

청초와 볏짚을 이용한 완전배합발효사료의 저장기간에 따른 화학조성분의 변화

이현준* · 김원호* · 김현섭* · 임근발* · 안병석* · 조광근** · 강승하*** · 강상기*** · 이흥구*** · 우정희**** · 최윤재***
축산기술연구소*, 진주산업대학교**, 서울대학교 농생명공학부***, 미국 메릴랜드주 국립보건원 분자생물학연구실****

Changes of Chemical Composition According to the Ensiling Periods of Total Mixed Fermentation Feeds using Rice Straw and Green Forages

H. J. Lee*, W. H. Kim*, H. S. Kim*, K. B. Lim*, B. S. Ahn*, K. K. Cho**, S. H. Kang***, S. K. Kang***, H. G. Lee***, J. H. Woo**** and Y. J. Choi***
National Livestock Research Institute*, Jinju National University**, School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University***, Section on Biophysical Chemistry, Laboratory of Molecular Biology, National Institute of Mental Health, Bethesda, Maryland 20892, USA****

ABSTRACT

Three kinds of green forages(rye, oats and mixed forages) was harvested and mixed with rice straw, wheat bran and 2 grains(corn and soybean), which harvested 2 different dates(common harvesting dates, 7 days early to common harvesting dates). And each mixture was ensiled in 6 poly vinyl chlorides that was 60 liter, immediately. They were opened at 0, 5, 10, 25, 35, 60 and 100 days after ensiling for chemical analysis. And its effects of those TMFFs on feed values were observed. Average contents of water, crude protein, ADF, NDF, Ca and P of formulated TMFFs were 72 to 75%, 14.75 to 18.24, 12.47 to 19.07, 39.82 to 47.01, 0.99 to 1.07 and 0.38 to respectively. Crude protein content was the highest in the mixed forages-TMFF and the lowest in the rye-TMFF. The ADF and NDF contents of rye-TMFF were higher than others. And CP, ADF, NDF, TDN, P and Ca contents were no significant difference among treatments regardless of storage period and harvest time, but all treatments indicated good quality. Intenal temperatures of TMFF were shown to be 1 to 5°C higher than ambient temperatures. The temperature of the Oat-TMFF formulated during winter sustained higher to the level of 6~9°C for 10 days. The pH of TMFF were 4.0 to 4.2 and the content of NH₃-N was shown to be 7.79 to 8.23mg/dl. In the VFA contents, any tendency was not shown at all treatments depending on harvest time. Even though rye-TMFF showed the lowest VFA value. At all treatments except rye-TMFF, propionate production was increased and stable after 25 days of storage. Digestibility of rice straw from TMFF on DM basis was 15~20% higher compared with non-treated rice straw.

(Key words : TMFFs, ADF, NDF, pH, NH₃-N, VFA, IVDMD)

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

Corresponding author : H. J. Lee, National Livestock Research Institute, R. D. A, 330-801, Korea E-mail : dadim922@rda.go.kr, Tel : 041-580-3450 Fax : 041-580-3385.

I. 서 론

우리나라의 조사료 재배면적은 축우 1두당 240평(0.08ha) 이하로써 일본에 비해 40%, 미국에 비해서는 3% 이하의 아주 열악한 기반을 갖고 있으며 이러한 조사료 생산기반은 여러 가지 이유로 해마다 감소하고 있다고 한다('96 한국낙농연감). 이는 외국으로부터의 조사료수입량이 지속적으로 증가하는 추세로 나타나 1999년도에는 34만여 톤에 이르고 있다(이와 이, 2000). 일본의 수입량이 240만여 톤인데 비하면 현재로서는 큰 물량은 아니나 앞으로 상당한 량으로 증가할 것으로 예상할 수 있겠다. 수입자유화로 조사료 확보가 쉬워짐에 따라 농가의 무절제한 수입조사료 사용이 유행처럼 번지게 되었으며, 급속한 가격상승까지 야기하고 있는 실정이다. 이러한 조사료에 대한 지나친 수입의존 동향은 조사료생산의지를 더욱 약화시키게 될 것이고, 급기야 생산기반의 급격한 잠식으로 나타나 축우 사양을 위한 사료 중 40~80% 정도를 차지하는 조사료까지 완전 수입에 의존하게 되어 그야말로 임가공형태의 축우 산업으로의 전락을 우려하게 되었고 또한, 조사료 재배면적의 급격한 감소는 가축분뇨의 토지환원이란 치환기반까지 소실하게 되는 심각한 문제를 내포하고 있는 것이다.

