
Mixture(M+U)	6.16	5.97 ^a	5.56 ^a	5.35 ^a

^{a,b,c} Means in the same column with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

첨가구의 pH 5.82, 5.92 및 5.97 보다 유의적으로 낮았으며($p < .05$), 제조 2주 후에도 당밀첨가구가 4.89로 대조구, 요소첨가구 및 mixture 첨가구의 5.55, 5.61 및 5.56보다 유의적으로 낮았다($p < .05$). 사일리지 제조 56일 후의 사각곤포 벧짚 사일리지의 pH는 2주 후와 마찬가지로 당밀첨가구가 대조구 및 타 첨가구보다 유의적으로 낮았다($p < .05$). 이는 당밀을 첨가함으로 유산균이 먼저 이용하여 유산균수가 늘어나고 따라서 lactic acid의 생산이 증가하므로 pH를 낮추었다고 보고한 Mcdonald 등(1964)의 결과와 유사하였다.

3. 유기산 함량 및 생볏짚 silage의 품질 평가

Silage 품질을 평가하기 위해 사일레지의 유기산(lactic acid, acetic acid, butyric acid 및 total acid) 함량을 조사하고 조성비율을 산출하여 silage의 품질을 평가한 결과는 Tables 64, 65와 같다.

가. 세절 생볏짚 silage

산첨가에 의한 세절볏짚 silage의 acetic acid 함량은 대조구 0.55%에 비하여 formic acid, propionic acid 및 mixture(F+P) 첨가구가 각각 0.43%, 0.39% 및 0.36%로 낮았으며($p < .05$) butyric acid 함량은 대조구 0.37%에 비하여 propionic acid와 mixture(F+P) 첨가구가 각각 0.24%와 0.25%로 낮게 나타났다($p < .05$). Lactic acid 함량은 대조구 0.67%에 비하여 각각 0.76%, 0.88% 및 0.92%로 산첨가에 의하여 유의적으로 증가하였으며($p < .05$), 특히 propionic acid와 mixture(F+P) 첨가구가 높게 나타났다($p < .05$). Total acid의 함량은 대조구에 비하여 산첨가가 유의적으로 낮게 나타났으며($p < .05$), 사일레지 등급은 대조구가 4등급인데 비하여 formic acid와 propionic acid 첨가구는 3등급 그리고 mixture(F+P) 첨가구는 2등급으로 상승하였다.

미생물첨가에 의한 세절볏짚 silage의 acetic acid 함량은 대조구 0.55%에 비하여 Kem Lac과 P-1122 첨가구가 각각 0.42%와 0.44%로 낮았으며($p < .05$) butyric acid 함량은 대조구 0.37%에 비하여 Kem Lac, H/M F 및 P-1122 첨가구가 각각 0.25%, 0.27% 및 0.23%로 낮게 나타났다($p < .05$). Lactic acid 함량은 대조구 0.67%에 비하여 각각 0.80%, 0.87% 및 0.79%로 미생물첨가에 의하여 유의적으로 증가하여($p < .05$) *Lactobacillus plantarum*이 접종된 silage에는 lactic acid의 함량이 많았다는 보고(Mcdonald 등, 1964; Whittenbury 등, 1967)와 유사하였다. 특히 H/M F 첨가구가 다른 첨가물에 비하여 높게 나타났다($p < .05$). 총산의 함량은 대조구에 비하여 Kem Lac과 P-1122 첨가에 의하여 유의적으로 낮게 나타났으며($p < .05$), 사일레지 등급은 대조구가 4등급인데 비하여 Kem Lac, H/M F 및 P-1122 첨가구가 각각 3등급으로 상승하였다.

Table 64. Effect of silage additives on the organic acids contents of fresh cut rice straw silage(%)

Item	Acetic acid	Butyric acid	Lactic acid	Total acid	Flieg' score
Control	0.55 ^a	0.37 ^a	0.67 ^d	1.59 ^a	4
Acids					
Formic acid	0.43 ^b	0.31 ^a	0.76 ^c	1.50 ^b	3
Propionic acid	0.39 ^c	0.24 ^b	0.88 ^b	1.51 ^b	3
Mixture(F+P)	0.36 ^c	0.25 ^b	0.92 ^b	1.53	2
Microbials					
Kem Lac	0.42 ^b	0.25 ^b	0.80 ^c	1.47 ^c	3
H/M F	0.48 ^{a,b}	0.27 ^b	0.87 ^b	1.62 ^a	3
P-1122	0.44 ^b	0.23 ^b	0.79 ^c	1.46 ^c	3
Nutrients					
Molasses	0.45 ^b	0.19 ^c	1.02 ^a	1.66 ^a	2
Urea	0.47 ^{a,b}	0.32 ^a	0.70 ^d	1.49 ^b	4
Mixture(M+U)	0.49 ^{a,b}	0.34 ^a	0.75 ^{c,d}	1.58 ^a	4

^{a,b,c,d} Means with in the same column different superscripts differ significantly(p<.05).

영양소첨가에 의한 세절벚짚 silage의 acetic acid 함량은 대조구 0.55%에 비하여 당밀 첨가구가 0.45%로 낮았으며($p < .05$) butyric acid 함량도 대조구 0.37%에 비하여 당밀 첨가구가 0.19%로 낮게 나타났다($p < .05$). Lactic acid 함량은 대조구 0.67%에 비하여 당밀 첨가구가 1.02%로 유의적으로 증가하였는데($p < .05$) 이는 silage내에서 유산발효에 필요한 수용성 당(soluble carbohydrate)함량이 많을수록 유산의 생성이 많아진다는 보고(Ely등, 1981; Mcdonald등, 1964; Moon등, 1981; Ohyama등, 1975)를 고려할 때 당밀의 이용이 용이한 것으로 생각된다. 총산의 함량은 대조구에 비하여 요소 첨가에 의하여 유의적으로 낮게 나타났으며($p < .05$), 사일리지 등급은 대조구가 4등급인데 비하여 당밀 첨가구는 2등급으로 상승하였으나 요소와 mixture(M+U) 첨가구는 4등급으로 차이가 없었다.

나. 사각콘포 생벚짚 silage

산첨가에 의한 사각콘포벚짚 silage의 acetic acid 함량은 대조구 0.48%에 비하여 formic acid, propionic acid 및 mixture(F+P) 첨가구가 각각 0.26%, 0.42% 및 0.40%으로 낮았으며($p < .05$) butyric acid 함량은 대조구 0.31%에 비하여 각각 0.18%, 0.23% 및 0.21%로 낮게 나타났다($p < .05$). Lactic acid 함량은 대조구 0.54%에 비하여 각각 0.83%, 0.65% 및 0.62%로 산첨가에 의하여 유의적으로 증가하였으며($p < .05$), 특히 formic acid 첨가구가 다른 산첨가에 비하여 높게 나타났다($p < .05$). Total acid의 함량은 대조구 1.33%에 비하여 mixture(F+P) 첨가에 의하여 유의적으로 낮게 나타났으며($p < .05$), 사일리지 등급은 대조구가 4등급인데 비하여 formic acid가 2등급으로 propionic acid 첨가구와 mixture(F+P) 첨가구는 3등급으로 상승하였다.

미생물첨가에 의한 사각콘포벚짚 silage의 acetic acid 함량은 대조구 0.48%에 비하여 Kem Lac, H/M F 및 P-1122 첨가구가 각각 0.31, 0.29 및 0.35로 낮았으며($p < .05$) butyric acid 함량도 대조구 0.31%에 비하여 Kem Lac., H/M F 및 P-1122 첨가구가 각각 0.24%, 0.22% 및 0.27%로 낮게 나타났다($p < .05$).

Table 65. Effect of silage additives on the organic acids contents of fresh square bale rice straw silage(%)

Item	Acetic acid	Butyric acid	Lactic acid	Total acid	Flieg's score
Control	0.48 ^a	0.31 ^a	0.54 ^d	1.33 ^{a,b}	4
Acids					
Formic acid	0.26 ^d	0.18 ^d	0.83 ^a	1.27 ^b	2
Propionic acid	0.42 ^b	0.23 ^c	0.65 ^c	1.30 ^b	3
Mixture(F+P)	0.40 ^b	0.21 ^c	0.62 ^c	1.23	3
Microbials					
Kem Lac	0.31 ^c	0.24 ^c	0.63 ^c	1.18 ^c	3
H/M F	0.29 ^c	0.22 ^c	0.77 ^b	1.28 ^b	2
P-1122	0.35 ^c	0.27 ^b	0.65 ^c	1.27 ^b	3
Nutrients					
Molasses	0.34 ^c	0.21 ^c	0.86 ^a	1.41 ^a	2
Urea	0.41 ^b	0.29 ^a	0.63 ^c	1.35 ^{a,b}	4
Mixture(M+U)	0.40 ^b	0.25 ^b	0.65 ^c	1.30 ^b	3

^{a,b,c,d} Means in the same column with different superscripts differ significantly(p<.05).

Lactic acid 함량은 대조구 0.54%에 비하여 각각 0.63%, 0.77% 및 0.65%로 미생물첨가에 의하여 유의적으로 증가하였으며($p < .05$), 특히 H/M F 첨가구가 다른 첨가물에 비하여 높게 나타났다($p < .05$). 총산의 함량은 대조구에 비하여 Kem Lac 첨가에 의하여 유의적으로 낮게 나타났으며($p < .05$), 사일레지 등급은 대조구가 4등급인데 비하여 Kem Lac과 P-1122 첨가구가 각각 3등급으로 상승하였으며 H/M F 첨가구는 2등급으로 상승하였다.

영양소첨가에 의한 사각곤포벚짚 silage의 acetic acid 함량은 대조구 0.48%에 비하여 당밀, 요소 및 mixture(M+U) 첨가구가 0.34%, 0.41% 및 0.40%로 낮았으며($p < .05$) butyric acid 함량은 대조구 0.31%에 비하여 당밀과 mixture(M+U) 첨가구가 0.21%과 0.25%로 낮게 나타났다($p < .05$). Lactic acid 함량은 대조구 0.54%에 비하여 각각 0.86%, 0.63% 및 0.65%로 유의적으로 증가하였는데($p < .05$) 이는 silage제조시 유산발효에 필요한 영양소 함량이 많을수록 유산의 생성이 증가한다는 Moon등(1981)의 보고를 고려할 때 영양소 보충으로 사일레지의 발효율이 증가된 것으로 사료된다. Total acid의 함량은 대조구에 비하여 영양소 첨가에 의하여 차이가 없었으며, 사일레지 등급은 대조구가 4등급인데 비하여 당밀 첨가구는 2등급으로 상승하였으나 요소 첨가구는 4등급으로 차이가 없었으며 mixture(M+U) 첨가구는 3등급으로 상승하였다.

제 8 장 생뿔짚 사일레지의 반추위내 소화율 및 반추동물의 생산성에 미치는 영향

제 1 절 서 론

Silage는 반추가축의 조사료로서 건초와 더불어 큰 비중을 차지하고 있으며, 유럽이나 미주에서는 그 생산량이 매년 증가하고 있는 동시에, 양질의 silage 제조와 이용은 조사료 생산의 경제성에서 많은 관심과 연구대상이다. 그러나 양질의 silage를 제조하는데는 많은 요인들이 작용하고 있는데, McCullough와 Bolsen(1988)은 주로 공기, 수분 함량, water soluble carbohydrate, 온도 및 유산균 등이 큰 영향을 미치는데 그 중에서도 공기와 수분 함량이 silage 품질에 가장 큰 영향을 미친다고 보고하였다.

Waston 등(1960)에 의하면 silage는 청예작물이나 기타 고수분재료를 이용하여 식물자체의 효소작용과 미생물에 의한 발효과정을 거친 다즙질의 조사료 생산물이라 하였다. 한편 양질의 silage를 제조하기 위해서는 Virtanen(1923)은 AIV법이나 formic acid, propionic acid, formaldehyde 및 paraformaldehyde와 같은 화학적 첨가물에 의한 유해 미생물의 활동을 억제시키는 방법과 유산균의 발육을 촉진시키는 방법이 있다고 하였으며, Horwood(1936)는 탄수화물이 부족하면 유산의 생성이 적어지므로 당밀을 첨가하면 유산발효를 촉진할 수 있다고 보고하였다.

Morrison(1957)은 청예보리 silage가 timothy 건초보다 약간 양호하고 silage 품질도 양질이라고 발표했으며, Rock 등(1970)은 생육기별 건물 수량은 유숙기에서 완숙기에 도달할 때까지 증가하였고, silage의 pH는 3.9에서 4.4로 변화하였다고 보고하였다. Roffer 등(1963)과 Gordon 등(1965) 및 Takahashi(1968)는 silage 재료의 지나친 예건은 silage의 밀도를 저하시켜 공기의 잔존을 초래하며, 산화와 발열 그리고 산패로 인한 손실을 증가시킨다고 보고하였으며, Honig(1969)도 공기 유입으로 온도가 높아지면 영양소의 소화율이 떨어지고 품질이 저하된다고 보고하

였다. Gordon 등(1961)은 잘 밀폐된 silo일 경우, 예건에 의한 건물함량이 증가되면 ammonia태 질소의 생성이 낮아지고, silage중의 당분 함량이 많이 잔존하는데 그 이유는 수분함량이 적어 발효가 제한되고 O₂의 부족으로 호흡과 산화가 제한된다고 했으며, 예건한 silage에서 단백질 분해가 감소되어 ammonia태 질소의 생성이 줄어든다고 보고하였다(Zimmer, 1962; Weise, 1963; Voss, 1966).

