

청에 사료작물과 볏짚을 이용한 완전배합발효사료의 제조와 영양적가치

이현준** · 조광근* · 김원호** · 김현섭** · 김준식** · 강승하* · 강상기* · 우정희*** ·

이홍구* · 최윤재*

서울대학교 농생명공학부*, 축산기술연구소**,

미국 메릴랜드주 국립보건원 분자생물학연구소***

The Nutritive Values and Manufacture of Total Mixed Fermentation Feeds using Green Forage Crops and Rice-straw

H. J. Lee**, K. K. Cho*, W. H. Kim**, H. S. Kim**, J. S. Kim**, S. H. Kang*, S. K. Kang*,
J. H. Woo***, H. G. Lee* and Y. J. Choi*

School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University*, National Livestock Research Institute**, Section on Biophysical Chemistry, Laboratory of Molecular Biology, National Institute of Mental Health, Bethesda, Maryland 20892, USA***

ABSTRACT

Adequate forage amounts in ruminant animal are necessary for proper ruminal function in dairy cow. This study was carried out to determine the effect of total mixed fermentation feeds made by different green forage crops and grain processings on chemical compositions, RFV (relative feed value) and ruminal characteristics in sheep. The experiment was arranged in a split plot design with 4 replications. The main plot consisted of 6 kinds of green forages (corn, grass, rye, rape, alfalfa and oat) and the sub plots three different grain processings such as non-milling, half milling (7mm mesh over), and regular milling (7mm mesh below). And the different TMFFs (total mixed fermentation feeds) were analyzed for chemical composition and fed to 8 ruminally fistulated sheep for ruminal characteristics and palatability. RFV, daily feed intake, acetate/propionate ratio of the rape-TMFFs were higher compared with the other treatment. Ruminal content of VFA (volatile fatty acid) of corn-TMFF was highest as 90.19 mmol% and pH of the feed was lowest as 3.82. But, acetic acid, propionic acid and butyric acid were no difference among treatments.

In conclusion, the effect of grain proceeding was not appeared but if consider of only RFV, palatability and dry matter disappearance, grade of TMFF was improved in order of rape-, corn-, alfalfa-, grass-, oat- and rye-TMFF.

(Key words : Total mixed fermentation feed, Grain processing, Forage, Ruminal characteristics)

본 논문은 농림부에서 시행한 1994년도 농림기술개발사업 (현장애로과제)에 의한 연구 결과입니다.

Corresponding author : Y. J. Choi, School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University, Suweon 441-744, Korea E-mail : cyjcow@snu.ac.kr Tel : 031-290-2347 Fax : 031-294-1340

I. 서 론

젖소에게 급여되는 사료는 일반적으로 조사료와 농후사료, 고수분사료와 저수분사료 또는 절단사료와 분말사료 등 사료의 형태와 성상에 따라 다양한 사료가 이용되고 있다. 반추동물은 생리적으로 섬유소 사료가 필수적이다 (Sudweek 등, 1981). 섬유소 사료의 함량과 입자의 크기는 반추동물의 생리적 특징인 반추행위와 이에 따른 타액 분비, 반추위 pH, 사료의 위내 통과 속도 등에 영향을 주기 때문이다 (Woodford와 Murphy, 1988). 농가에서는 이러한 영양 생리적 측면을 고려하여 조사료를 먼저 급여하고 농후사료를 나중에 급여하는 분리급여 사양관리가 일반적으로 이루어져 왔다. 그러나 이러한 각종 사료를 분리 형태로 급여할 경우 노동력의 낭비와 사료의 질적, 양적 수급의 불안정 같은 여러 가지 문제점이 발생한다. 최근에 이러한 문제점에 대한 대안으로서 완전사료 (complete ration)화를 통한 사료급여 체계가 널리 보급되고 있는데, 특히 이스라엘에서는 많은 농가가 년 중 생산되는 농후사료, 사일리지, 건초 또는 농산 부산물 등 급여할 수 있는 모든 사료를 혼합하여 TMR 형태로 이용하고 있다 (Maltz 등, 1992). TMR 형태로 가축을 사양할 경우 사료 급여 체계가 간편화되고 균일한 사료 급여가 가능하며, 농후사료와 조사료가 같이 급여되기 때문에 급여되는 두 사료에 대한 반추위내 발효가 동시에 일어난다는 장점을 가지고 있다. 그러나 혼합사료의 급여는 계절에 따른 개별 원료사료의 수급에 어려움이 많고 또한 이질적인 각 사료간의 혼합으로 보관성이 낮아진다는 단점을 가지고 있다 (Coppock 등, 1981).

1986년 McCullough은 자유채식 조건에서 단일사료원으로서 사일리지를 이용하는 최적 사일리지 사료 프로그램을 개발하였는데 이 TMR을 TMR 사일리지, 완전배합 사일리지 또는 All-in One 사일리지라고 하였다. 미국에서는 과잉으로 생산된 곡류와 그 부산물의 이용성을 증대시키기 위하여, 일본에서는 볏짚, 무, 배추, 맥주박 등과 같은 농산부산물의 사료화

를 촉진시키기 위하여 많은 연구가 이루어 졌다 (최와 이, 1998).

완전배합발효사료 (TMFF; total mixed fermentation Feed, 또는 TMR silage)란 단미사료의 물리 화학적 특성을 감안하여 TMR 형태로 배합한 후 사일리지화를 통한 발효 사료를 말하는 것으로 농가에서는 사료 수급의 계획성·경제성을 확보하고 사료의 품질, 가격 및 물량 확보의 어려움을 크게 줄일 수 있으며, 아울러 발효에 의한 단미사료의 소화율 향상과 같은 사료적 가치를 향상시킬 수 있는 새로운 사료 자원 활용방법이라고 할 수 있다 (Heinrichs 등, 1999). 이러한 TMFF는 다즙성 사료로서 건초 사료에 비해 젖소의 건물섭취량을 증가시키는 효과도 있지만 제조 초기에 수분과 함께 다량의 가용성 영양소가 손실되는 단점도 있다.

우리나라에서 연간 생산 가능한 청에 및 사일리지용 작물의 총생산량은 풍건물 기준으로 약 100만 톤으로서 (김, 1987) TMFF의 우선적인 과제는 조사료 생산물량의 증대방안과 제조 초기의 수분 및 가용성 영양소의 침출 손실을 방지하기 위한 방안이 마련되어야 한다.