고수분재료로써 사료작물 청예와 저수분 벧짚을 주종으로 하여 수분을 65% 수준으로 조절한 후 몇 가지 곡류를 배합함으로써 고수분 섬유질배합사료 형태로써 사일로에 저장하여 일정기간 발효 후 급여에 사용하는 완전배합발효사료(Total Mixed Fermentation Feed ; TMFF)는 동일한 시기에 생산되는 사료작물 사일리지의 량을 첨가에 사용된 벧짚 등의 배합원료량만큼 증량된 사일리지를 가축에게 공급하게 됨으로써 동기간 조사료 공급량을 획기적으로 증대시킬 수 있는 조사료 이용체제로써 심각한 조사료 수입의존도를 저감하는 효과가 클 것으로 기대된다. 또한, TMFF화 효과로써 원료 중 벧짚과 곡류의 소화율 증진과 기호성 증진 등은 벧짚의 사료가치를 향상시켜 이용성을 최대화 해 주는 또 하나의 중요한 조사료자급 기술

의 하나가 될 것이다.

사일리지 발효과정동안의 변화를 살펴보면, 원료사료의 전물 함량의 감소(Cussen 등, 1995; Stockes, 1992), 수용성 탄수화물의 감소(Nicholson 등, 1991), 유기산의 생성(Keady와 Murphy, 1996) 등 다양한 변화가 일어나고 이러한 변화 양상에 따라 완숙된 사일리지의 기호성과 사료 가치가 달라지게 된다. 사료작물 청예의 수확 시기에 따라서 또한, 사일리지 제조 경과일수에 따라서도 품질이 변하게 되는데, 대부분의 사일리지 품질 평가는 완숙상태에서의 유기산 함량 등을 고려하여 평가가 이루어져(김 등, 1999a, 1999b, 2000) 발효 경과에 따른 사일리지의 품질변화에 대한 연구는 많지 않은 편이다(이와 이, 2000). 따라서 본 연구에서는 완전 혼합발효사료(TMFF)의 주된 고수분 원료인 청예 사료 작물로서 호맥(Rye), 연맥(Oats) 및 혼합목초(mixed forages)의 수확시기가 완전혼합 발효사료의 품질에 미치는 영향과 저장 기간에 따른 품질 변화를 조사하여 양질의 TMFF 생산과 급여시기를 결정하기 위한 기초자료를 얻고자 시험을 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 사료 작물 재배 방법 및 수확

본 시험에 공시된 사료 작물의 종류 및 재배 방법과 수확시기는 Table 1과 같다. 호밀은 1995년 10월 27일에 파종하여 1996년 4월 16일(수잉기)과 4월 23일(출수기)에 각각 수확하여 TMF 사료제조에 공시하였으며, 오차드그라스 주종의 혼합목초는 1995년 8월 27일에 파종하여 1996년 5월 3일(개화초기)과 5월 10일(개화중기)에 각각 수확하여 공시하였으며, 연맥은 1995년 9월 4일에 파종하고 1995년 12월 7일(유숙기)과 12월 23일(호숙기)에 각각 수확하여 TMF 사료제조에 공시하였다.

2. TMF 사료 제조 방법 및 배합비

각각의 사료 작물을 Chopper 기로 수확하여

Table 1. Preparation of experimental forage crops

Crops	Seeding date	Varieties	Seeding amounts (kg/ha)	Harvesting date	
				Early	Heading stage
Rye	10. 27	Kodiak	200	4. 16	4. 23
Mixed Forages	8. 27	Orchardgrass 66.7% Tall Fescue 20.8% Alfalfa 8.3% White clover 4.2%	20	5. 3	5. 10
Oat	9. 4	Swan	200	12. 7	12. 23