Silage 발효과정을 간단히 요약하면, 식물체의 수용성 탄수화물이 bacteria에 의하여 유기산으로 전환되어, 산의 함량이 증가되고 pH가 낮아지게 되면 미생물의 활동이 억제되며, 그 발효과정에서 영양소의 손실이 생긴다. 따라서 손실 방지를 위하여, 유산 발효의 촉진은 대단히 중요하며, 그 결과 불필요한 발효로 사료가치가 떨어지는 것을 방지할 수 있다.

그리고 양질 silage를 조제하는데 유리한 처리 중의 하나는 적절한 예건에 의해 건물 함량을 증가시키는 것이며, 그 결과 삼투압이 증가되고 발효에 유용한 당분이 상대적으로 농축되고(Weise, 1963), 유기산 조성이 양호해서 품질이 우수하고 영양손실도 적어 기호성을 증가시킬 수 있게 된다. 한편 수분 함량은 재료 속의 영양성분의 농축과 삼투압에 영향을 주고 미생물의 발효에 대단히 중요한 것으로, Gordon(1961)은 재료의 수분 함량이 silage의 건물손실에 크게 영향을 미친다고 보고했으며, Zimmer(1973)도 CO₂생성이나 건물손실에 관계한다고 발표했다.

Hinks 등(1976)은 예건에 의하여 건물소화율이 다소 상승하다고 하였으며, Komos 등(1967)은 생육초기에는 예건으로 silage의 건물 소화율이 다소 감소한다고 보고하였다. 그리고 청예보리의 경우, 유숙기에서 호숙기초(건물 35%)에 제조한 silage는 양호한 품질이 되었으며(Edwards 등, 1967), 유기물 소화율은 61.1%에서 64.2%로 증가하였으나 유의차가 없었으며, cellulose 소화율은 61.1%에서 64.8%로 유의하게 증가하였고, 이 시기의 *in vitro* 소화율은 66%였고, 조단백질 함량이 8%였다. Taji(1967)는 귀리를 공시해서 청초의 유기물 소화율을 조사했던 바 출수기, 개화초기 및 유숙기에서 각각 72.0, 69.0 및 65.0%라고 보고하였다. 또한 Wilson 등(1972)은 호밀 silage에서 *in vitro* 소화율은 72.0%에서 58.6%로서 출수기로 갈수록 감소하였고, pH는 4.80에서 3.97로 낮아졌다고 하였다.

Silage 재료의 질이 낮은 경우나 silage 재료로서 부적합한 경우에 좋은 품질의 silage를 제조하기 위해서는 여러가지 처리 및 첨가제를 사용하여 발효촉진과 억제, 영양소 보충 및 호기적 변패방지 등의 효과를 얻을수 있다. McDonald 등(1991)은 발효촉진을 위해서는 탄수화물질인 당밀, 곡류, 효소 및 발효균을 첨가하거나, 발효를 억제하기 위해서는 산류와 formaldehyde 등을 사용하고 있으며, 호기적 변패방지제로는 propionic acid 등의 산류와 항생제 및 ammonia를, 영양소 보충의 목적으로는 요소와 같은 비단백태 질소화합물과 탄수화물 및 광물질을 첨가하는 것이 좋다고 보고하였다. Virtanen(1949)은 각종 첨가물질로서 염산이나 황산을 첨가하면 pH를 조절하여 silage의 기호성과 영양치를 높이고 부패균을 억제할 수 있다고 발표하였으며, Boshtedt 등(1941)은 alfalfa 생초에 분쇄 옥수수를 첨가하면 좋은 효과를 얻는다고 하였으며, Shockey 등(1985)과 Moon 등(1981)은 여러 가지 균제를 적당량 첨가하면 silage의 품질이 개선된다고 보고하였다.

그밖에 첨가물이나 기타 농산부산물을 이용하여 silage의 품질을 향상시키는 연구로 김 등(1961)은 야초를 이용하여 맥당, 소맥피, AIV액, 요소를 첨가한 silage 실험에서 밀기울의 첨가가 가장 양호했다고 발표하였고, 고(1969)는 전분박 silage에 관한 연구에서 전분박을 장기간 이용하여도 기호성이 좋은 양질의 silage를 제조할 수 있다고 하였으며, 또한 고(1970)는 당류를 배합한 silage의 제조시험에서 당류 30% 첨가구가 성적이 가장 좋다고 하였다. 문 등(1989)은 lactobacillus plantarum과 formic acid의 첨가가 옥수수 silage 품질에 좋은 영향을 미친다고 하였다. 그리고 영양소를 보충하기 위하여 조단백질이 낮은 재료에 요소를 첨가하는 방법 (이와 박, 1959)과 수분이 많은 재료에 곡류 분말, 강피류를 첨가하면 발효증진의 잇점이 있고 pH가 낮았다고 보고하였다(고, 1970).

한편 Morgan과 Estrange(1979)는 grass meal에 유산을 첨가한 silage를 면양에 급여한 결과에 의하면 사료섭취량, 반추위액의 총휘발성 지방산 농도, 혈액의 산과 염기 균형 등에 유의적인 차이가 없었다고 보고하였으며, Waldo(1984)는 formic acid의 첨가 수준이 증가하며 energy 소화율과 유생산량이 각각 2% 증가 되었다고 보고하였다. 또한 formic acid 첨가 silage는 유기산 조성에 의한 품질 개선은

수분함량이 높은 silage에서 더욱 효과적이라고 보고하였다(채와 Theune, 1979). 또한 formic acid 첨가 혼합건초 silage를 급여한 젖소 사양시험에서 우유 생산량이 formic acid 첨가구가 무처리구에 비해 높았으며, 우유 1Kg당 생산에 소요되는 사료비도 절감되었다고 보고하였다(김 등, 1987).

김과 임(1987, 1988) 그리고 김 등(1991)은 야초 silage의 품질 향상을 위해 수용성 탄수화물이 낮은 칩 silage 제조시 물과 전분, 포도당을 첨가하여 그에 대한 발효특성을 조사하였는데, 당을 첨가하면 silage의 pH가 낮아지고 유산 생성이 증가되어 품질이 개선되어 옥수수 silage와 같은 양질의 silage가 되었다고 하였다. 옥수수와 수수 silage 제조시 직접 유산균제를 첨가하면 품질이 개선된다는 연구가 많이 보고되었다(Moon과 Sundweeks, 1981; Shockey와 Conard, 1985).

조사료의 소화율 및 소화속도는 조사료가 지니고 있는 화학적 성분, 물리적 형태 및 제1위 미생물의 종류에 따라 크게 차이가 나며, 이것은 또한 사료의 섭취량과도 상관관계가 있다고 보고하였다(Bull 등, 1979).

가을철 고수분 생볏짚이 노동력 부족으로 잘 보존되지 못하고 많은 양이 폐기되고 있어 추수시 생산되는 생볏짚을 간편히 현장에서 처리하여 보존성 및 사료로서의 이용율을 증진시킬 수 있는 방안이 절실히 요망되고 있다.

제2차년도 연구에서 세절 생볏짚 silage의 등급은 대조구가 4등급인데 비하여 formic acid, propionic acid 첨가구는 3등급으로 mixture(F+P) 첨가구 2등급으로 상승하였으며, Kem Lac, H/M F 및 P-1122 첨가구가 각각 3등급으로 상승하였고, 당밀 첨가구는 2등급으로 상승하였으나 요소와 mixture(M+U) 첨가구는 4등급으로 차이가 없었다. 사각곤포 생볏짚 silage의 등급은 대조구가 4등급인데 비하여 formic acid가 2등급으로 propionic acid 첨가구와 mixture(F+P) 첨가구는 3등급으로 상승하였고, Kem Lac과 P-1122 첨가구가 각각 3등급으로 상승하였으며 H/M F 첨가구는 2등급으로 상승하였으며, 당밀 첨가구는 2등급으로 상승하였으며 mixture(M+U) 첨가구는 3등급으로 상승한 결과를 얻었다.

따라서 본 연구에서는 1) 각종 사일리지 첨가물을 이용하여 제조한 세절 및 사각곤포 사일리지의 반추위내 소화율을 조사하고 세절볏짚 사일리지 제조시 가장

효과적인 첨가물인 formic acid와 propionic acid의 mixture와 당밀중 작업이 수월한 당밀을 이용하여 사일레지를 제조하고, 사각곤포 사일레지 제조시 가장 효과적인 formic acid와 H/M F 및 당밀 중 작업이 수월한 당밀을 이용하여 사일레지를 제조하여 2)젖소의 사료섭취량, 산유량, 우유조성 및 경제성에 미치는 효과와 3)비육우의 사료섭취량, 증체량 및 사료효율에 미치는 효과를 조사하므로써 가을철 고수분 생벼짚의 손실을 방지하고 벼짚의 사료가치 증진에 의한 저렴한 조사료 생산기반을 제고하기 위하여 수행하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 반추위내 생벚짚 사일레지의 소화율 측정

가. 생벚짚 사일레지 제조

세절 벚짚사일레지는 탈곡한 생벚짚을 24시간 예진한 후 3~4cm 크기로 세절을 하여 세절형 생벚짚 silage를 제조하였고, 사각콘포 silage는 가로 40cm, 세로 30cm, 높이 30cm크기로 제작하였다. 산첨가구는 formic acid(85%, F), propionic acid(53%, P)와 두가지를 혼합한 mixture(F+P)로 각 성분의 첨가수준은 각각 0.4%, 0.07%였으며 mixture(F+P)는 formic acid는 0.1%였고 propionic acid가 0.01%였다.

미생물첨가구는 silage inoculant로 사용되는 Kem Lac, H/M F와 Pioneer-1122였으며 각각의 첨가수준은 20g/ton, 28g/ton 및 2g/ton으로 최적의 활력을 위해 각각 25L의 수도물에 용해하여 24시간 예비 증식한 후에 사용하였는데 이때 각 첨가구의 생균수는 각각 $1 \times 10^{10}/g$, $5 \times 10^{10}/g$ 및 $2 \times 10^{10}/g$ 이었다.

영양소첨가구는 molasses(M), urea(U)와 두가지를 혼합한 mixture(M+U)로 molasses첨가구에는 sucrose함량 25.6%인 molasses를 1% 첨가하였고, urea첨가구에는 nitrogen 함량 46%인 urea를 0.1%를 첨가하였으며 mixture는 molasses 0.5%와 urea 0.05%를 혼합 첨가하였다.

Silage 제조 후 각각 4겹의 비닐백에 넣은 후 진공펌프로 공기를 배제하여 밀봉시켰으며 실온(25℃)에서 8주간 저장하면서 실험을 수행하였다.

나. 공시축 선정 및 사양관리

본 실험에 사용된 공시축은 반추위에 cannula가 시술된 평균체중 580Kg 인 Holstein 젖소 3두였으며, 사료 급여량은 체중의 2%를 1일 2회(07:00, 19:00) 나누어 급여하였으며 조사료와 농후사료 급여비율은 7 : 3 이었다. 이때 사

용한 농후사료는 육성우 사료였으며 조사료는 볏짚을 급여하였고, 물과 mineral salt block 은 자유섭취시켰다.

다. 실험설계

생볏짚을 이용한 사일리지 제조시 볏짚의 형태에 따른 볏짚사일리지의 젖소 반추위내 소화율을 측정하기 위하여 반추위 cannula가 장착된 Holstein 젖소 3두를 공시하여 반추위 발효시간별 (24, 48 및 72시간)로 3반복씩 소화율 시험을 수행하였다(Figure 2).

라. Nylon bag 제작

Nylon bag 은 pore size가 40 μ m 인 nylon 천(Nybolt, Swiss)을 이용하여 (Uden 등, 1974), internal dimensions이 130x80mm, surface area가 약 208 cm² 크기로 이중으로 재봉하였고, 아래부분을 등글게 제작하여 trapping을 방지하고 시료의 채취를 용이하게 하였다(Weakley 등, 1983; Nocek 과 Grant, 1987; Olubobokun 과 Craig, 1990).

마. 건물 소화율 측정

반추위내에서 건물소화율 측정을 위해 nylon bag 에 표준상태의 세절 및 사각곤포 볏짚사일리지를 각각 4 - 5g 넣고 nylon 줄로 봉한 후 nylon 망에 넣어 39 - 40 $^{\circ}$ C 의 온수에 약 30분간 침지시킨 후 반추위내에 넣고 24, 48 및 72 시간 배양하였다(Figure 2).

배양 시간 별로 nylon bag을 수거한 후 맑은 물이 나올때까지 일정한 동작으로 흐르는 수도물에서 충분히 세척하고 60 $^{\circ}$ C의 drying oven 에서 48시간 건조 후 칭량하여 건물소화율을 측정하였다.