우리 나라 농가에서 생산되는 볏짚은 연간 700여만 톤 정도이며, 수분 함량이 12~14%인 대표적인 고간류이다. 그러나 볏짚은 소화율과 기호성이 낮아 젖소가 이용하기 위해서는 가성소다, 암모니아, 과산화수소 등의 화학물질의 전처리를 통하여 사료 섭취량과 소화율을 향상시켜야 한다 (신과 박, 1980; 김, 1989; 문 등, 1990; 하 등, 1993; 문, 1994). 이러한 볏짚의 이용성 증진을 위한 또 다른 방법으로서 볏짚의 사일리지화에 대한 연구가 이루어졌으며, 이러한 방법에는 가성소다처리 볏짚의 사일리지화, 생볏짚과 옥수수 사일리지화, 볏짚과 청예호맥의 사일리지화, 볏짚과 서류 및 채소류의 사일리지화, 볏짚과 당밀 및 유산균첨가 사일리지화가 포함되며, 이를 방법으로 건물 및 유기영양소의 소화율이 20~30% 정도 증진된다고 보고하였다 (고와 송, 1977; 이 등, 1977; 강 등, 1980). 그러나 이러한 볏짚 사일리지화 방법은 또 하나의 사일리지 제조기법으로서의 가치가 인정되고 볏짚 이용성 확대에

대한 가능성을 열어 주었지만 사료로서 영양 수준이 매우 낮아 젖소의 생명활동에 필요한 영양소 공급을 단일화하고자 하는 완전사료 공급체계와는 다소 거리가 있다.

본 연구에서는 고 수분 재료인 청에 사료작물들 중 국내 작부면적이 많은 초종들을 선택하여 이들 청에 사료작물과 볏짚의 배합에 의한 수분조절 기법과 간단한 영양조절 단미사료 혼합 체계를 통한 볏짚의 활용 방안과 완전배합발효사료의 제조공정체계를 확립하고 그 사료적 가치와 특성을 구명하고자 본 연구를 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험 기간

축산기술연구소 종축개량부 대가축과에서 1994년 4월부터 1995년 10월까지 총 19개월에 걸쳐 시기별로 제조한 TMFF에 대한 사료 분석과 동물실험을 수행하였다.

2. 시험 동물과 사양 관리

반추위내 Fistula가 장착된 Corriedale 면양 12두 (평균체중 $47 \pm 2.5\text{kg}$)를 대사케이지에 개별 수용한 후 공시축으로 사용하였다. 공시축은 12개의 케이지($4\text{m} \times 4\text{m}/\text{케이지}$)에 1두의 면양을 수용하여 처리별로 TMFF를 1일 2회 (9:30, 18:00) 급여하였고, 물은 자유롭게 마실 수 있도록 하였다. 일일 사료 섭취량은 매일 오전 9시에 사료 급여전 TMFF의 잔량을 측정하여 사료 섭취량을 조사하였다.

3. 시험 설계

시험설계는 Table 1에서와 같이 주구는 사일리지 제조를 위해 절단한 청에 옥수수 (corn), 혼합목초 (grass) (오차드 : 클로버 : 톨 페스큐 = 3 : 1 : 3), 호밀 (rye), 유채 (rape), 알팔파 (Alfalfa), 귀리 (oat)를 포함하는 6 처리구를 두었고, 세구는 옥수수와 콩의 가공 형태로서 알

곡 (whole)을 대조구 (control)로 하고, 거칠게 분쇄 (7~14 mm)한 것을 regular milling 구, 일반 분쇄 (7 mm 이하)를 high-milling 구로 3처리를 두어 처리당 4반복 분할구 배치법으로 시험을 수행하였다. 그리고 볏짚은 각처리 공히 3~5cm로 세절하여 배합에 사용하였다.

Table 1. Experimental design

Main plot	Sub plot
Corn	
Grass	Control (whole)
Rye	Regular milling (7~14 mm mesh above)
Rape	High milling (7mm mesh below)
Alfalfa	
Oat	

4. 각 초종별 TMFF 제조 원칙과 방법

(1) 제조 기준

가) 동일한 수분 조절

원료 청에 사료 작물과 볏짚의 수분 함량을 혼합 전에 분석하여 수분 70%를 목표로 배합량을 결정하였다.

나) 동일한 영양소 함량 조절을 위한 원료 배합

건물과 TCP (total crude protein) 및 TDN (total digestible nutrients) 함량이 동일한 TMFF를 제조하기 위하여 우선 볏짚과 청에 사료작물의 배합으로 수분 함량이 65%가 되도록 조절하고 TDN과 TCP 함량은 밀기울과 옥수수 및 대두의 배합률을 조정하여 TDN 65%, TCP 20%를 목표로 배합하였다.

(2) 전처리 및 제조 방법

본 연구에서 초종별 TMFF를 제조하기 위하여 옥수수, 혼합 목초, 호맥, 유채, 알팔파, 귀리를 재배하고 시기별로 수확하여 120ℓ PVC (polyvinyl chloride) 용기에 Table 2와 같은 원료 배합 비율로 각각 혼합하여 용기에 충전한 후 충분히 진압하여 비닐을 이중으로 덮고 상층부에 석분 (15kg)을 올려놓아 그늘진 곳에

Table 2. Feed ingredient composition of the TMF (DM basis)

Treatments	Feedstuffs(%)						Total
	Soybean	Corn	Wheat bran	Rice straw	Fresh forage		
Corn-TMF	Control						
	H-milling	1.67	4.17	3.33	45.83	45.0	
	R-milling						
Grass-TMF	Control						
	H-milling	0.21	9.23	0.22	27.85	62.49	
	R-milling						
Rye-TMF	Control						
	H-milling	2.0	5.0	8.31	23.31	61.38	
	R-milling						
Rape-TMF	Control						
	H-milling	2.5	5.2	4.8	39.0	48.5	
	R-milling						
Alfalfa-TMF	Control						
	H-milling	0.21	9.23	0.22	27.85	62.49	
	R-milling						
Oat-TMF	Control						
	H-milling	2.0	5.0	8.31	23.31	61.38	
	R-milling						

보관한 후 최소 40일 이상 경과 후 시험에 사용하였다.

볏짚은 볏짚 절단기 (경운기용)를 이용하여 3~5cm 크기로 절단 후 사용하였으며, 원료 곡류인 대두 (콩)와 옥수수는 가공 처리 수준을 달리하여 분쇄하지 않은 알곡과 7mm mesh 이상의 거친 분쇄 및 7mm mesh 이하로 각각 가공 처리하여 제조에 사용하였다.

5. 조사 방법

일반 성분은 AOAC법 (1990)에 의하여 분석하였으며, 상대적 사료가 (RFV; relative feed value)는 조단백질 (CP)과 산성세제 불용성 섬유소 (ADF; acid detergent fiber) 및 중성세제 불용성 섬유소 (NDF; neutral detergent fiber) 값으로부터 아래와 같은 방정식으로 계산하였다 (Holland 등, 1990).

$$RFV = \{88.9 - (0.78 \times ADF\%)\} \times (120 \div NDF\%) \div 1.29$$

반추 위액의 pH 측정 및 VFA 함량 분석은

오전 사료 급여 후 0, 3, 6, 9, 12 시간 후에 rumen fistula를 통하여 제1위의 위액을 채취한 후 4겹의 cheese cloth로 여과하여 즉시 digital pH meter (HANNA HI8424, USA)를 이용하여 pH를 측정하였으며, 초산, 프로피온산, 낙산의 분석은 Erwin 등 (1961)의 방법에 따라 위액 5mL에 HgCl₂ 1mL와 25% metaphosphoric acid 0.25mL를 첨가한 후 3,500rpm에서 20분간 원심분리 (VS-15CFN, VISION Sci. Co. Korea)하여 -20℃에 보관하였다가 Gas Chromatography (Varien 6000 Vista, USA)로 농도를 측정하였다. 그리고 반추위내 총 미생물 수 측정은 광학현미경을 이용한 Holdman 등(1977)의 방법에 따라 cell counter desk glass를 이용하여 측정하였다.