바. 유기물 소화율 측정

반추위내 유기물 소화율(%)은 nylon bag에 표준상태의 세절 및 사각곤포 생볏짚 사일레지를 각각 4-5g 넣은후 반추위내에 넣고 배양 후 nylon bag을 수거하여 세척, 건조한후 유기물 함량을 측정하여 유기물 소화율을 계산하였다.

2. 생볏짚 사일레지 급여가 착유우의 생산성에 미치는 영향

가. 생볏짚 사일레지 제조

제 2차년도 연구에서 세절생볏짚 silage의 품질등급은 대조구가 4등급인데 비하여 formic acid, propionic acid 첨가구는 3등급으로 mixture(F+P) 첨가구는 2등급으로 상승하였다. 그리고 Kem Lac, H/M F 및 P-1122 첨가구들은 각각 3등급으로 대조구보다 상승하였고, 당밀 첨가구는 2등급으로 상승하였으나 요소(Urea)와 mixture(M+U) 첨가구는 각각 4등급으로 차이가 없었다.

사각곤포 생볏짚 silage의 품질등급은 대조구가 4등급인데 비하여 formic acid 가 2등급으로 상승하였으며 propionic acid 첨가구와 mixture(F+P) 첨가구는 3등급으로 대조구보다 상승하였다. Kem Lac과 P-1122 첨가구가 각각 3등급으로 상승하였으며 H/M F 첨가구는 2등급으로 상승하였다. 그리고 당밀 첨가구는 2등급으로 상승하였으며 mixture(M+U) 첨가구는 3등급으로 상승하였으나 요소 첨가구는 4등급으로 대조구와 차이가 없었다.

따라서 본 연구에서는 세절생볏짚 사일레지 제조시 가장 효과적인 첨가물인 formic acid와 propionic acid의 mixture 첨가구와 당밀 첨가 중 작업이 수월한 당밀 1%를 첨가하여 사일레지를 제조하였고, 사각곤포 사일레지 제조시 가장 효과적인 formic acid 첨가와 H/M F 첨가 또는 당밀 첨가 중 작업이 수월한 당밀 (sucrose 25.6%) 1%를 첨가하여 1996년 10월 사일레지를 제조하였다.

나. 실험장소 및 공시축 선정

본 실험은 오투기 목장에서 사육중인 총 45여두의 착유우중에서 체중, 산차수, 비유시기 및 산유량이 유사한 27두를 선발하여 처리당 9두를 배치하고 1997년 3월부터 4월까지 실험을 수행하였다. 일반 사양관리는 오투기목장의 관행 사양관리방법에 준하여 실시하였으며, 급여하는 조사료는 1996년 10월 제조한 실험용 세절 및 사각콘포 볏짚 사일레지와 대조구로 사용한 옥수수 사일레지이며 농후사료는 착유우 사료로 1일 2회(06:00, 16:00) 급여한다. 물은 항상 자유음수토록 하였고, 착유는 Tandom식 착유사에서 06:00 및 17:00 시에 실시하였다.

다. 실험설계

착유우 실험은 옥수수 사일레지를 급여하는 대조구(Control)와 세절 생볏짚사일레지 급여구(처리 I) 및 사각콘포 생볏짚사일레지 급여구(처리 II)로 나누어 수행하였다(Table 66).

Table 66. Experimental design and the conditions of experimental dairy cows

Item	Control	Treatment	
		I	II
Silage types	-	Cut rice straw	Square bale rice straw
No. of cows(head)	9	9	9
Body weight(kg)	593	597	587
No. of calving	2.3	2.0	1.9
Days after calving	137	132	134
Milk yield (kg/day)	18.3	17.6	19.0

라. 실험사료 및 조성분 분석

본 실험에 사용된 농후사료, 옥수수 사일리지, 세절 및 사각곤포 생볏짚 사일리지의 화학적 조성은 AOAC 방법(1990)에 의하여 분석하였는데, 그 결과는 Table 67과 같다.

Table 67. Chemical composition of feedstuffs fed to experimental dairy cows(%)^a

Item	Dry matter	Crude protein	Crude fiber	Crude ash	Ether extract
Rice straw silage					
Cut type	44.3	4.7	30.5	12.1	2.5
Square bale type	43.9	4.3	30.6	12.5	2.3
Corn silage	30.7	7.6	27.2	5.2	2.5
Concentrate	89.7	18.5	18.7	8.9	1.6

^a All values are expressed on the dry matter basis except dry matter.

마. 사료 섭취량 측정

매일 오전과 오후에 급여하는 농후사료와 조사료의 양을 측정하고, 조사료 급여시간동안 섭취한 볏짚 사일리지의 양을 조사하여 평균 풍건물 섭취량을 구하고, 수분함량에 따라 건물 섭취량을 산정하였다.

바. 산유량 측정

산유량 측정은 착유사에서 개체별로 1일 2회 착유하여 이를 합산한 후 평균하여 1일 평균 산유량으로 계산하였다.

사. 우유 조성분 분석

공시우의 유단백질, 유지율, 유당 함량은 시료로 채취된 원유를 40 °C의 water bath에서 5-10분간 교반시키면서 가온한후 Milko-Scan (Foss Electric사 Denmark) 자동분석기로 분석하였다.

3. 생볏짚 사일리지 급여가 비육우의 생산성에 미치는 영향

가. 생볏짚 사일리지 제조

착유우 실험에서와 마찬가지로 제 2 차년도 연구결과를 이용하여 세절 및 사각곤포 생볏짚 공히 첨가효과가 우수한 당밀(sucrose 25.6%) 1%를 첨가하여 96년 10월중에 비닐백을 이용하여 사일리지를 제조하였다.

나. 실험장소 및 공시축 선정

본 실험에 사용한 공시동물은 수원근교 우시장에서 구입한 체중 260kg 정도의 한우 수소 18두로 Stanchion에 묶어 개체별 사료섭취량을 측정할수 있도록 하였다. 총 15두를 처리당 6두씩 배치하고 1996년 10월에 제조한 생볏짚 사일리지를 이용하여 15일간의 예비기간 후 1997년 4월부터 6월까지 84일간 실험을 수행하였다. 일반 사양관리는 성균관대학교의 관행 사양관리방법에 준하여 실시하였으며, 급여하는 조사료는 실험용 세절 및 사각곤포 볏짚 사일리지와 대조구로 사용한 볏짚이며 농후사료는 비육우 사료로 1일 2회(08:00, 16:00) 급여하였으며 물은 항상 자유음수토록 하였다.

다. 실험설계

비육우 실험은 볏짚 급여하는 대조구(Control)와 세절 생볏짚 사일리지 급여구(처리 I) 및 사각곤포 생볏짚 사일리지 급여구(처리 II)로 나누어 수행하였

다(Table 68). 농후사료는 체중의 1.5%를 급여하였으며 조사료는 자유채식시켰다.

Table 68. Experimental design for Korean native cattle

Item	Control	Treatment	
		I	II
Silage types	-	Cut rice straw	Square bale rice straw
No. of cattle(head)	5	5	5
Body weight(kg)	267.34	265.72	263.94

라. 시험사료 및 성분분석

본 실험에 사용된 비육용 농후사료, 볏짚, 세절 및 사각곤포 생볏짚 사일레지의 화학적 조성은 AOAC 방법(1990)에 의하여 분석하였는데, 그 결과는 Table 69와 같다.

Table 69. Chemical composition of feedstuffs fed to Korean native cattle(%)^a

Item	Dry matter	Crude protein	Crude fiber	Crude ash	Ether extract
Rice straw silage					
Cut type	44.3	4.7	30.5	12.1	2.5
Square bale type	43.9	4.3	30.6	12.5	2.3
Rice straw	89.4	5.4	33.2	5.1	1.6
Concentrate	87.3	10.5	3.3	6.0	2.9

^a All values are expressed on the dry matter basis except dry matter.

마. 증체량

체중은 시험개시일로 부터 4주 간격을 두고 동일 시간에 측정하였으며, 시험개시시 및 종료시는 2일 연속 측정하여 평균치를 사용하였다.

바. 사료섭취량

사료섭취량은 급여량에서 잔량을 제한 것을 섭취량으로 하여 조사료와 농후사료를 구분하여 측정하였다.

사. 사료효율

사료효율은 사료섭취량에 대한 증체량으로 계산하였다.

4. 통계분석

실험결과에 대한 통계처리는 SAS(1985)을 이용하여 분산분석에 의한 F-test를 사용하고, 각 처리 평균간의 유의성 검정은 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)에 의하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 반추위내 생볏짚 사일레지의 소화율 측정

가. 건물 소화율

산, 미생물 및 영양소 첨가에 따른 세절 생볏짚 사일레지의 반추위내 건물 소화율은 Table 70과 같다. 대조구의 경우 24시간째 소화율이 30.2%인데 비하여 Formic acid, Propionic acid 및 Mixture(F+P) 첨가구는 각각 32.6%, 34.3% 및 33.3%로 높게 나타났으며 Kem Lac, H/M F 및 P-1122 첨가구도 각각 33.3%, 33.4% 및 30.9%로, Molasses, Urea 및 Mixture(M+U) 첨가구는 각각 33.6%, 33.9% 및 34.1%로 높았으나 유의적인 차이는 없었다. 배양 48시간째 대조구의 소화율은 39.4%인데 비하여 Formic acid, Mixture(F+P), Kem Lac, H/M F, P-1122, Molasses, Urea 및 Mixture(M+U) 첨가구는 각각 43.7, 41.2, 40.0, 40.9, 40.3, 41.4, 42.9 및 43.7%로 차이가 없었으나 Propionic acid 첨가구는 48.1%로 유의적으로 높게 나타났다($p < .05$).

배양 72시간째 대조구의 소화율은 45.9%인데 비하여 Formic acid, Propionic acid, Mixture(F+P), Kem Lac, H/M F, P-1122, Molasses, Urea 및 Mixture(M+U) 첨가구는 각각 46.4, 49.4, 46.1, 45.2, 45.6, 43.3, 46.5, 48.6 및 47.6%로 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나 세절 생볏짚사일레지의 경우 사일레지첨가물에 의하여 건물소화율이 증가하나 72시간째에는 큰 차이가 없어 첨가물의 종류와 소화율간에 관계가 없는 것으로 생각된다.

사각곤포 생볏짚사일레지의 반추위내 건물 소화율은 Table 71과 같이 대조구의 경우 24시간째 소화율이 29.3%인데 비하여 Formic acid, Propionic acid 및 Mixture(F+P) 첨가구는 각각 32.9%, 28.8% 및 31.3% 였으며 Kem Lac, H/M F 및 P-1122 첨가구는 각각 32.8%, 29.8% 및 29.7%로, Molasses, Urea 및

Table 70. Effect of silage additives on *in situ* dry matter disappearance of fresh cut rice straw silage(%)

Item	Rumen exposure time(hr)		
	24	48	72
Control	30.2	39.4 ^d	45.9
Acids			
Formic acid	32.6	43.7 ^b	46.4
Propionic acid	34.3	48.1 ^a	49.4
Mixture(F+P)	33.3	41.2 ^b	46.1
Microbials			
Kem Lac	33.3	40.0 ^b	45.2
H/M F	33.4	40.9 ^b	45.6
P-1122	30.9	40.3 ^b	43.3
Nutrients			
Molasses	33.6	41.4 ^b	46.5
Urea	33.9	42.9 ^b	48.6
Mixture(M+U)	34.1	43.7 ^b	47.6

^{a,b} Means with different superscripts in the same column differ significantly (p<.05)

Table 71. Effect of silage additives on *in situ* dry matter disappearance of fresh square bale rice straw silage(%)

Item	Rumen exposure time(hr)		
	24	48	72
Control	29.3	37.4	44.3
Acids			
Formic acid	32.9	38.5	45.9
Propionic acid	28.8	36.6	43.7
Mixture(F+P)	31.3	36.4	42.5
Microbials			
Kem Lac	32.8	37.5	44.3
H/M F	29.8	36.9	41.3
P-1122	29.7	34.3	40.4
Nutrients			
Molasses	32.4	40.1	44.4
Urea	31.9	37.7	46.4
Mixture(M+U)	33.2	38.7	46.5

Mixture(M+U) 첨가구는 각각 32.4%, 31.9% 및 33.2%로 유의적인 차이는 없었다. 배양 48시간째 대조구의 소화율은 37.4%인데 비하여 Formic acid, Propionic acid, Mixture(F+P), Kem Lac, H/M F, P-1122, Molasses, Urea 및 Mixture(M+U) 첨가구는 각각 38.5, 36.6, 36.4, 37.5, 36.9, 34.3, 40.1, 37.7 및 38.7%로 24시간째와 마찬가지로 유의적인 차이가 없었다. 배양 72시간째 대조구의 소화율은 44.3%인데 비하여 Formic acid, Propionic acid, Mixture(F+P), Kem Lac, H/M F, P-1122, Molasses, Urea 및 Mixture(M+U) 첨가구는 각각 45.9, 43.7, 42.5, 44.3, 41.3, 40.4, 44.4, 46.4 및 46.5로 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나 사각곤포 생볏짚사일레지의 경우 사일레지첨가물에 의하여 대체적으로 사일레지의 품질은 향상되나 소화율에는 관계가 없는 것으로 생각된다.

나. 유기물 소화율

산, 미생물 및 영양소 첨가에 따른 세절 생볏짚사일레지의 반추위내 유기물 소화율은 Table 72와 같다. 대조구의 경우 24시간째 유기물 소화율이 31.3%인데 비하여 Formic acid, Propionic acid 및 Mixture(F+P) 첨가구는 각각 33.7%, 31.3% 및 30.4%로 차이가 없었으며 Kem Lac, H/M F 및 P-1122 첨가구도 각각 33.4%, 34.2% 및 31.5%로, Molasses, Urea 및 Mixture(M+U) 첨가구는 각각 33.1%, 33.5% 및 34.2%로 영양소 첨가구의 경우 수치상 증가하였으나 유의적인 차이는 없었다. 배양 48시간째 대조구의 소화율은 41.6%인데 비하여 Formic acid, Propionic acid, Mixture(F+P), Kem Lac, H/M F, P-1122, Molasses, Urea 및 Mixture(M+U) 첨가구는 각각 43.9, 40.6, 42.1, 43.7, 42.9, 41.7, 39.1, 43.8 및 43.9%로 차이가 없었다.

배양 72시간째 대조구의 소화율은 45.3%인데 비하여 Formic acid, Propionic acid, Mixture(F+P), Urea 및 Mixture(M+U) 첨가구는 각각 48.3, 48.1, 49.4, 49.2 및 49.1%로 유의적으로 증가하였으나($p < .05$), Kem Lac, H/M F, P-1122 alc Molasses 첨가구는 46.6, 46.6, 44.7 및 46.9%로 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나 세절 생볏짚사일레지의 경우 사일레지첨가물에 의하여 유기물소화율이 증가하는 것으로 생각된다.

사각곤포 생볏짚사일레지의 반추위내 유기물 소화율은 Table 73과 같이 대조구의 경우 24시간째 29.7%인데 비하여 Formic acid, Propionic acid 및 Mixture(F+P) 첨가구는 각각 32.2%, 32.68% 및 32.9%였으며 Kem Lac, H/M F 및 P-1122 첨가구는 각각 33.3%, 29.6% 및 30.4%로, Molasses, Urea 및 Mixture(M+U) 첨가구는 각각 32.9%, 34.3% 및 34.7%로 차이가 없었다. 배양 48시간째 대조구의 유기물 소화율은 36.4%인데 비하여 Formic acid, Propionic acid, Mixture(F+P), Kem Lac, H/M F, P-1122 및 Molasses 첨가구는 각각 37.8, 37.5, 37.5, 38.5, 37.8, 39.7 및 37.5로 차이가 없었으나 Urea 및 Mixture(M+U) 첨가구는 각각 43.5%와 43.3%로 대조구에 비하여 유의적으로 높게 나타났다. 배양 72시간째 대조구의 소화율은 40.9%인데 비하여 Formic acid, Propionic acid,

Table 72. Effect of silage additives on *in situ* organic matter disappearance of fresh cut rice straw silage(%)

Item	Rumen exposure time(hr)		
	24	48	72
Control	31.3	41.6	45.3 ^b
Acids			
Formic acid	33.7	43.9	48.3 ^a
Propionic acid	31.3	40.6	48.1 ^a
Mixture(F+P)	30.4	42.1	49.4 ^a
Microbials			
Kem Lac	33.4	43.7	46.6 ^b
H/M F	34.2	42.9	46.6 ^b
P-1122	31.5	41.7	44.7 ^b
Nutrients			
Molasses	33.1	39.1	46.9 ^b
Urea	33.5	43.8	49.2 ^a
Mixture(M+U)	34.2	43.9	49.1 ^a

^{a,b} Means with different superscripts in the same column differ significantly($p < .05$).

Table 73. Effect of silage additives on *in situ* organic matter disappearance of fresh square bale rice straw silage(%)

Item	Rumen exposure time(hr)		
	24	48	72
Control	29.7	36.4 ^b	40.9 ^b
Acids			
Formic acid	32.2	37.8 ^b	41.4 ^b
Propionic acid	32.6	37.5 ^b	40.4 ^b
Mixture(F+P)	32.9	37.5 ^b	39.9 ^b
Microbials			
Kem Lac	33.3	38.5 ^b	43.4 ^b
H/M F	29.6	37.8 ^b	40.5 ^b
P-1122	30.4	39.7 ^b	40.6 ^b
Nutrients			
Molasses	32.9	37.5 ^b	41.7 ^b
Urea	34.3	43.5 ^b	46.8 ^a
Mixture(M+U)	34.7	43.3 ^b	47.2 ^a

^{a,b} Means with different superscripts in the same column differ significantly($p < .05$)

Mixture(F+P), Kem Lac, H/M F, P-1122 및 Molasses 첨가구는 각각 41.4, 40.4, 39.9, 43.4, 40.5, 40.6 및 41.7%로 차이가 없었으나 Urea 및 Mixture(M+U) 첨가구는 각각 46.8%와 47.2%로 대조구에 비하여 유의적으로 높게 나타났다($p < .05$).

이상의 결과 생볏짚사일레지의 건물 및 유기물 소화율은 세절형태가 사각곤포 형태보다 높게 나타났는데 이는 볏짚에 의한 차이보다는 첨가물 공급 및 비닐백에 서의 충전상태등 작업 및 보관형태에 의한 차이로 생각된다.

2. 생볏짚 사일리지 급여가 착유우의 생산성에 미치는 영향

가. 사료섭취량

당밀첨가 세절 및 사각콘포 생볏짚 사일리지 및 옥수수 사일리지와 배합사료 섭취량은 Figure 14 및 Table 74와 같이 일일 착유우용 농후사료를 12kg 씩 급여하면서 조사료로 옥수수가일리지와 생볏짚을 이용하여 제조한 볏짚사일리를 급여하였을 때 사일리지 평균 섭취량은 대조구인 옥수수 사일리지 22.6kg 이었다. 이에 비하여 세절볏짚 사일리지는 14kg으로 대조구에 비하여 유의적으로 낮았으며($p < .05$), 사각콘포 사일리지 섭취량은 12.9kg으로 대조구에 비하여 유의적으로 낮았으나($p < .05$) 세절볏짚 사일리지 섭취량과는 유의적인 차이가 없었다.

건물 섭취량은 대조구인 옥수수 사일리지 급여구가 17.7kg 인데 비하여 세절볏짚 사일리지 급여구는 17.0kg 으로 약 4% 낮았으며 사각콘포 볏짚사일리지 급여구는 16.4kg 으로 약 7% 정도 낮게 나타났으나 처리구간에는 유의적인 차이는 없었다.

조단백질 섭취량은 세절 볏짚사일리지 급여구가 2.28kg으로 사각콘포 볏짚사일리지 급여구 2.23kg 과 차이가 없었으며 옥수수 사일리지 급여구는 2.52kg 으로 세절 볏짚사일리지 급여구보다 약 9.5%, 사각콘포 볏짚사일리지보다 약 11.5% 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다.

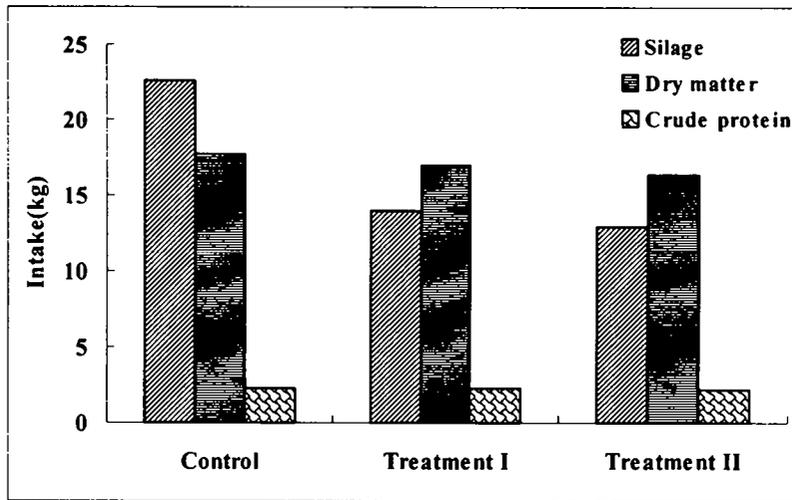


Figure 14. Silage and nutrients intake of lactating dairy cows fed fresh rice straw silage with different binding types.

Table 74. Feed and nutrient intake of dairy cows fed fresh rice straw silage with different binding types (Kg/head/day)

Item	Control	Treatment	
		I	II
Feed intake ^a			
Concentrate	12.0	12.0	12.0
Corn silage	22.6	-	-
Rice straw silage	-	14.0	12.9
Nutrient intake ^b			
Dry matter	17.7	17.0	16.4
Crude protein	2.52	2.28	2.23

^a All values are expressed as fed basis.

^b All values are expressed on the dry matter basis.

^{c,d,e} Means with different superscripts differ significantly ($p < .05$).

나. 산유량

생벚짚 사일리지 급여에 따른 따른 젖소의 산유량은 Figure 15 및 Table 75에서와 같이 시험전 대조구가 21.3kg이고 세절 벚짚사일리지 급여구가 20.6kg 그리고 사각콘포 벚짚사일리지 급여구가 22.0kg이었다. 시험시작후 30일간 평균산유량은 옥수수사일리지 급여구인 대조구가 18.4kg으로 시험전에 비하여 약 14% 감소하였으나 세절 벚짚사일리지 급여구와 사각콘포 벚짚사일리지 급여구 16.9kg과 17.1kg으로 약 18%와 약 22%가 감소하였다. 시험 31일에서 60일 사이에는 대조구가 시험전에 비하여 16.4kg으로 약 23% 감소하였고 세절 벚짚사일리지 급여구와 사각콘포 벚짚사일리지 급여구는 각각 15.2kg과 15.8kg으로 약 26%와 28% 감소하여 벚짚사일리지 종류에 관계없이 옥수수사일리지 급여구에 비하여 감소폭이 큰 것으로 나타났다. 총 60일간의 평균산유량은 옥수수사일리지 급여구가 17.4kg 으로 시험전에 비하여 18.3% 감소하였으며 세절 벚짚사일리지 급여구는 16.1kg으로 21.8% 감소하였고 사각콘포 벚짚사일리지 급여구는 16.5kg으로 25.0% 감소하는 것으로 나타났다. 이상의 결과 통계적인 유의차는 없었으나 옥수수사일리지에 비하여 벚짚사일리지 급여시 산유량이 낮은 것으로 나타났으며 특히 사각콘포 벚짚사일리지 급여구가 섭취량과 함께 산유량도 낮은 것으로 나타났다.

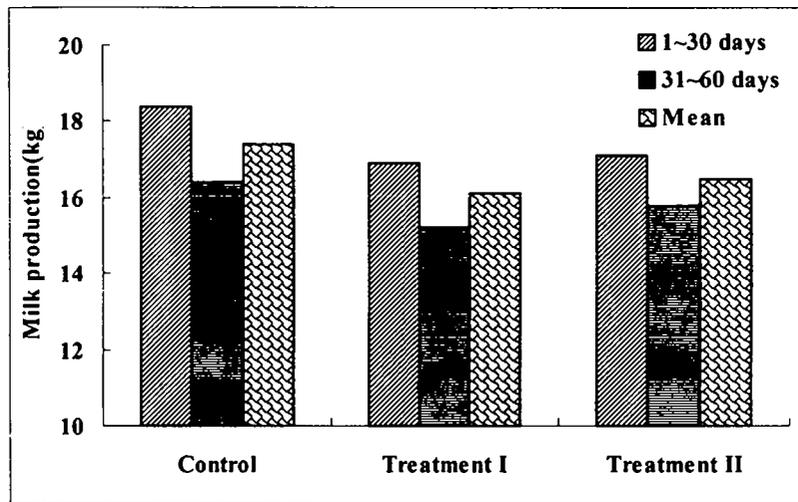


Figure 15. Milk product of lactating dairy cows fed fresh rice straw silage with different binding types.

Table 75. The average milk production of dairy cows fed fresh rice straw silage with different binding types (Kg)

Item	Control	Treatment	
		I	II
Initial	21.3	20.6	22.0
1 - 30 days	18.4	16.9	17.1
31 - 60 days	16.4	15.2	15.8
Mean	17.4	16.1	16.5

다. 우유 조성분

시험기간동안 암모니아처리 사각콘포 벧짚 급여구의 유지방 및 무지고형분 함량은 Figure 16 및 Table 76과 같다. 시험개시후 30일간 옥수수사일레지 급여구의 유지방함량은 3.82%로 세절 벧짚사일레지 급여구 3.76%과 사각콘포 벧짚사일레지 급여구 3.60%보다 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었으며 이후 31일에서 60일 사이에는 대조구가 3.41%로 세절 벧짚사일레지 급여구 3.37% 및 사각콘포 벧짚사일레지 3.52와 차이가 없었다. 시험기간의 평균 유지방함량은 옥수수사일레지 급여구인 대조구가 3.62%로 세절 벧짚사일레지 급여구와 사각콘포 벧짚사일레지 급여구 3.57% 및 3.56%와 차이가 없는 것으로 나타났다.