6. 통계 분석

측정된 자료는 SAS 통계 Package (1995)를 이용하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리간의 유의성을 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. TMF의 영양성분 함량

각 초종별 TMF의 일반성분과 가소화영양소 총량 (TDN), 상대적 사료가 (RFV)는 Table 3에서 보는 바와 같다. TMF 종류별 CP 함량은 알팔파-TMF 구에서 21.2%로 가장 높았고, 유채-TMF 구가 20.2%, 혼합목초-TMF 구가 19.3%로 나타났다. ADF와 NDF 함량은 유채-TMF 구가 33.2%와 39.1%로 가장 낮았으며, TDN 함량은 유채-TMF 구와 알팔파-TMF 구가 65.0%, 65.1%로 가장 높게 나타났다. Ca과 P의 함량에 있어서 Ca은 유채-TMF 구에서 0.96%, P은 알팔파-TMF 구에서 0.42%로

가장 높게 나타났다. RFV는 유채-TMF 구에서 151.1로 가장 높았으며, 알팔파-TMF 구는 131.7로 나타났다. 한편 옥수수-TMF 구에서는 105.6으로 가장 낮은 수치를 보였다.

일반적으로 콩과 또는 화본과 목초를 선택함에 있어서 여러 가지 평가 기준이 적용될 수 있는데, 흔히 질적 평가 기준으로 상대적 사료가 (RFV)를 사용한다. 이것은 사료 내에 포함되어 있는 CP, ADF, NDF가 소화율 및 섭취량과 높은 상관 관계를 가진 사실에 근거한 추정 계산치로서 RFV 값이 100 이상은 우수한 사료라고 보며, 특히 124 이상이면 고능력 젖소 사양에 있어 바람직하다고 한다 (Holland, 1990). 섬유질의 성격을 나타내는 기준으로 ADF 함량은 조사료의 소화율과 밀접한 관련이 있으며,

Table 3. Chemical compositions and RFV of Total Mixed Feeds before ensiled (DM basis, %)

Items	Treatments	CP	ADF	NDF	TDN	P	Ca	RFV
Corn-TMF	Control	17.2±0.64	39.3±0.98	53.1±2.11	58.5±2.77	0.27±0.04	0.65±0.03	102.1± 1.09
	H-milling	17.6±1.01	39.8±0.08	50.6±1.01	58.0±2.03	0.26±0.14	0.69±0.07	106.4± 4.11
	R-milling	17.3±1.55	39.2±0.04	50.2±2.11	58.7±1.54	0.25±0.07	0.70±0.04	108.2± 5.98
	Mean	17.4±1.72	39.4±1.77	51.3±2.85	58.4±3.16	0.26±0.11	0.68±0.07	105.6± 8.04
Grass-TMF	Control	18.4±0.13	39.0±1.12	53.4±3.66	58.9±3.99	0.31±0.02	0.78±0.01	101.9± 5.66
	H-Milling	19.4±0.49	37.6±1.71	47.6±3.75	60.5±3.42	0.31±0.02	0.89±0.02	116.6± 5.47
	R-milling	20.2±0.22	37.8±3.15	46.7±4.02	61.3±4.95	0.32±0.10	0.95±0.01	118.3± 6.01
	Mean	19.3±0.94	38.1±3.33	49.2±4.41	60.2±5.17	0.31±0.07	0.87±0.03	112.3± 6.48
Rye-TMF	Control	17.8±0.54	38.1±3.44	50.0±4.12	59.9±4.06	0.32±0.01	0.74±0.04	110.2± 3.65
	H-Milling	17.7±0.04	40.0±2.37	53.1±3.58	57.8±4.01	0.28±0.01	0.75±0.05	101.2± 4.49
	R-milling	17.4±0.16	40.6±2.52	53.5±2.65	57.1±3.88	0.29±0.02	0.73±0.05	107.4± 2.77
	Mean	17.6±1.00	39.6±3.82	52.2±5.14	58.3±5.23	0.30±0.02	0.74±0.06	106.3± 4.79
Rape-TMF	Control	20.3±0.68	32.6±2.75	38.8±3.33	66.0±2.87	0.39±0.01	0.99±0.04	152.1± 9.71
	H-Milling	19.1±0.03	34.1±1.92	41.4±3.25	64.3±3.08	0.30±0.01	0.91±0.02	146.2± 8.58
	R-milling	21.1±0.70	32.0±2.04	37.2±3.99	66.7±3.55	0.32±0.01	1.00±0.05	155.0± 9.26
	Mean	20.2±1.01	33.2±2.39	39.1±4.32	65.0±3.94	0.34±0.01	0.96±0.08	151.1± 9.86
Alfalfa-TMF	Control	21.5±1.12	39.8±1.14	48.4±3.11	68.2±5.00	0.34±0.02	1.45±0.10	130.1±10.04
	H-Milling	21.9±0.31	40.6±1.69	48.6±1.95	63.5±4.01	0.50±0.04	1.32±0.06	126.6± 9.78
	R-milling	20.2±0.21	38.8±2.41	47.6±1.67	63.6±4.22	0.41±0.04	1.09±0.04	138.3±10.26
	Mean	21.2±1.18	39.7±2.64	48.2±3.44	65.1±5.14	0.42±0.05	1.29±0.09	131.7±11.27
Oat-TMF	Control	16.8±0.09	38.1±3.12	51.0±2.89	60.4±6.33	0.33±0.05	0.84±0.03	116.2± 6.54
	H-Milling	17.5±0.37	37.0±1.99	51.7±2.11	57.9±5.04	0.38±0.02	0.85±0.07	109.2± 6.77
	R-milling	17.4±1.33	40.2±2.61	53.2±3.74	59.6±4.71	0.29±0.01	0.83±0.05	121.4± 7.39
	Mean	17.2±1.98	38.4±3.04	52.0±3.92	59.3±6.20	0.33±0.04	0.84±0.09	115.6± 9.11

Values are means ± SE.

NDF 함량은 섭취할 수 있는 조사료의 양과 관련이 있다. 즉 ADF 함량이 높다는 것은 그만큼 소화시키기가 어렵다는 의미이며, NDF 함량이 높다는 것은 사료 섭취량이 떨어짐을 표시함으로 고품질의 조사료일수록 ADF와 NDF의 함량이 낮으며, CP의 함량은 높은 경향이 있어 RFV 값이 상승한다 (손, 2001).