시험개시후 30일간 옥수수사일레지 급여구인 대조구의 무지고형분함량은 8.21%로 세절 벧짚사일레지 급여구 8.18%와 사각콘포 벧짚사일레지 급여구 8.32%와 차이가 없었으며 이후 31일에서 60일 사이에는 대조구가 37.76%로 세절 벧짚사일레지 급여구 8.03% 및 사각콘포 벧짚사일레지 7.89%와 차이가 없었다. 시험기간의 평균 무지고형분함량은 옥수수사일레지 급여구가 7.99%로 세절 벧짚사일레지 급여구와 사각콘포 벧짚사일레지 급여구 8.11% 및 8.07%와 차이가 없는 것으로 나타났다.

이상의 결과 가을철 생벧짚을 이용하여 제조한 세절 및 사각콘포 사일레지 급여시 농후사료 급여수준이 매우 낮아 영양소요구량의 많은 부분을 조사료로 보충하지 않을 경우 젖소의 조사료 공급원으로 옥수수사일레지와 차이가 없는 것으로 생각된다.

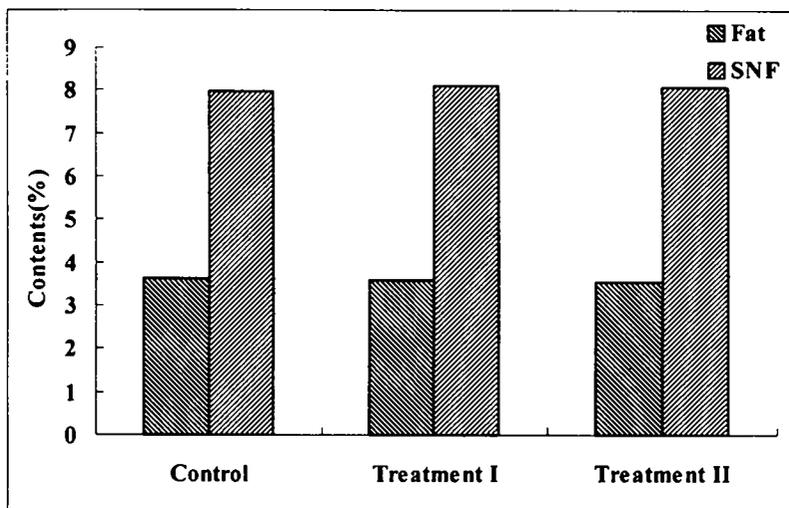


Figure 16. The contents of fat solid-not-fat(SNF) in milk fed fresh rice straw silage with different binding types.

Table 76. Milk composition of dairy cows fed fresh rice straw silage with different binding types(%)

Item	Experimental days	Control	Treatment	
			I	II
Fat	1 - 30 days	3.82	3.76	3.60
	31 - 60 days	3.41	3.37	3.52
	Mean(60 days)	3.62	3.57	3.56
Solid-not-fat	1 - 30 days	8.21	8.18	8.32
	31 - 60 days	7.76	8.03	7.83
	Mean(60 days)	7.99	8.11	8.07

3. 생볏짚 사일리지 급여가 비육우의 생산성에 미치는 영향

가. 증체량

조사료로 볏짚을 급여하는 대조구와 세절 생볏짚사일리지 급여구(처리 I) 및 사각콘포 생볏짚사일리지 급여구(처리 II)의 12주간의 전체 증체량은 Table 77과 같다. 사양시험전 대조구의 체중은 267.34kg으로 생볏짚사일리지 급여구 및 사각콘포 생볏짚사일리지 급여구 265.72kg 및 263.94kg과 차이가 없었으나 시험시작 84일 후에는 대조구가 347.31kg 인데 비하여 세절 생볏짚사일리지 급여구는 361.73kg으로 증가하였으며 사각콘포 생볏짚 급여구는 355.26kg으로 증가하였다.

총 증체량은 볏짚급여구인 대조구가 79.97kg 인데 비하여 세절 생볏짚사일리지 급여구는 96.01kg으로 유의적으로 증가하였으며($p < .05$), 사각콘포 생볏짚사일리지 급여구도 91.32kg으로 증가하였다($p < .05$).

일당 증체량은 대조구 0.95kg에 비하여 사각콘포 생볏짚사일리지 급여구는 1.09kg으로 세절 생볏짚사일리지 급여구는 1.14kg으로 대조구보다 유의적으로 높게 나타났다($p < .05$).

생볏짚사일리지 급여시 볏짚급여에 비하여 증체량이 증가하였는데 이는 김과 임(1987, 1988) 그리고 김 등(1991)이 야초 silage의 품질 향상을 위해 수용성 탄수화물이 낮은 칩 silage 제조시 물과 전분, 포도당을 첨가하여 그에 대한 발효특성을 조사하였는데, 당을 첨가하면 silage의 pH가 낮아지고 유산 생성이 증가되어 품질이 개선되어 옥수수 silage와 같은 양질의 silage가 되었다는 보고와 같은 결과로 생각된다.

Table 77. Body weight gain of growing Korean native cattle fed different roughage sources

Item	Control	Treatment	
		I	II
Initial weight	267.34	265.72	263.94
Final weight	347.31	361.73	355.26
Weight gain	79.97 ^b	96.01 ^a	91.32 ^a
Daily weight gain	0.95 ^b	1.14 ^a	1.09 ^a

^{a,b} Means with different superscripts differ significantly ($p < .05$).

나. 사료섭취량 및 사료효율

조사료로 볏짚을 급여하는 대조구와 세절 생볏짚사일레지 급여구(처리 I) 및 사각곤포 생볏짚사일레지 급여구(처리 II)의 12주간의 건물사료 섭취량 및 사료효율은 Table 78과 같다.

전 시험기간동안의 농후사료 건물섭취량은 대조구가 332.20kg으로 생볏짚사일레지 급여구 및 사각곤포 생볏짚사일레지 급여구 326.12kg 및 331.89kg과 차이가 없었다.

조사료 건물섭취량은 볏짚급여구인 대조구가 252.41kg 인데 비하여 세절 생볏짚사일레지 급여구는 273.13kg으로 증가하였으며 사각곤포 생볏짚 급여구는 267.83kg으로 크게 증가하였다($p < .05$).

총 건물섭취량은 대조구가 584.61kg 인데 비하여 세절 생볏짚사일레지 급여구와 사각곤포 생볏짚사일레지 급여구는 599.25kg과 599.72kg으로 유의적으로 증가하였다($p < .05$). 사료효율은 볏짚급여구가 7.31인데 비하여 세절 생볏짚사일레지 급여구는 6.24이고 사각곤포 생볏짚사일레지 급여구는 6.57로 높게 나타나($p < .05$) 생볏짚을 이용한 사일레지 제조가 비육우의 증체량 향상과 사료효율 개선에 효과적인 것으로 사료된다.

Table 78. Feed intake and feed conversion of growing Korean native cattle fed different roughage sources

Item	Control	Treatment	
		I	II
Concentrate intake(kg)	332.20	326.12	331.89
Forage intake(kg)	252.41 ^b	273.13 ^a	267.83 ^a
Total feed intake(kg)	584.61 ^b	599.25 ^a	599.72 ^a
Feed conversion	7.31 ^a	6.97 ^b	6.57 ^b

^{a,b} Means with different superscripts differ significantly($p < .05$).

참 고 문 헌

1. Abe, M., H. Shibui, T. Iriki and F. Kumeno. 1973. Relation between diet and protozoal population in the rumen. Br. J. Nutr. 29:197.
2. Ahmed, R. and F. Dolberg. 1980. Practical ways of improving utilization of straw. ADAB NEWS 7:12.
3. Akin, D.E., G.L.R. Gordon and J.P. Hogan. 1983a. Rumen bacterial and fungal degradation *Digitaria pentzii* grown with or without sulfur. Appl. Environ. Microbiol. 46:738.
4. Akin, D.E. 1979. Microscopic evaluation of forage digestion by rumen microorganism: A Review. J. Anim. Sci. 48:701.
5. Akin, D.E. 1982. Microbial breakdown of feed in the digestive tract. In: J. B. Hacker (Ed.) Nutritional Limits to Animal Production from Pasture. p. 201. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, UK.
6. Akin, D.E. 1989. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. Agron. J. 81:17.
7. Akin, D.E. and L.L. Rigsby. 1985. Degradation of bermuda and orchardgrass by species of ruminal bacteria. Appl. Environ. Microbiol. 50:825.
8. Akin, D.E. and L.L. Rigsby. 1987. Mixed fungal populations and lignocellulosic tissue degradation in the bovine rumen. Appl. Environ. Microbiol. 53:1987.
9. Akin, D.E. and R. Benner. 1988. Degradation of polysaccharides and lignin by ruminal bacteria and fungi. Appl. Environ. Microbiol. 54:1117.
10. Albersheim, P. 1975. The walls of growing plant cells. Scientific American 232:80.

11. Alli, Inteaz and B. E. Baker. 1982. Effects of additives on lactic acid production and water soluble carbohydrates in chopped corn and alfalfa. *J. Dairy Sci.* 65:1472.
12. Amos, H.E. and D.E. Akin. 1978. Rumen protozoal degradation of structurally intact forage tissues. *Appl. Environ. Microbiol.* 36:513.
13. AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis* (13th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
14. Balch, C.C. 1971. Proposal to use time spent chewing as an index of the extent to which diets for ruminants possess the physical property of fibrousness characteristics of roughages. *Br. J. Nutr.* 26:683.
15. Bauchop, T. 1979a. The rumen ciliate *Epidinium* in primary degradation of plant tissues. *Appl. Environ. Microbiol.* 37:1217.
16. Bauchop, T. 1979b. The rumen anaerobic fungi of cattle and sheep. *Appl. Environ. Microbiol.* 38:128.
17. Bauchop, T. 1980. Scanning electron microscopy in the study of microbial digestion of plant fragments in the gut. In: D.C. Ellwood, J.N. Edger, M.J. Latham, M.J. Lynch and J.H. Slater (Eds.) *Contemporary Microbiol Ecology*. p. 309. Academic Press, London, England.
18. Bauchop, T. 1981. The anaerobic fungi in rumen fiber digestion. *Agric. Environ.* 6:339.
19. Bauchop, T. 1989. Colonisation of plant fragments by protozoa and fungi. In: J. V. Nolan, R. A. Leng and D. I. Edmeyer (Eds.) *The Roles of Protozoa and Fungi in Ruminant Degestion*. p. 83. Penambul Books, Armidale, Australia.
20. Baxter, H. D., M. J. Montgomery and J. R. Owen. 1980. Formic acid

- treatment of wheat and corn silage. J. Dairy Sci. 63:1291.
21. Becker, K. and E. Pfeffer. 1977. Treatment of straw with ammonia. Das Wirtschaftseig Futter 23:83.
 22. Berger, L. L., T.J. Klopfenstein and R.A. Britton. 1980. Effect of sodium hydroxide treatment on rate of passage and rate of ruminal fiber digestion. J. Anim. Sci. 50:745.
 23. Bergner, H., H. J. Zimmer and H. Münchow. 1974. Untersuchungen zur Charakterisierung von Strohpellets. 6. Verdaulichkeitsuntersuchungen an Weizen Strohpellets. Arch. Tierernähr. 24:689.
 24. Borhami, B. E. X. and F. Sundstol. 1982. Studies on ammonia-treated straw. I. The effects of type and level of ammonia, moisture content and treatment time on the digestibility *in vitro* and enzyme soluble organic matter of oat straw. Amin. Feed Sci. Technol. 7:45.
 25. Boshtedt, G., W. H. Pelerson and G. P. Bahler. 1941. Corn meal as a grass silage preservation. J. Dairy Sci. 24: 513.
 26. Brazle, F.L. and L. H. Harbers. 1977. Digestion of alfalfa hay observed by scanning electron microscopy. J. Anim. Sci. 45:560.
 27. Bryant, M. P. and I. M. Robinson. 1961. An improved nonselective culture medium for ruminal bacterial and its use in determining diurnal variation in numbers of bacteria in the rumen. J. Dairy Sci. 44:1446.
 28. Bryant, M. P. and I. M. Robinson. 1968. Effects of diet, time after feeding, and position sampled on numbers of viable bacteria in the bovine rumen. J. Dairy Sci. 51:1950.
 29. Buettner, M.R., V.L. Lechtengerg, K.S, Hendrix and J. M. Hertel. 1982. Composition and digestion of ammoniated tall fescue. J. Anim. Sci. 54:173.

30. Burghardi, S. R., R. D. Goodrich and J. C. Meiske. 1980. Evaluation of corn silage treated with microbial additives. *J. Anim. Sci.* 50:729-736.
31. Busk, J. and T.P. Kristensen. 1977. NH₃-behandling av halmi isolert gårdanlag. *Ugeskr. Agron. Hort. Forst. Lic.* 24:486.
32. Caldwell, D.R. and M.P. Bryant. 1966. Medium without rumen fluid for nonselective enumeration and isolation of rumen bacteria. *Appl. Microbiol.* 14:794.
33. Campling, R.C., M. Freer, and C.C. Balch, 1961. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 2. The relationship between the voluntary intake of roughages, the amount of digesta in the reticule-rumen and the rate of disappearance of digesta from the alimentary tract. *Brit. J. Nutr.* 15:531.
34. Chaney, A.L. and E.P. Marbach. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.* 8:130-132.
35. Chen, J., M. R. Stokes and C. R. Wallace. 1994. Effects of enzyme-inoculant systems on preservation and nutritive value of hay crop and corn silages. *J. Dairy Sci.* 77:501.
36. Cheng, K.J., C.W. Forsberg, H. Minato and J. W. Costerton. 1991. Microbial ecology and physiology of feed degradation within the rumen. In: T. Tsuda, Y. Sasaki and R. Kawashima (Ed.) *Proc. 7th International Symposium on Ruminant Physiology.* p. 595. Academic Press, San Diego, California.
37. Cheng, K.J., J.P. Pay, R.E. Howarth and J. W. Costerton. 1980. Sequence of events in the digestion of fresh legume leaves by rumen bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 40:613.

38. Cheng, K. J., C. S. Stewart, D. Dinsdale and J. W. Costerton. 1983/84. Electron microscopy of bacteria involved in the digestion of plant cell walls. *Anim. Feed Sci. Technol.* 10:93.
39. Czerkawski, J.W. and G. Bredkenridge. 1979. Experiments with the long-term rumen semulata in technique(Rusitec);response to supplementation of basal rations. *Br. J. Nutr.* 42:217.
40. Darvill, A.I., M. McNeil, P. Albersheim and D.P. Delmer. 1980. The primary cell walls of flowering plants. *Biochem. Plants* 1:91.
41. Dennis, S. M., M. J. Arambel, E. E. Bartley and A. E. Dayton. 1983. Effect of energy concentration and source of nitrogen on numbers and types of rumen protozoa. *J. Dairy Sci.* 66:1248.
42. Dehority, B.A. and J.A. Grubb. 1977. Glucose-1-phosphate as a selective substrate for enumeration of *Bacteroides* species in the rumen. *Appl. Environ. Microbiol.* 33:998.
43. Dehority, B.A. and J.A. Grubb. 1980. Effect of short term chilling of rumen contents on viable bacterial numbers. *Appl. Environ. Microbiol.* 39:376.
44. Dehority, B.A. and W.R.S. Mattos. 1978. Diurnal changes and effect of ration on concentration of the rumen ciliate *Charon Ventriculi*. *Appl. Environ. Microbiol.* 36:953.
45. Dehority, B.A. and C. G. Orpin. 1988. Development of, and natural fluctuations in, rumen microbial populations. In: P.N. Hobson (Ed.) *The Rumen Microbial Ecosystem*. p. 151. Elsevier Applied Science, London.
46. Derbyshire, J. C., D. R. Waldo and C. H. Gordon. 1976. Performance of dairy cattle on wilted formic acid silage. *J. Dairy Sci.* 59:1278.
47. Devendra, C. 1982. Perspectives in the utilization of untreated rice straw by

- ruminants in Asia. In: P. P. Doyle. (Ed.) The Utilization of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds. p. 7. School of Agric. and Forestry, Univ. of Melbourne. Parkville, Victoria, Australia.
48. Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*. 11:1-42.
 49. Dunlop, A.C. and R.C. Kellaway. 1980. The kinetics of fibre digestion in the rumen of sheep. *Proc. Nutr. Soc. Australia* 5:200.
 50. Ely, L. O., E. M. Sudweeks and N. J. Moon. 1981. Inoculation with *Lactobacillus plantarum* of alfalfa, corn, sorghum and wheat silage. *J. Dairy Sci.* 64:2378-2387.
 51. Erikson, O., D.A.I. Goring and B.O. Lindgren. 1980. Structural studies on the chemical bonds between lignin carbohydrates in spruce wood. *Wood Sci. Technol.* 14:267.
 52. Ernet, A.J., Y. Fouad and T.F. Clark. 1960. Rice straw for bleached papers. *Tech. Ass. Paper Pulp Ind.* 43:49.
 53. Erwin, E.S., J. Marco, and E.M. Emery. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44:1768-1771.
 54. Faulkner, D.B., G.L. Llamas, J.K. Ward and T.J. Klopfenstein. 1984. Improving the intake and nutritive value of wheat straw for beef cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 12:125.
 55. Fenner, H. and J.M. Elliot. 1963. Quantitative method for determining the steam volatile fatty acids in the rumen fluid by gas chromatography. *J. Anim. Sci.* 22:624-627.
 56. Flores-Galarza, R. A., B. A. Glatz, C. J. Bern and L. D. Van Fossen. 1985. Preservation of high moisture corn by microbial fermentation. *J. Food Protection.* 48:407-411.

57. Foldager, J. 1978. Halm til opdrat. Middelfart, Denmark.
58. Fonty, G. and K. M. Joblin. 1991. Rumen anaerobic fungi: Their role and interactions with other rumen microroganisms in relation to fiber digestion. In : T. Tsuda, Y. Sasaki, and R. Kawashima (Ed.) *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*. p. 55. Academic Press, California, U.S.A.
59. Garrett, W. N., H. G. Walker, G. O. Kohler and M. R. Hart. 1979. Response of ruminants to diets containing sodium hydroxide or ammonia treated rice straw. *J. Anim. Sci.* 48:92.
61. Garrett, W. N., H. G. Walker, G. O. Kohler, A. G. Waiss, Jr., R. P. Graham, N. E. East and M. R. Hart. 1974. Nutritive value of NaOH and NH₃ treated rice straw. *Proc. West. Sec. Am. Soc. Anim. Sci.* 25:317.
62. Garrido, A., A. H. Gordon, A. Chesson, I. Murray and A. Gomez-Cabrera. 1992_a. The potential for manipulation of rumen fungi. *Rev. Rural Sci.* 6:124.
63. Garrido, A., A. H. Gordon, A. Chesson, I. Murray and A. Gomez-Cabrera. 1992_b. Analysis of phenolic compounds in relation to the prediction of digestibility and toxicity of ammonia-treated cereal straws. *Anim. Feed Sci. Technol.* 39:313.
64. Goto, M., Y. Yokie, K. Takabe, S. Nisikawa and O. Morita. 1993. Effects of gaseous ammonia on chemical and structural features of cell walls in spring barely straw. *Anim. Feed Sci. Technol.* 6:124.
65. Gould, J. M. 1984. Alkaline peroxide delignification of agricultural residues to enhance enzymatic saccharification. *Biotechnol. Bioeng.* 26:46.
66. Gould, J. M. 1985. Studies on the mechanism of alkaline peroxide delignification of agricultural residues. *Biotechnol. Bioeng.* 27:225.

67. Grenet, E. 1991. Electron microscopy as a method for investigating cell wall degradation in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.* 32:27.
68. Grenet, E., A. Breton, P. Barry and G. Fonty. 1989_b. Rumen anaerobic fungi and plant substrate colonization as affected by diet composition. *Anim. Feed Sci. Technol.* 26:55.
69. Grenet, E, A. Breton, G. Fonty, P. Barry and B. Remond. 1988. Influence du regime alimentaire sur la population fongique du rumen. *Repor. Nutr. Dev.* 28:127.
70. Grenet, E., G. Fonty, and P. Barry. 1989_a. SEM study of the degradation of maize and lucerne stems in the rumen of gnotobiotic lambs harboring only fungi as cellulolytic microorganisms. In: J. V. Nolan, R. A. Leng, and D. I. Edmeyer (Ed.) *The Roles of Protozoa and Fungi in Ruminant Digestion* p. 265. Penambul Books, Armidale, Australia.
71. Grist, D. H. 1965. *Rice*. Longmans, London.
72. Grubb, J. A. and B. A. Dehority. 1975. Effects of an abrupt change in ration from all roughage to high concentrate upon rumen microbial numbers in sheep. *Appl. Microbiol.* 30:404.
73. Grubb, J. A. and B. A. Dehority. 1976. Variation in colony counts of total viable anaerobic rumen bacteria as influenced by media and cultural methods. *Appl. Environ. Microbiol.* 31:262.
74. Han, I. K. and W. N. Garrett. 1986. Improving the dry matter digestibility and voluntary intake of low quality roughages by various treatments: A review. *Korean J. Anim. Sci.* 28:199.
75. Han, I. K., J. K. Ha, W. N. Garrett and N. Hinman. 1989. The energy value of rice straw for ruminants as influenced by treatment with anhydrous

- ammonia or mixing with alfalfa. Asian-Australasian J. Anim. Sci. 2:115.
76. Harbers, L. H., G.L. Kreitner, G.V. Davis, Jr., M.A. Rasmussen and L.R. Corah. 1982. Ruminal digestion of ammonium hydroxide-treated wheat straw observed by scanning electron microscopy. J. Anim. Sci. 54:1309.
77. Harbers, L. H., D. J. Raiten and G. M. Paulsen. 1981. The role of plant epidermal silica as a structural inhibitor of rumen microbial digestion in steers. Nutr. Rep. Int. 24:1057.
78. Hargeaves, A., J. T. Huber, J. Arroyoluma and L. Kung, Jr. 1984. Influence of adding ammonia to corn stalkage on feeding value for dairy cows and on fermentation changes. J. Anim. Sci. 59:567.
79. Harper, S. H. T. and J. M. Dynch. 1981. The chemical components and decomposition of wheat straw leaves, internodes and nodes. J. Sci. Food Agric. 32:1057.
80. Hartley, R. D. 1973. Carbohydrate esters of ferulic acid as components of cell walls of *Lolium multiflorum*. Phytochemistry 12:661.
81. Hartley, R. D., 1981. Chemical constitution, properties and processing of lignocellulosic wastes in relation to nutritional quality for animals. Agric. Environm. 6:91.
82. Hartley, R. D., E. C. Hones and T.M. Wood. 1976. Carbohydrates and carbohydrate esters of ferulic acid released from cell walls of *Lolium multiflorum* by treatment with cellulolytic enzymes. Phytochemistry. 15:305.
83. Hartley, R. D. and E. C. Jones. 1978. Effect of aqueous ammonia and other alkalis on the *in vitro* digestibility of barley straw. J. Sci. Food Agric. 29:92.
84. Hermansen, J.E. 1983. NH₃-behandlet kontra ubehandlet halm blandinger til

- malkek ø er. Statens Husdyrbrugstors ø g, Copenhagen. Medd. No. 451. p. 4
85. Herrera-Saldana, R., D.C. Church and R.O. Kellems. 1982. The effect of ammonia treatment on intake and nutritive value of wheat straw. *J. Anim. Sci.* 54:603.
86. Higuchi, T., Y. Ito and I. Kawamura. 1967. p-Hydroxyphenylpropane component of grass lignin and role of tyrosine-ammonia lyase in its formation. *Phytochemistry* 6:875.
87. Ho, Y. W. N. Abdullah and S. Jalaludin. 1988. Penetrating structures of anaerobic rumen fungi in cattle and swamp buffalo. *J. Gen. Microbiol.* 134:177.
88. Ho, Y. W., N. Abdullah and S. Jalaludin. 1989. Invasion and colonization by anaerobic rumen fungi. In: De. S. Hosthino, R. Onedera, H. Minato and H. Habashi (Ed.) *The Rumen Ecosystem: The Microbial Metabolism and Its Regulation.* p. 101. Proceeding of a Satellite Symposium on Ruminant Physiology. Japan Scientific Societies Press, Tokyo.
89. Ho, Y. W., N. Abdullah and S. Jalaludin. 1991. Fungal colonization of rice straw and palm press fiber in the rumen of cattle and buffalo. *Anim. Feed Sci. Technol.* 34:311.
90. Holdman, L. V., E. P. Coto and W. E. C. Moore. 1977. *Anaerobic Laboratory Manual* (4th Ed). Virginia Polytech. Intc. and State Univ., Blackburg, Virginia.
91. Horton, G. M. J. 1978. The intake and digestibility of ammoniated cereal straw by cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 58:471.
92. Horton, G. M. J. 1981. Composition and digestibility of cell wall components in cereal straws after treatment with anhydrous ammonia. *Can. J. Anim.*

- Sci. 61:1059.
93. Horton, G. M. J. and G. M. Steacy. 1979. Effect of anhydrous ammonia treatment on the intake and digestibility of cereal straws by steers. J. Anim. Sci. 48:1239.
 94. Hungate, R. E. 1966. The Rumen and Its Microbes. Academic Press, New York.
 95. Ito, H., Y. Terashima, K. Ueda and Y. Takahashi. 1981. Nitrogen distribution in rice straw and rice hulls treated with sodium chlorite and ammonia. Jpn. J. Zootech. Sci. 52:519.
 96. Jackson, M. G. 1977. Rice straw as livestock feed. World Anim. Rev. 23:25.
 97. Jackson, M. G. 1978_a. Rice straw as livestock feed. The Green Revolution. p. 95.
 98. Jackson, M. G. 1978_b. Treating Straw for Animal Feeding. FAO Animal Production & Health Paper #10. Rome, Italy.
 99. Jones, B. A., R. D. Hatfield and R. E. Muck. 1992. Effect of fermentation and bacterial inoculation on lucerne cell walls. J. Sci. Food Agric. 60:147.
 100. Jonlin, K. N. 1981. Isolation, enumeration, and maintenance of rumen anaerobic fungi in roll tubes. Appl. Environ. Microbiol. 42:1119.
 101. Kerley, M. S., G. C. Fahey, Jr., L. L. Berger, J. M. Gould and F. L. Baker. 1985. Alkaline hydrogen peroxide treatment unlocks energy in agricultural by-products. Science 230:820.
 102. Kernan, J. A., E. C. Coxworth and D. T. Spurr. 1981. New crop residues and forages for Western Canada : Assesment of feeding value *in vitro* and response to ammonia treatment. Anim. Feed Sci. Technol. 6:257.
 103. Kernan, J. A., W. L. Crowle, D. T. Spurr and E. C. Coxworth. 1979.