본 연구의 모든 TMF 구 중에서 RFV 값이 높은 구는 유채-TMF 구와 알팔파-TMF 구로 나타났는데, 이러한 결과는 원료 조종의 성분함량에 좌우되어 CP 함량은 높고 ADF와 NDF 함량은 낮은 것으로 나타났다. 그러나 곡류 가공 수준에 따른 TMF의 영양 성분 함량 차이는 크게 나타나지 않았으나, 대체로 분쇄

한 처리에서 약간 좋은 것으로 나타났다.

2. TMFF의 pH, 건물 함량, 건물 손실률 및 일일 섭취량

TMFF 종류별 pH, 건물 함량 및 건물 손실률, 일일 섭취량에 미치는 영향을 비교한 결과 Table 4에서 보는 바와 같다.

TMFF 종류별 pH는 3.82~4.95의 범위로 옥수수-TMFF, 혼합목초-TMFF, 알팔파-TMFF, 연맥-TMFF, 유채-TMFF, 호맥-TMFF의 순서로 낮았으며, 건물 함량에 있어서는 호맥-TMFF가 21.76%로 가장 낮았으며, 그 다음은 유채-TMFF 26.64%, 연맥-TMFF 27.08%, 옥

Table 4. Effects of pH, dry matter content, dry matter loss and feed intake by the TMFFs and grain treatments

Items	Treatment	pH	DM (%)	DM loss (%)	Intake (kg)/day	DM intake/weight (%)
Corn	Control	3.88±0.03	27.02±1.68	11.31±0.24	3.64±0.24	2.56±0.03
	H-milling	3.75±0.01	28.09±1.34	9.53±0.82	3.54±0.16	2.46±0.01
	R-milling	3.82±0.01	27.15±0.71	11.82±1.01	3.66±0.30	2.45±0.01
	Mean	3.82±0.04	27.42±2.06	10.88±1.52	3.61±0.61	2.49±0.05
Grass	Control	4.34±0.00	29.00±1.55	25.93±1.11	3.37±0.09	2.32±0.07
	H-milling	4.05±0.01	29.27±1.41	25.33±1.63	3.33±0.04	2.33±0.01
	R-milling	4.58±0.02	30.07±1.12	24.84±2.07	3.38±0.51	2.38±0.02
	Mean	4.32±0.02	29.45±1.63	25.36±2.78	3.36±0.55	2.34±0.06
Rye	Control	4.92±0.05	21.21±3.22	29.57±3.44	3.27±0.33	1.69±0.01
	H-milling	4.85±0.03	21.74±1.53	28.84±1.29	3.29±0.29	1.75±0.01
	R-milling	5.08±0.05	22.34±1.99	26.45±3.31	3.45±0.41	1.92±0.02
	Mean	4.95±0.07	21.76±2.84	28.28±3.66	3.34±0.47	1.79±0.02
Rape	Control	4.41±0.07	26.84±0.64	12.64±0.64	4.37±0.26	2.86±0.01
	H-milling	4.64±0.03	27.38±0.98	12.84±1.76	4.46±0.11	2.98±0.01
	R-milling	4.55±0.10	25.70±1.11	13.53±1.91	4.27±0.37	2.78±0.01
	Mean	4.53±0.12	26.64±1.42	13.00±2.11	3.74±0.50	2.87±0.01
Alfalfa	Control	4.04±0.06	28.13±1.17	14.88±1.17	4.19±0.10	2.81±0.02
	H-milling	4.91±0.02	29.98±1.76	11.14±1.96	4.10±0.23	2.93±0.01
	R-milling	4.02±0.05	28.21±1.66	14.30±1.01	4.26±0.05	2.86±0.01
	Mean	4.32±0.08	28.77±2.07	13.44±1.99	4.18±0.43	2.87±0.02
Oat	Control	4.44±0.04	27.07±1.70	17.67±1.19	3.61±0.16	2.32±0.01
	H-milling	4.28±0.05	27.09±0.93	17.17±1.38	3.59±0.19	2.32±0.03
	R-milling	4.54±0.01	27.08±1.19	18.11±1.62	3.73±0.12	2.40±0.03
	Mean	4.42±0.07	27.08±1.95	17.65±1.87	3.64±0.22	2.35±0.04

Values are means ± SE.

수수-TMFF 27.42%, 알팔파-TMFF 28.77%로 나타나 호맥-TMFF가 수분 조절이 가장 잘 이루어지지 않은 것으로 나타났다. 그리고 건물 손실율은 옥수수-TMFF 10.88%, 유채-TMFF 13.00%, 알팔파-TMFF 13.44%, 연맥-TMFF 17.65%, 혼합목초-TMFF 25.46, 호맥-TMFF 28.28%인 것으로 나타나 호맥-TMFF의 건물 손실이 가장 많은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 사일리지 보관 조건이 매우 좋을 때 건물 손실량이 12~15%라고 보고한 연구 결과 (Wilkinson, 1981)와 같은 경향을 보여 저장 환경에는 큰 문제점이 없다는 것을 확인할 수 있었다. 대부분의 TMFF에서는 동일한 밀폐용기에서 저장되었지만 건물 손실량이 비교적 적은 이유로는 각종 사일리지 제조 과정에 볏짚, 밀기울, 대맥분 등의 수분 조절제를 사용하면 사일리지의 건물 손실률을 감소시키고 사일리지의 품질 향상에 효과적이라고 한 여러 연구보고 (Murdoch 등, 1955; Rydin, 1964; Woolford 등, 1983; Jones, 1988)와 같은 경향을 보여 TMFF 제조 과정에 사용된 영양 조절 재료인 밀기울, 옥수수, 대두박 및 볏짚의 수분조절 효과로 인한 것으로 보인다.

면양을 이용한 TMFF 섭취량은 Table 4에서 보는 바와 같이 호맥-TMFF는 면양 체중의 1.79%로 가장 낮은 섭취량을 보였으며, 알팔파-TMFF 2.87%, 옥수수-TMFF 2.49%, 연맥-TMFF 2.35%, 혼합목초-TMFF 2.34%의 순서로 나타나 알팔파-TMFF가 기호성이 가장 좋은 것으로서 전반적으로 TMFF의 원료들이 TMFF화에 의해 기호성이 증가된 것으로 나타났다. 이러한 전반적인 TMFF의 높은 기호성은 볏짚의 완전배합 사일리지화로 인하여 건물 공급 효율이 증가한다고 보고한 Minato (1989)의 연구결과와도 일치한 경향을 보였다.

TMFF의 pH는 옥수수-TMFF 사료에서 3.82로 가장 낮았고, 호맥-TMFF 사료에서 4.95로 가장 높았으나 본 시험에서 보인 pH의 범위는 정상적인 상태라고 보여진다. McDonald (1981)는 수분 함량이 높을 때에는 pH가 4.0 이하가 되어야 우수한 사일리지로 평가받을 수 있지만 건물 함량이 높을 때에는 pH가 다소

높아도 (건물 함량이 40%일 때 pH 4.7까지) 우수한 사일리지로 평가할 수 있다고 하였으며, 사일리지의 품질은 건물 함량과 pH간에 밀접한 상관관계가 있으며, pH가 낮다고 반드시 발효가 잘된 우수한 사일리지라고 말할 수는 없다고 하였다.

그리고 건물 함량은 혼합목초-TMFF 29.45%, 알팔파-TMFF 28.77%, 옥수수-TMFF 27.42%, 연맥-TMFF 27.08%, 유채-TMFF 26.64%, 호맥-TMFF 21.76%의 순서로 비교적 높게 나타났다는데, 일반적으로 사일리지의 건물 함량이 낮으면 불량 발효의 가능성이 높아지거나 (Gibson과 Stirling, 1959) 삼출액에 의한 건물 손실율의 증가 (Bastman, 1976) 또는 가축의 섭취량 감소 (Jones과 Mosely, 1977) 등 제반 문제를 야기시킬 수 있는 원인이 된다. 이러한 관점에서 원료 사료의 종류 및 건물 함량에 많은 주의가 필요하다고 생각된다.

이러한 결과는 33% 이상의 배합사료를 혼합하여 수분 함량 50~60%로 제조한 볏짚 사일리지에서 pH는 3.72~4.04로 나타났으며, 이때 유산균이나 설탕 등 첨가제를 투입하지 않아도 양질의 사일리지를 얻을 수 있다는 일본의 완전배합 사일리지 (TMR, All in one silage) 연구결과와 일치한 것이었다 (최와 이, 1998).

3. 반추위내 pH 변화

TMFF를 면양에 급여한 후 0, 3, 6, 9, 12 시간 간격으로 위액을 채취하여 pH를 측정하고 결과 평균값에 있어서는 호맥-TMFF에서 7.15로 가장 높았으며, 옥수수-TMFF에서는 6.79로 가장 낮게 나타났다 (Table 5).

또한 시간별로는 사료급여 후 3시간대에서 가장 낮았으며, 분쇄 정도에 관계없이 사료 급여 후 3~6시간에 가장 낮아졌다가 그 후 다시 증가하는 경향을 나타내어 pH가 6.7~7.2 범위로 나타났다. 반추기축에 있어서 반추위의 pH는 조사료의 비율이 감소하고 농후사료의 비율이 증가할수록 pH가 낮아지며, 시간별로는 조:농 비율에 관계없이 사료 급여 직전에 가장 높게 나타나고 사료급여 후 3시간대에 가장 낮게

Table 5. Changes of pH in the rumen fluid of sheep as affected by the TMFFs

Items	Treatment	Elapsed time(Hours)					Mean
		0	3	6	9	12	
Corn	Control	6.42±0.32	6.42±0.17	6.69±0.07	6.82±0.13	6.86±0.17	6.64±0.21
	H-milling	7.03±0.04	6.82±0.26	7.08±0.11	7.07±0.27	6.96±0.13	6.99±0.36
	R-milling	6.72±0.11	6.45±0.03	6.79±0.13	6.89±0.31	6.85±0.11	6.74±0.29
	Mean	6.72±0.36	6.56±0.39	6.85±0.21	6.93±0.46	6.89±0.33	6.79±0.49
Grass	Control	7.11±0.41	6.96±0.07	6.88±0.22	6.92±0.42	6.94±0.05	6.96±0.31
	H-milling	7.11±0.05	7.03±0.06	7.14±0.03	7.11±0.11	7.17±0.20	7.11±0.09
	R-milling	7.10±0.11	7.01±0.10	7.30±0.08	7.34±0.06	7.35±0.02	7.22±0.10
	Mean	7.11±0.44	7.00±0.24	7.11±0.24	7.12±0.46	7.15±0.40	7.10±0.24
Rye	Control	7.04±0.03	7.03±0.06	7.13±0.38	7.12±0.33	7.07±0.22	7.08±0.30
	H-milling	7.30±0.24	7.14±0.14	7.27±0.27	7.15±0.02	7.11±0.18	7.19±0.14
	R-milling	7.10±0.16	7.07±0.02	7.21±0.46	7.20±0.02	7.25±0.08	7.17±0.25
	Mean	7.15±0.36	7.07±0.15	7.20±0.50	7.16±0.36	7.14±0.31	7.15±0.34
Rape	Control	7.10±0.17	7.15±0.01	7.19±0.08	7.25±0.17	7.32±0.10	7.20±0.18
	H-milling	6.75±0.30	6.53±0.42	6.93±0.08	6.92±0.23	6.92±0.06	6.81±0.29
	R-milling	7.21±0.08	7.17±0.10	7.31±0.11	7.37±0.16	7.41±0.04	7.29±0.12
	Mean	7.02±0.39	6.95±0.44	7.14±0.18	7.18±0.36	7.22±0.18	7.10±0.26
Alfalfa	Control	6.54±0.35	7.12±0.03	6.91±0.21	6.58±0.05	7.06±0.03	6.84±0.19
	H-milling	7.12±0.13	6.91±0.03	6.98±0.16	7.01±0.12	6.88±0.05	6.98±0.11
	R-milling	6.46±0.04	6.80±0.07	6.78±0.33	6.98±0.06	6.79±0.30	6.76±0.20
	Mean	6.70±0.41	6.94±0.12	6.89±0.47	6.86±0.22	6.91±0.47	6.86±0.34
Oat	Control	6.66±0.11	6.77±0.29	6.74±0.19	6.95±0.15	7.29±0.30	6.88±0.24
	H-milling	6.98±0.16	7.09±0.01	7.13±0.09	7.17±0.03	6.99±0.02	7.07±0.19
	R-milling	6.83±0.33	6.94±0.17	6.87±0.05	6.96±0.16	7.08±0.14	6.94±0.16
	Mean	6.82±0.45	6.93±0.34	6.91±0.27	7.02±0.23	7.12±0.44	6.96±0.31

Values are means±SE.

나타나다가 이후 점차 높아지는 경향을 보인다 (Xu 등, 1994)는 연구결과와 일치하였다.

일반적으로 반추가축에게 급여되는 조사료의 입자 크기가 작을 경우 A/P (acetate/propionate) 비율과 pH가 감소되어 유지율을 떨어뜨리는 원인이 된다 (Santini 등, 1983; Woodford 등, 1986; Grant 등, 1990a). 반추위의 pH가 6.0 이하로 떨어지게 되면 반추위내에 서식하는 박테리아 중 pH에 매우 민감한 섬유소 분해 이용 박테리아는 성장이 억제되는 반면 propionate 생성 박테리아가 증가하게 되어 결국 A/P 비율이 감소하게 된다 (Hobson, 1972; Orskov, 1978). 따라서 반추가축의 주요 사료로 이용되

는 섬유소의 소화를 위해서는 반추위의 pH가 평균 6.8 정도로 유지되어야 한다 (McCullough, 1986).

곡류 가공 수준에 따른 반추위내 pH 변화에 대한 차이는 찾아볼 수 없었는데, 이는 Thomson과 Lamming (1972) 등이 곡류 사료의 입자에 따라 반추위액의 pH 변화는 크게 영향을 받지 않는다는 보고와 Woodford와 Murphy (1988)의 분쇄에 의한 입자의 크기가 달라지더라도 제 1위내의 pH 변화는 아무런 변화가 없었다는 보고 내용과 일치하는 경향을 나타내었다.