- Straw quality of cereal cultivars before and after treatment with anhydrous ammonia. *Can. J. Anim. Sci.* 59:511.
104. Kernan, J. A. and D. Spurr. 1978. The effect of reaction conditions during ammoniation on the *in vitro* organic matter digestibility and the crude protein content of Neepawa wheat straw. Saskatchewan Research Council, C-78-14. Volume II, Section 2C.
 105. Kiangi, E. M. I., J. A. Kategile and F. Sundstol. 1981. Different sources of ammonia for improving the nutritive value of low quality roughages. *Anim. Feed Sci. Technol.* 6:377.
 106. Kim, J. S., H. Y. Chong, K. J. Kim, Y. T. Cho, S. H. Chee and I. K. Han. 1990a. The effect of anhydrous ammonia-sodium hydroxide treatment of rice straw on performance of Holstein young bulls. *Korean J. Anim. Sci.* 32:488.
 107. Kim, Y. S. K. H. Myung, D. S. Kwon, S. R. Lee and T. H. Lee. 1990b. Alkaline hydrogen peroxide treated rice straw as a ruminant feed. *Korean J. Anim. Sci.* 32:156.
 108. Klopfenstein, T. J. 1978. Chemical treatment of crop residues. *J. Anim. Sci.* 46:841.
 109. Kolattukudy, P. E., K. E. Espelie and C. L. Soliday. 1981. Hydrophobic layers attached to cell walls and associated waxes. *Encyclopedia of Plant Physiology New Series* 138:225.
 110. Kolattukudy, P. E. 1980. Biopolymer membranes of plants: Cutin and suberin. *Science.* 208:990.
 111. Kristensen, V. F. 1984. Straw etc. in practical rations for cattle. In: F. Sunstøl and E. Owen. *Straw and Other Fibrous By-Products as Feed.* p.

431. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, The Netherlands.
112. Kronberger, M. 1933. Zur Aufschliessung des Strohes durch Ammoniak im Stalldünger. *Prakt. Bl. Pflanzenbau* 10:255.
113. Latham, M. J., M. E. Sharpe and J. D. Sutton. 1971. The microbial flora of the rumen of cows fed hay and high cereal rations and its relationship to the rumen fermentation. *J. Appl. Bacteriol.* 34:425.
114. Lawlor, M. J. and J. O'Shea. 1979. The effect of ammoniation on the intake and nutritive values of straw. *Anim. Feed Sci. Technol.* 4:169.
115. Leedle, J. A. Z., K. Barsuhn and R. B. Hespell. 1986. Postprandial trends in estimated ruminal digesta polysaccharides and their relation to changes in bacterial groups and ruminal fluid characteristics. *J. Anim. Sci.* 62:789.
116. Leedle, J. A. Z. and R. B. Hespell. 1980. Differential carbohydrate media and anaerobic replica plating techniques in delineating carbohydrate-utilizing subgroup in rumen bacterial populations. *Appl. Environ. Microbiol.* 39:709.
117. Mackie, R. I. and F. M. C. Gilenrist. 1979. Changes in lactate-producing and lactate-utilizing bacteria in relation to pH in the rumen of sheep during stepwise adaptation to a high-concentrate diet. *Appl. Environ. Microbiol.* 38:422.
118. Mackie, R. I., F. M. C. Gilchrist, A. M. Robberts, P. E. Hannah and H. M. Schwartz. 1978. Microbiological and chemical changes in the rumen during the stepwise adaptation of sheep to high concentrate diets. *J. Agric. Sci.* 90:241.
119. Maeng, W. J., D. N. Mowat and W. K. Bilanske. 1971. Digestibility of sodium hydroxide-treated straw fed alone or in combination with alfalfa

- silage. *Can. J. anim. Sci.* 51:743.
120. Maeng, W. J. and T. Y. Chung 1982. Nutritive values and growth response of cattle fed ammonia treated rice straw. *AJAS* 2(1):1-6.
121. Males, J. R. and C.T. Gaskins. 1982. Growth, nitrogen retention, dry matter digestibility and ruminant characteristics associated with ammoniated wheat straw diets. *J. Anim. Sci.* 55:505.
122. Marienburg, J. and H. Bergner. 1975. Untersuchungen zum Einsatz von ammonisierten Strohpellets als alleinige Grundration in der Wiederkäufütterung. I. Fütterungsversuche an Milchkühen mit ammonisierten Strohpellets als alleinige Grundration. *Arch. Tierernähr.* 25:396.
123. McDonald, P., A. R. Henderson and J. E. Heron. 1991. *The Biochemistry of Silage* (2nd Ed.). p. 108-114. John Wiley & Sons, New York.
124. McDonald, P., A. C. Stirling, A. R. Henderson and R. Whittenbury. 1964. Fermentation studies on inoculated herbages. *J. Sci. Food. Agric.* 15:429-436.
125. Michalowskik, T. 1975. Effect of different diets on the diurnal concentrations of ciliate protozoa in the rumen of water buffalo. *J. Agric. Sci.* 85:145.
126. Minato, H., S. Lshizaki, Y. Adachi and M. Mitsumori. 1989. Effect on rumen microbial populations of ammonia treatment of rice straw for steer. *J. Gen. Appl. Microbiol.* 35:113.
127. Mira, J. J. F., M. Kay and E. A. Hunter. 1983. Treatment of barley straw with urea or anhydrous ammonia for growing cattle. *Anim. Prod.* 36:271.
128. Monson, W. G., J. B. Powell, G. W. Burton. 1972. Digestion of fresh

- forages on rumen fluid. Agron. J. 64:231.
129. Moon, N. J., L. O. Ely and E. M. Sundweeks. 1981. Fermentation of wheat, corn and alfalfa silage inoculated with *Lactobacillus acidophilus* and *Candida* sp. at ensiling. J. Dairy Sci. 64:807.
 130. Morgan, J. A. and R. H. Estrange. 1979. Photosynthesis in grass species differing in carbon dioxide fixation pathway. Plant Physiol. 64:257.
 131. Muller, F. M. 1960. On the relation between properties of straw pulp and properties of straw. Tech. Ass. Paper Pulp Ind. 43:209.
 132. Myung, K. H., J. J. Kennelly, K. C. Chung and Y. S. Kim. 1988. Alkaline hydrogen peroxide treated aspen as a ruminant feed. Asian-Australasian J. Anim. Sci. 1:195.
 133. Myung, K. H., Y. S. Kim and T. H. Kim 1987. Scanning electron microscopical observation of anhydrous ammonia-treated rice straws during ruminal digestion. Korean J. Anim. Sci. 29:494.
 134. Nakamura, F. and Y. Kurihara. 1978. Maintenance of a certain rumen protozoal population in a continuous *in vitro* fermentation system. Appl. Environ. Microbiol. 35:500.
 135. Nakamura, K. and S. Kanegasaki. 1969. Densities of ruminal protozoa of sheep established under different dietary conditions. J. Dairy Sci. 52:250.
 136. Nakamura, Y. and T. Higuchi. 1978. Ester linkage of p-coumaric acid in bamboo lignin. Cellulose Chem. Technol. 12:209.
 137. Naseeven, M. R. and R. L. Kincaid. 1992. Ammonia and sulfur dioxide treated wheat straw as a feedstuff for cattle. Anim. Feed Sci. Technol. 37:111.
 138. Nimz, H. H., D. Robert, O. Faix and M. Nemi. 1981. Carbon-13 NMR

- spectra of lignins. 8. Structural differences between lignins of hardwoods, grasses and compression wood. *Holzforschung* 35:16.
139. Ohyama, Y., T. Morich and S. Masaki. 1975. The effect of inoculation with *Lactobacillus plantarum* and addition of glucose at ensiling on the quality of aerated silage. *J. Sci. Food. Agric.* 26:1001-1008
140. Oji, U. I., D. N. Mowat and J. E. Winch. 1977. Alkali treatment of corn stover to increase nutritive value. *J. Anim. Sci.* 44:798.
141. Orpin, C. G. 1975. Studies in the rumen flagellate *Neocallimastix frontalis*. *J. Gen. Microbiol.* 91:249.
142. Orpin, C. G. 1977. The rumen flageelate *Piromonas communis*. Its life-history and invasion of plant material in the rumen. *J. Gen Microbiol.* 99:107.
143. Orpin, C. G. 1983/84. The role of ciliate protozoa and fungi in the rumen digestion of plant cell walls. *Anim. Feed Sci. Thchnol.* 10:121.
144. Owen, F. G. and R. D. Appleman. 1971. Effect of an enzyme addition on the preservation and feeding value of alfalfa silage. *J. Dairy Sci.* 54:805(Abstr.).
145. Perdok, H. B. and R. A. Leng. 1985. Hyperexcitability in cattle fed (thermo) ammoniated rice straw or wheat crop. *Proc. Feeding System of Animals in Temperate Areas.* p. 357. Precongress I of 3rd AAAP Anim. Sci. Con. Seoul, Korea.
146. Perdok, H. B. and R. A. Leng. 1987. Hyperexcitability in cattle fed ammoniated roughages. *Anim. Feed Sci. Technol.* 17:121.
147. Pestalozzi, M. and T. Matre. 1976. Fjorsok med ammoniakkbehandlet halm til kastrater. Mimeographed paper. *Agric. Univ. Norway, Norway.*

148. Pestalozzi, M. and T. Matre. 1977. Fjorsok med ammoniakkbehandlet halm til kastrater. Mimeographed paper. Agric. Univ. Norway, Norway.
149. Richter, W. I. F., A. Baranowski and G. Koch. 1980. Zum Futterwert von aufgeschlossenen Stroh. 2. Untersuchungen zur Aufschlusswirkung von Ammoniak. Das Wirtschaftseig. Futter 26:165.
150. Riley, R. G. and P. E. Kolattukudy. 1975. Evidence of covalently attached p-coumaric acid and ferulic acid in cutins and suberins. Plant Physiol. 56:650.
151. Rissanen, H. and V. Kossila. 1977. Untreated and ammonized straw with or without silage to dairy cows. Proc. Seminar NJF, Uppsala, p.177.
152. Saenger, P. F., R. P. Lemenager and K. S. Hendrix. 1982. Anhydrous ammonia treatment of corn stover and its effect on digestibility, intake and performance of beef cattle. J. Anim. Sci. 54:419.
153. Saenger, P.F., R.P. Lemenager and K.S. Hendrix. 1983. Effects of anhydrous ammonia treatment of wheat straw upon *in vitro* digestion, performance and intake by beef cattle. J. Anim. Sci. 56:15.
154. Schwartz, H. M. and F. M. C. Gilchrixt. 1975. Microbial interactions with the diet and the host animal. In: I. W. McDonald and A. C. I. Warner. (Ed.) Digestion and Metabolism in the Rumen. p. 165. University of New England Publishing Unit, Armidale, Australia.
155. Sebastian, J. and P. E. Kolattukudy. 1988. Purification and characterization of cutinase from fluorescent *Pseudomonas putida* bacterial strain isolated from phyllosphere. Arch. Biochem. Biophys. 263:77.
156. Seoane, J. R., M. Cole and S. A. Visser. 1982. The relationship between voluntary intake and the physical properties of forages. Can. J. Anim. Sci.

62:473.