Table 6. Changes of VFA in the rumen fluid of sheep as affected by the TMFFs

Treatments	Hours	Elapsed time(Hours)					Mean
		0	3	6	9	12	
Acetate (mmol%)	Corn	62.45 ± 1.01	65.38 ± 3.95	62.23 ± 1.36	61.18 ± 0.95	59.56 ± 3.11	62.16 ± 1.64
	Grass	63.90 ± 0.73	62.17 ± 1.22	62.93 ± 0.38	62.75 ± 1.44	60.66 ± 2.03	62.48 ± 0.93
	Rye	50.84 ± 0.99	54.22 ± 1.67	51.96 ± 0.54	53.76 ± 0.99	51.46 ± 1.37	52.45 ± 0.95
	Rape	62.72 ± 0.54	61.87 ± 1.17	64.31 ± 0.71	64.78 ± 2.04	65.96 ± 1.77	63.93 ± 2.63
	Alfalfa	64.83 ± 0.67	62.11 ± 1.14	62.01 ± 1.09	61.18 ± 2.16	60.46 ± 2.96	62.12 ± 3.11
	Oat	58.84 ± 1.66	61.33 ± 0.12	60.13 ± 1.19	59.77 ± 2.66	61.56 ± 3.01	60.33 ± 2.48
Propionate (mmol%)	Corn	15.17 ± 0.16	15.72 ± 0.33	14.49 ± 0.04	16.27 ± 1.01	17.54 ± 0.41	15.84 ± 0.29
	Grass	18.99 ± 0.26	16.46 ± 0.20	15.15 ± 0.24	14.73 ± 0.25	15.10 ± 0.13	16.09 ± 0.11
	Rye	14.81 ± 0.06	13.63 ± 0.19	13.37 ± 0.10	12.02 ± 0.34	11.16 ± 0.08	13.00 ± 0.07
	Rape	14.16 ± 0.63	14.45 ± 0.09	15.77 ± 0.02	17.85 ± 0.09	17.39 ± 0.11	15.93 ± 0.03
	Alfalfa	17.89 ± 0.11	16.46 ± 0.71	15.85 ± 0.25	14.99 ± 1.02	15.21 ± 0.23	16.08 ± 0.11
	Oat	14.23 ± 0.29	14.54 ± 0.42	15.27 ± 0.31	13.66 ± 0.65	16.56 ± 0.03	14.85 ± 0.15
Butyrate (mmol%)	Corn	13.48 ± 0.31	13.46 ± 0.40	11.73 ± 0.11	10.61 ± 0.10	11.78 ± 0.02	12.21 ± 0.11
	Grass	9.27 ± 0.11	9.40 ± 0.04	8.96 ± 0.02	8.01 ± 0.11	10.03 ± 0.01	9.13 ± 0.02
	Rye	5.04 ± 0.09	6.41 ± 0.04	5.89 ± 0.00	5.99 ± 0.01	6.15 ± 0.03	5.90 ± 0.01
	Rape	5.77 ± 0.10	6.29 ± 0.08	6.56 ± 0.05	6.94 ± 0.01	6.13 ± 0.10	6.34 ± 0.06
	Alfalfa	10.21 ± 0.09	11.36 ± 0.06	9.66 ± 0.07	10.28 ± 0.01	10.21 ± 0.02	10.34 ± 0.03
	Oat	5.13 ± 0.04	8.44 ± 0.01	7.43 ± 0.03	6.99 ± 0.02	6.23 ± 0.01	6.84 ± 0.03
A/P rate (mmol%)	Corn	4.20 ± 0.01	4.31 ± 0.03	4.80 ± 0.01	3.80 ± 0.02	3.43 ± 0.01	4.11 ± 0.02
	Grass	3.39 ± 0.01	3.85 ± 0.02	4.23 ± 0.01	4.35 ± 0.12	4.09 ± 0.04	3.98 ± 0.02
	Rye	3.45 ± 0.01	4.05 ± 0.00	3.99 ± 0.02	4.67 ± 0.04	4.84 ± 0.11	4.20 ± 0.01
	Rape	4.60 ± 0.02	4.55 ± 0.01	4.23 ± 0.01	3.81 ± 0.03	3.95 ± 0.01	4.23 ± 0.03
	Alfalfa	6.35 ± 0.03	3.77 ± 0.01	3.91 ± 0.03	4.08 ± 0.03	3.98 ± 0.00	4.42 ± 0.02
	Oat	4.13 ± 0.01	4.22 ± 0.04	3.94 ± 0.01	4.38 ± 0.03	3.72 ± 0.03	4.08 ± 0.01
Total VFA (mmol%)	Corn	91.07 ± 1.98	96.56 ± 2.00	88.45 ± 0.89	88.02 ± 1.17	88.88 ± 2.03	90.19 ± 1.39
	Grass	92.16 ± 2.34	88.02 ± 3.58	87.24 ± 1.38	85.50 ± 1.62	85.63 ± 1.33	87.67 ± 1.55
	Rye	70.69 ± 2.01	74.26 ± 5.10	71.22 ± 1.62	71.77 ± 1.73	68.76 ± 2.22	71.34 ± 1.05
	Rape	82.55 ± 3.36	82.61 ± 1.09	86.64 ± 3.01	89.58 ± 2.03	89.82 ± 1.01	86.24 ± 2.30
	Alfalfa	92.93 ± 2.04	89.93 ± 0.95	87.52 ± 1.64	86.45 ± 0.69	85.88 ± 0.56	88.54 ± 1.00
	Oat	78.20 ± 1.78	84.31 ± 0.88	82.83 ± 1.11	80.42 ± 1.39	84.35 ± 0.77	82.02 ± 2.18

Values are means ± SE.

4. 반추위내 휘발성지방산 농도 변화

TMFF 종류별 사료급여 후 면양 반추위내 휘발성지방산의 변화에 있어서 초산의 함량은 대부분이 시간이 지남에 따라서 감소하는 경향을 나타내었지만 호맥-TMFF 구에서는 사료 급여 후 12시간까지 점차 증가하는 경향을 나타낸 반면에 프로피온산의 함량은 시간이 지남에 따라서 점점 감소하는 경향을 나타내어 A/P 비율에 있어서 4.20으로 비교적 높은 수치를

나타내었다(Table 5). 그러나 총 휘발성지방산 함량에 있어서는 옥수수-TMFF, 알팔파-TMFF, 혼합목초-TMFF, 유채-TMFF가 각각 90.19, 88.54, 87.67, 86.24로 나타나 옥수수-TMFF가 휘발성지방산 함량이 가장 높은 것으로 나타났다.

5. 반추위내의 총 박테리아 변화

종류별 TMFF를 급여한 면양의 반추위 총

Table 7. Changes of total bacteria counts in the rumen fluid of sheep as affected by the TMFFs

TMFFs	Treatment	Elapsed time(hours)					Mean
		0	3	6	9	12	
Corn	Control	1.6×10^{10}	3.3×10^{10}	1.1×10^{11}	2.5×10^{10}	3.3×10^{10}	4.7×10^{10}
	H-milling	4.1×10^{10}	5.0×10^{10}	5.8×10^{10}	7.5×10^{10}	1.0×10^{10}	4.7×10^{10}
	R-milling	4.1×10^{10}	2.5×10^{10}	1.6×10^{10}	3.3×10^{10}	8.0×10^9	2.5×10^{10}
	Mean	3.3×10^{10}	3.6×10^{10}	5.8×10^{10}	4.4×10^{10}	1.7×10^{10}	4.0×10^{10}
Grass	Control	5.8×10^{10}	5.0×10^{10}	8.3×10^9	1.6×10^{10}	3.3×10^{10}	3.3×10^{10}
	H-milling	5.8×10^{10}	3.3×10^{10}	1.2×10^{11}	5.0×10^{10}	1.6×10^{10}	5.5×10^{10}
	R-milling	8.0×10^9	8.2×10^9	5.0×10^{10}	7.9×10^9	8.1×10^9	1.5×10^{10}
	Mean	4.1×10^{10}	3.0×10^{10}	5.9×10^{10}	2.5×10^{10}	1.9×10^{10}	3.5×10^{10}
Rye	Control	8.1×10^9	6.7×10^9	6.6×10^{10}	4.1×10^{10}	1.6×10^{10}	2.8×10^{10}
	H-milling	8.4×10^9	1.7×10^{10}	1.1×10^{11}	4.1×10^{10}	5.9×10^{10}	5.6×10^{10}
	R-milling	9.4×10^9	9.0×10^9	2.3×10^{10}	4.5×10^{10}	1.2×10^{10}	4.0×10^{10}
	Mean	8.6×10^9	1.1×10^{10}	6.6×10^{10}	4.2×10^{10}	2.9×10^{10}	4.1×10^{10}
Rape	Control	7.8×10^9	7.5×10^9	8.3×10^{10}	1.6×10^{10}	2.5×10^{10}	3.4×10^{10}
	H-milling	1.6×10^{10}	4.1×10^{10}	1.0×10^{11}	1.8×10^{10}	2.5×10^{10}	5.1×10^{10}
	R-milling	5.3×10^{10}	5.4×10^{10}	3.2×10^{11}	3.4×10^{10}	3.2×10^{10}	1.0×10^{11}
	Mean	2.6×10^{10}	3.4×10^{10}	1.7×10^{11}	2.3×10^{10}	2.7×10^{10}	6.2×10^{10}
Alfalfa	Control	3.5×10^{10}	5.1×10^{10}	9.6×10^9	4.5×10^{10}	5.7×10^{10}	4.0×10^{10}
	H-milling	4.8×10^{10}	3.7×10^{10}	3.1×10^{10}	5.8×10^{10}	3.1×10^{10}	4.1×10^{10}
	R-milling	3.9×10^{10}	1.9×10^{10}	3.1×10^{10}	9.9×10^9	3.4×10^{10}	2.7×10^{10}
	Mean	4.1×10^{10}	3.6×10^{10}	2.4×10^{10}	3.8×10^{10}	4.4×10^{10}	3.7×10^{10}
Oat	Control	1.3×10^{10}	5.1×10^{10}	9.7×10^9	2.7×10^{10}	3.3×10^{10}	2.7×10^{10}
	H-milling	3.8×10^{10}	3.1×10^{10}	3.8×10^{11}	1.0×10^{10}	4.5×10^{10}	3.2×10^{10}
	R-milling	2.4×10^{10}	8.8×10^9	4.1×10^{10}	3.6×10^{10}	1.2×10^{10}	2.4×10^{10}
	Mean	2.5×10^{10}	3.0×10^{10}	3.0×10^{10}	2.4×10^{10}	3.0×10^{10}	2.8×10^{10}

Values are means \pm SE.

박테리아의 수는 유채-TMFF, 호맥-TMFF, 옥수수-TMFF, 알팔파-TMFF, 혼합목초-TMFF, 연맥-TMFF의 순으로 많았는데, 유채-TMFF에서 6.2×10^{10} cells/mL로 가장 많았고 연맥-TMFF에서 2.8×10^{10} cells/mL으로 가장 적게 나타났으며, 사료급여 후 시간대별로는 뚜렷한 차이가 나타나지 않았다 (Table 7).

반추위내 미생물의 군집은 급여하는 사료의 종류, 급여 수준 및 급여 회수, 동물체의 개체 변이 등에 따라 영향을 받게 되는데, 그 중에서도 특히 사료에 의한 영향이 가장 큰 것으로

알려져 있다 (Dehority와 Orpin, 1989). Minato 등 (1989)은 농후사료의 섭취량을 일정하게 유지하고, 조사료의 종류를 티모시 건초와 알팔파를 급여했을 때 차이가 적었다고 보고하였다.

IV. 요약

반추동물에서 적당한 조사료의 공급은 젖소의 정상적인 반추 기능을 위해서 반드시 필요하다. 본 연구는 사료 작물 종류별, 볏집 및 곡

류의 가공 상태를 달리하여 제조한 TMFF에 대하여 일반 성분, RFV 및 면양의 반추위 성장 변화를 조사하기 위하여 실시하였다. 청에 작물인 옥수수, 목초, 호밀, 유채, 알팔파와 귀리를 주구로 하고 곡류 가공 수준을 무가공(대조구), 거칠게 분쇄(7~14mm mesh 이상), 일반 분쇄(7mm 이하)를 세구로 하여 조제한 각각의 TMFF에 대한 일반 성분을 조사하였다.

또한 Fistula가 부착된 면양 8두를 이용한 반추위 성장과 기호성에 미치는 영향을 조사하였다. 유채 TMFF는 상대적 사료가(RFV)와 일당 사료 섭취량, A/P 비율에 있어서 다른 처리구보다 높은 경향을 나타내었다. 옥수수 TMFF를 급여한 면양의 반추위 VFA 함량은 90.9 mmol%로서 다른 처리구보다 높았으며, 또한 사료의 pH도 3.82로서 가장 낮은 경향을 보였다. 그러나 TMFF에 있어서 휘발성 지방산 각각에 대한 차이는 찾을 수 없었다.

결론적으로 곡류 가공 방법에 따른 효과는 나타나지 않았지만 상대적 사료와 기호성, 건물 손실율만을 고려하여 우수성을 판단할 때 유채, 옥수수, 알팔파, 목초, 귀리, 호밀 TMFF의 순서로 나타났다.