157. Sheperd, A. C., M. Maslanka, D. Quinn and L. Kung, Jr. 1995. Additives containing bacteria and enzymes for alfalfa silage. *J. Dairy Sci.* 78:565.
158. Shockey, W. L., B. A. Dehority and H. R. Conrad. 1985. Effect of microbial inoculation fermentation of alfalfa and corn. *J. Dairy Sci.* 68 : 3076.
159. Simms, D., G. Kuhl and J. Brethour. 1984. Toxicity problems with ammoniated dry roughages. Annual Report of Kansas State Univ. p.78.
160. Smith, T., J. J. Grigero-Naon, W. H. Broster and J. W. Siviter. 1984. Ammonia versus sodium hydroxide treatment of straw for growing cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 10:189.
161. Spencer, R. R. and D. E. Akin 1980. Rumen microbial degradation of potassium hydroxide-treated coastal bermudagrass stems at two stages of maturity. *Agron. J.* 76:819.
162. Spencer, R.R., D.E. Akin and L.L. Rigsby. 1984. Degradation of potassium hydroxide treated coastal bermudagrass stems at two stages of maturity. *Agron. J.* 76:819.
163. Sriskandarajah, N., J. Leibholz and R.C. Kellaway. 1980. Digestion kinetics of untreated and alkali-treated oat straw in cattle. *Proc. Nutr. Soc. Australia* 5:207.
164. Stokes, M. R. 1992. Effects of an enzyme mixture, an inoculant and their interaction on silage fermentation and dairy production. *J. Dairy Sci.* 75:764.
165. Streeter, C. L and G. W. Horn. 1982. Effect of treatment of wheat straw with ammonia and peracetic acid on digestibility *in vitro* and cell wall

- composition. *Anim. Feed Sci. Technol.* 7:325.
166. Streeter, C. L. and G. W. Horn. 1984. Effect of high moisture and dry, ammoniation of wheat straw on its feeding value for lambs. *J. Anim. Sci.* 59:559.
 167. Sundstol, F. 1984. Ammonia treatment of straw: Methods for treatment and feeding experience in Norway. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 10:173.
 168. Sundstol, F. and E. M. Coxworth. 1984. Ammonia treatment. In: F. Sundstol and E. Owen. (Ed.) *Straw and Other Fibrous By-Products as Feed.* p.196. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, The Netherlands.
 169. Sundstol, F., E. M. Coxworth and E. N. Mowat. 1978. Improving the nutritive value of straw and other low quality roughages by ammonia treatment. *World Anim. Rev.* 26:13.
 170. Sundstol, F., A. N. Said and J. Arnason. 1979. Factors influencing the effect of chemical treatment on the nutritive value of straw. *Acta. Agric. Scand.* 29:179.
 171. Tarkow, H and W. C. Feist. 1969. A mechanism for improving dilute alkali and liquid ammonia. *Amer. Chem. Soc. Acv. Chem.* 95:197.
 172. Theandr, O. and P. Åman. 1984. Anatomical and chemical characteristics. In: F. Sundstol and E. Owen. (Ed.) *Straw and Other Fibrous By-Products of Feed.* p.45. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, The Netherlands.
 173. Theander, O., P. Uden and P. Åman. 1981. Acetyl and phenolic acid substituents in timothy of different maturity and after digestion with rumen microorganisms or a commercial cellulase. *Agric. Environm.* 6:127.

174. Thonney, M. L., D. J. Duhaime, T. C. Jenkins and C. A. Ruppel. 1980. Microbial and chemical additives in alfalfa-timothy silage. *J. Dairy Sci.* 64:587-593
175. Tohrai, N., Y. Terashima and H. Itoh. 1978. Effect of processing conditions on the nutritive values of ammonia treated rice hulls and rice straw. *Jap. J. Zootech. Sci.* 49:69.
176. Vance, R. D., R. L. Preston and E. W. Klosterman. 1972. Utilization of whole shelled and crimped corn grain with varying proportions of corn silage by growing-finishing steers. *J. Anim. Sci.* 35:598.
177. Van der Linden, Y., N. O. Gylswyk and H. M. Schwarts. 1984. Influence of supplementation of corn stover with corn grain on the fibrolytic bacteria in the rumen of sheep and their relation to the intake and digestion of fiber. *J. Anim. Sci.* 59:772.
178. Van Soest, P. J. 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants : Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *J. Anim. Sci.* 24:834.
179. Van Soest, P. J. 1970. The role of silicon in the nutrition of plants and animals. *Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manufact.* p. 103. Cornell University, U.S.A.
180. Van Soest, P. J. and L. P. H. Jones. 1968. Effect of silica in *** upon digestibility. *J. Dairy Sci.* 51:1644.
181. Waagerpetersen, J. and K. V. Thomsen. 1977. Effect on digestibility and nitrogen content of barley straw of different ammonia treatments. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2:131.
182. Waagerpetersen, J. and K. V. Thomsen and T. Kristensen. 1976.

- Korttidsbehandling afhalm med NH₃i forsøgsanlæg. Ugeskr. Agron. Hort. Forst. Lic. 39:776.
183. Waiss, A. C. Jr., J. Guggolz, G. O. Kohler, H. Gh. Walker, Jr. and W. N. Garrett. 1972. Improving digestibility of straw for ruminant feed by aqueous ammonia. J. Anim. Sci. 35:109.
 184. Waldo, D. R. 1977. Potential of chemical preservation and improvement of forages. J. Dairy Sci. 60:306.
 185. Waldo, D. R. 1984. A generalized intergration of energy, protein and intake in the production of milk and meat from ruminants. J. Dairy Sci. 67 : 1115.
 186. Waldo, D. R., J. E. Keys, Jr. and C. H. Gordon. 1969. Addition comparisons of formic acid silage versus untreated silage. J. Dairy Sci. 52:936.
 187. Waldo, D. R., J. E. Keys, Jr. and C. H. Gordon. 1973. Preservation efficiency and dairy heifer response from unwilted formic acid and wilted untreated silage. J. Dairy Sci. 56:129.
 188. Wanapat, M., S. Praserdsuk, S. Chanthai and A. Sivapraphaton. 1982. Improvement of rice straw utilization by urea ensiling and/or supplementation with cassava chip for cattle during the dry season. In: P.T. Doyle. (Ed.) Utilization of Fibrous Residues as Animal Feeds. p. 95. School of Agric. and Forestry, Univ. of Melbourne. Parkville, Vic., Australia
 189. Wedekind, K. J., R. B. Muntifering and K. B. Barker. 1986. Effects of diet concentrate level and sodium bicarbonate on site and extent of forage fiber digestion in the gastrointestinal tract of wethers. J. Anim. Sci. 62:1388.

190. Welch, J. G. 1982. Ruminant, particle size and passage from the rumen. *J. Anim. Sci.* 54:885.
191. Westgaard, P. 1981. Factors influencing the effect of alkali treatment of low quality roughages. *Proc. Workshop at Aussha, Tanzania*, p.29.
192. Whittenbury, R., P. McDonald and B. Jones. 1967. A short review of some biochemical and microbiological aspects of ensilage. *J. Sci. Food. Agric.* 18:441-444.
193. Wilson, R. F. and R. J. Wilkins. 1973. Formic acid as a silage additive for wet crops of cockfoot and lucerne. *J. Agri. Sci. Camb.* 80:225.
194. Winther, P. 1978. Anvendelse af ammoniak som gh-konserveringsmiddel. *Statens Plateavlsforsog, Denmark. Medd.* 1440.
195. Wuliji, T. and W. R. McManus. 1988. Colonization of alkali-treated fibrous roughages by anaerobic rumen fungi. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 1:65.
196. Yoon, C. S., E. S. Choi, T. K. Oh, N. H. Lee, C. W. Kim and C. S. Kim. 1983. Effects of aqueous ammonia-treated rice straw on feed intake, nutritive value and rumen characteristics. *Korean J. Anim. Sci.* 25:613.
197. Zorrilla-Rios, J., F. N. Owens, G. W. Horn and R. W. McNew. 1985. Effect of ammoniation of wheat straws on performance and digestion kinetics in cattle. *J. Anim. Sci.* 60:814.
198. Zorrilla-Rios, J., C. L. Streeter and G. W. Horn. 1984. Kinetics of digestion of ammoniated wheat straw : Factors influencing voluntary straw intakes by cattle and sheep. *Oklahoma Agr. Exp. Sta. Res. Rep.* MP-116:112.
199. Ørskov, E. R., C. A. G. Tait and G. W. Reid. 1981. Utilization of ammonia-or urea-treated barely straw as the only feed for dairy heifers.

Anim. Prod. 32:388(Abstr.).

200. 강태홍, 차영호, 이봉재. 1987. 벣짚의 사료가치 증진을 위한 연구. 1. 암모니아 처리시 저장방법에 따른 사료가치 비교. 한축지. 29(2):78-82.
201. 고영두, 김재황, 유성오, 류영우, 강한석, 송영민, 김두환. 1997. 벣짚의 사료가치 증진을 위한 요소수용액의 첨가수준과 수분에 관한 연구. 한영사지. 21:251-258.
202. 고영두. 1970. 전분박 silage에 관한 연구. 제2보 강류 배합 silage의 제조시험. 한축지. 12:176-182.
203. 김대진, 임완. 1987. I. 칩 silage 조제에 있어서 물, 전분, 포도당, 첨가효과. 한국초지학회지. 7(3):162-167.
204. 김덕영, 정근기. 1993. 암모니아 처리벣짚과 농후사료의 동시 급여가 면양의 사료 섭취량, 소화율 및 제1위와 혈액의 성상에 미치는 영향. 한영사지. 17:33.
205. 김정일, 맹원재, 장문백. 1986. 암모니아 및 가성소다 처리벣짚의 사료가치 향상 비교. 한축지. 28(2):86-93.
206. 김준식, 이현준, 조윤연, 지설하, 하종규, 한인규. 1989. 암모니아 및 가성소다 처리 벣짚 급여가 젖소의 산유능력에 미치는 효과. 한낙지. 11(2):65-73.
207. 맹원재, 김동식. 1984. 벣짚의 암모니아 처리가 섭취량 및 사료가치 향상에 미치는 영향. 한축지. 26(7):610-615.
208. 맹원재, 문홍식, 정태영, 장문백, 정승현. 1987. 암모니아가스과 암모니아수 처리 벣짚의 사료가치비교. 한축지. 29:25.
209. 맹원재, 정태영, 박호성, 조남기, 김원, 김민재. 1986a. 암모니아 처리가 면양에 의한 벣짚의 소화율과 섭취량 그리고 반추위내 암모니아 농도 및 혈액중 요소 농도 변화에 미치는 영향. 한축지. 28(7):480-483.
210. 맹원재, 정태영, 장문백, 정승현. 1986b. 암모니아 처리 벣짚 급여에 의한 육성

- 비육우의 증체시험과 경제성 분석. 한축지. 28(7):484-487.
211. 朴南培, 郭種滢, 高英杜. 1984. Formic acid 添加가 보리의 생육단계별 silage 品質에 미치는 영향. 한초지. 4(3):214.
212. 山崎昭夫, 三上 昇, 薦野 保. 1988. 尿素處理による乾草製造法. 北海道草地研究會報. 第22號:196.
213. 신기준, 강태홍, 차영호, 김강식. 1985. 가성소다 및 암모니아 처리가 벯짚의 사료가치 증진에 미치는 효과. 한축지. 27(5):301-304.
214. 신기준, 배동호, 이근상, 김강식. 1990. 암모니아 처리 벯짚의 반추가축에 대한 급여효과. II. 암모니아 처리 벯짚 및 무처리 벯짚과 요소를 옥수수과 함께 급여시 면양의 소화율, 질소축적과 제1위액 성상에 미치는 영향. 한축지. 32(10):594-602.
215. 신기준, 이근상, 백봉현, 김강식. 1988. 한우의 비육기간중 암모니아 처리 벯짚 급여시 배합사료 급여수준이 일당증체, 사료섭취량 및 사료효율에 미치는 영향. 한축지. 30(5):292-296.
216. 신기준, 이봉덕, 배동호, 차영호, 이근상, 김강식. 1989. 암모니아 처리 벯짚의 반추가축에 대한 급여효과. 1. 벯짚에 대한 암모니아 처리 수준이 면양의 섭취량과 소화율 및 질소 축적에 미치는 영향. 한축지. 31(7):434-442.
217. 신기준, 이용호, 이근상, 김강식. 1985. 한우 비육시 암모니아 처리 벯짚 급여가 사료섭취 및 증체에 미치는 영향. 한축지. 27(5):280-283.
218. 신기준, 차영호, 강태홍, 김강식. 1983. 암모니아 처리에 의한 벯짚의 사료가치 향상에 관한 연구. 축산시험장 시험연구보고서. p. 668-695.
219. 양창범, 이희석, 백윤기. 1989. 암모니아 처리가 귀리짚의 일반조성분 및 소화율에 미치는 영향. 한축지. 31:314.
220. 윤상기, 정인걸, 정천용. 1986. 착유우에 대한 NH₃처리 벯짚 급여시험. 축산시험장 시험연구 보고서. p. 170-178.

221. 윤상기, 정인걸, 정천용. 1987. 착유우에 대한 암모니아 처리 볏짚 급여가 우유생산성과 경제성에 미치는 영향. 농시논문집(축산·가위). 29(2):1-6.
222. 윤상기, 정천용, 한정대. 1985. 착유우에 대한 NH_3 처리 볏짚 급여시험. 축산시험장 시험연구 보고서. p.207-210.
223. 윤철석, 최의성, 오태광, 이남형, 김창원, 김춘수. 1983. 암모니아 처리 볏짚 급여시 사료섭취량, 영양적 가치 및 제 1위내 성상에 미치는 영향. 한축지. 25(6):613-622.
224. 이순복. 1986. 반추가축의 사료로서 옥수수대의 사료가치 증진과 그 이용성에 관한 연구. 박사학위논문. 영남대학교.
225. 이진희, 박상문. 1959. 한우에 대한 요소첨가 ensilage 급여 시험. 한축지. 2:38-45.
226. 채현석, H. Theune. 1979. 예건 저장, 온도 및 첨가농도를 달리한 formic acid가 silage 품질에 미치는 영향. 한축지. 21(5):451-461.