V. 인 용 문 헌

1. A. O. A. C. 1990. Official Method of Analysis. (15th ed.) Washington, D. C.
2. Bastman, B. 1976. Factors affecting silage effluent production. *Experimental Husbandary*. 31: 40-46.
3. Coppock, C. E., Bath, D. L. and Harris, B. Jr. 1981. From feeding to feeding systems. *J. Dairy Sci.* 64:1230.
4. Dehority, B. A. and Orpin, C. G. 1989. Development of and natural fluctuations in rumen microbial populations. In 'The rumen microbial ecosystem' Ed. P. N. Hobson. p. 151. Elsevier applied Sci. London.
5. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometric*. 11:1-42.
6. Erwin, E. S., Maro, G. J. and Emery, E. M. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44:1768.
7. Gibson, T. and Stirling, A. C. 1959. The bacteriology of silage N. AIA. S. quarter Reviews, No. 44. Summer, p. 167-172.
8. Heinrichs, A. J., Buckmaster, D. R. and Lammers, B. P. 1999. Processing, mixing, and particle size reduction of forages for dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 77:180.
9. Hobson, P. N. 1972. Physiological characterizing of rumen microbes and relation to diet and fermentation patterns. *Proc. Nutr. Soc.* 31:136.
10. Holdman, L. V., Coto, E. P. and Moore, W. E. C. 1977. *Anaerobic Laboratory Manual* (4th ed), Virginia Polytech. Inct. and State Univ. Blackburg, Virginia.
11. Holland, C., Kezar, W., Kautz, W. P., Lazowshi, E. J., Mahanna, W. C. and Reinhart, R. 1990. *Pioneer forage manual: A nutritional Guide*, Pioneer Hi-bred International, Inc. pp. 1-55.
12. Jones, J. R. and Moseley, G. 1977. A wet sieving technique for estimating particle size distribution in sheep digesta. *Lab. Pract.* 26:687.
13. Jones, D. I. H. 1988. The effect of cereal incorporation on the fermentation of spring- and autumn-cut silages in laboratory silos. *Grass and Forage Sci.* 43:167-172.
14. Maltz, E., Devier, S., Kroll, O., Zur, B., Spahr, S. L. and Shanks, R. D. 1992. Comparative responses of lactating cows to total mixed rations or computerized individual concentrates feeding. *J. Dairy Sci.* 75:1588.
15. McCullough, M. E. 1986. Feeding Dairy Cows. pp. 10-47. Wisconsin. Fort Atkinson.
16. McDonald, P. 1981. Clostridia. p 62-76. The biochemistry of silage. John Wiley and Sons. Ltd. Pitman Press, Bath, England.
17. Minato, H., Ishizaki, S., Adachi, Y. and Mitsumor, M. 1989. Effect on rumen microbial populations of ammonia treatment of rice straw forage for steer. *J. Gen. Appl. Microbial.* 35:113.
18. Murdoch, J. C., Balch, D. A., Foot, A. S. and Rowland, S. J. 1955. The Ensiling of lucerne with the addition of formic and glycolic acids, molasses and barley meal and with wilting. *J. Br. Grassld. Soc.* 10:139-150.
19. Orskov, E. R. 1978. Effect of composition of absorbed and products of digestion on energy

- metabolism. In Ruminant Digestion and Feed evaluation. D. F. Osbourn, D. E. Beever and D. J. Thomason(ed). ARC.
20. Rydin. C. 1964. Studies on fermentation processes in silages. Hay and straw as effluent absorbents in biological ensiling. p.174. In M. K. Woolford (ed.) The silage fermentation. 1984. Marcel Dekker, Inc. New York and Basel.
 21. Santini, F. J., Hardie, A. R., Jorgensen, N. A. and Finner, M. F. 1983. Proposed use of adjusted intake based in forage particle length for calculation if roughage indexes. J. Dairy Sci. 66: 811.
 22. SAS. 1995. SAS/STAT Software for PC. Release 6.11, SAS Institute, Cary, NC, USA.
 23. Sudweeks, E. M., Ely, L. O., Mertens, D. R. and Sisk, L. R. 1981. Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminant diets: Roughage value index system. J. Anim. Sci. 53:1406-1411.
 24. Thomson, F. and Lamming, G. E. 1972. The flow of digesta, dry matter and starch to the duodenum in sheep given ratios containing straw of varying particle size. Br. J. Nutr. 28:391.
 25. Wilkinson, J. M. 1981. Losses in the conservation and utilization of grass and forage crops. Ann. Appl. Biol. 98:365-375.
 26. Woodford, J. A., Jorgensen, N. A. and Barrington, G. P. 1986. Impact of dietary fiber and physical form in performance of lactation cows. J. Dairy Sci. 69:1035.
 27. Woodford, S. T. and Murphy, M. R. 1988. Dietary alteration of particle breakdown and passage from the rumen in lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 71:687.
 28. Woolford, M. K., Wilkinson, J. M. and Cook, J. E. 1983. Investigations on the effect of sodium bentonite and moisture absorbents on the production of effluent from grass silage. Anim. Feed Sci. Tech. 8:107-118.
 29. Xu, S., Harrison, J. H., Riley, R. E. and Loney, K. A. 1994. Effect of buffer addition to high grain total mixed rations on rumen pH, feed intake, milk production' and milk composition. J. Dairy Sci. 77:782.
 30. 강태홍, 차영호, 장운환. 1980. 볏짚 사일리지 제 조시험 I ~ II. 한국축산학회지. 22(6): 439-446.
 31. 고영두, 송도준. 1977. 한우에 대한 전분박강 silage 급여시험. 한국축산학회지. 19(5):370-374.
 32. 김동암, 김병호, 김창주, 김대진, 김문철, 배동호, 서성, 안계수, 윤익석, 이인덕, 이효원, 전병태, 전우복, 조무환, 조진기, 허삼남. 1987. 선진문화사.
 33. 김준식, 이현준, 조윤연, 지설하, 하종규, 한인규. 1989. 암모니아 및 가성소다 처리 볏짚급여가 젖소의 산유능력에 미치는 영향. 한국낙농학회지. 11(2):65-73.
 34. 문양수, 하종규, 고종열, 한인규. 1990. 볏짚의 사료가치 개선에 관한 연구 I. 한영사보. 14(3): 84-89.
 35. 문태현. 1994. 볏짚의 화학적 처리가 볏짚의 표면구조위 변화, 반추위 미생물부착 및 소화특성에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위 논문.
 36. 손용석. 2001. 섬유질 가공 사료의 효과적인 제조 방법과 품질 관리. 제 2회 친환경 단미·보조 사료 산업발전을 위한 국제 심포지엄. 한국단미 사료협회. pp 123-146.
 37. 신형태, 박윤창. 1980. 화학적처리에 의한 볏짚의 사료가치 증진연구. 한국축산학회지. 22(1):51.
 38. 이남형, 김춘수, 육종룡. 1977. 볏짚의 사료가치 증진에 관한 연구. 한국축산학회지. 19(5):363-366.
 39. 최윤재, 이현준. 1998. 완전배합발효사료 사료자원자립의 희망. 서울대학교, 축산기술연구소.
 40. 하종규, 이성실, 문태현, 이기종, 송만강, 이상철. 1993. 화학적처리에 의한 볏짚의 사료가치증진에 관한 연구 I -IV. 한국영양사료학회지. 17(4):224-231.

(접수일자 : 2001. 10. 4 / 채택일자 : 2002. 2. 9)