120ℓ 들어 PVC 용기 6개를 이용하여 Table 2와 같은 배합 비율로 각각 배합한 후 충분히 진압하여 비닐을 이중으로 덮어 밀봉한 후 각 용기의 상층부에 석분 15kg을 올려 지속적인 진압이 이루어지도록 하고 그늘진 곳에서 보관하였다. 볏짚은 볏짚 절단기(경운기용)로 3~5Cm 단위로 절단하여 15분간 수침 후 배합에 사용하였으며, 대두와 옥수수는 알곡상태의 것을 그대로 배합에 사용하였으며, 모든 TMFF의 배합목표는 수분 70%, TCP 16%(건물기준), TDN 65%(건물기준)를 기준으로 각 원료의 성분함량이 계산상 동일하도록 배합하였다. 이는 젖소 착유우가 동 TMFF를 일일 52Kg을 섭취할 경우, 일일 산유량 15Kg(유지율 4.0%)의 유량과 체중 550Kg을 유지할 수 있는 영양소(NRC 1988)인 건물 15Kg, TCP 2.48Kg, TDN 10.1Kg 이상을 공급하기 위한 것이다.

3. 발효 온도 및 TMFF 영양 성분 분석

TMFF를 종류별로 제조한 후 각각 0, 5, 10, 25, 35, 60, 100일 경과 후에 개봉하여 각 보관 용기에서 2Kg 씩 5반복으로 시료를 채취하여

품질 변화를 조사하였다. TMFF 제조 과정의 초기 발효 양상을 보기 위해 10일까지는 5일 간격으로 조사하였으며, 발효가 종료되는 시점까지의 품질 변화 양상을 보기 위하여 제조 후 25과 35일, 그리고 급여하기에 충분한 발효가 일어날 것으로 예상되는 60일과 100일 후에 각 TMF 사료별 발효양상을 조사하여 비교하였다.

TMF 사료의 수확 시기와 저장 기간에 따른 영양 성분 함량은 AOAC 방법 (1990)으로 분석하였으며, 호맥, 연맥 및 혼합목초 TMFF의 제조 일자별 온도 변화는 시험 사료 중앙부위에 지름 5mm의 동파이프를 1.5m 깊이로 묻고 그 속으로 알콜 온도계를 넣어 하루 중 저온 시간인 07:00시와 고온 시간인 14:00시에 각각 측정하였다

TMF 사료의 휘발성 지방산 분석은 실험에 이용되는 사일리지를 5~10mm로 세절하여 약 120g을 샘플병에 넣고 증류수를 첨가하여 냉장고 (4℃)에서 24시간 방치한 후 유리 막대 등으로 시료를 압착하여 여과지 (5A)를 통해 사일리지 용액을 추출하였으며, 용액의 pH는 디지털 pH meter (HANNA HI8424, USA)로 측정하였다. 그리고 acetic acid, propionic acid,

Table 2. Ingredient composition of TMFF

TMF feeds	Feedstuffs(%)						Total
	Soybean	Corn	Wheat bran	Rice straw	Fresh forage		
Rye - TMF	2.0	5.0	8.31	23.31	61.38	100	
Grass - TMF	0.21	9.23	0.22	27.8	62.49	100	
Oat - TMF	2.0	5.0	8.31	23.31	61.38	100	

butyric acid을 포함하는 휘발성 지방산의 분석은 냉장고에 보관된 샘플을 3,500rpm에서 20분간 원심분리(VS-15CFN, VISION Sci. Co. Korea)하여 -20°C 에 보관 후 Gas Chromatography (Varien 6000 Vista, USA)로 농도를 측정하였다.

시료의 $\text{NH}_3\text{-N}$ 는 Chaney와 Marbach(1962)의 방법에 준하여 스펙트로포토미터(spectrophotometer, UV-1201, SHIMADZU, JAPAN)의 파장 630nm에서 OD(흡광도)를 측정하여 계산하였다. acetic acid, propionic acid, butyric acid 같은 휘발성 지방산의 분석은 냉장고에 보관된 샘플을 3,500rpm에서 20분간 원심분리 (VS-15CFN, VISION Sci. Co. Korea)하여 -20°C 에 보관 후 Gas Chromatography (Varien 6000 Vista, USA)로 농도를 측정하였다.

4. TMF 사료 제조에 의한 볏짚의 *in vitro* 건물 소화율 분석

TMFF의 건물 소화율을 조사하기 위하여 제조 후 60일에 개봉한 각각의 TMFF에서 볏짚만을 채취하여 붓과 칫솔을 이용하여 이물질들 깨끗이 제거한 뒤 TMFF에 배합되지 않은 무처리 볏짚을 대조구(배합 후 처리구와 동일한 이물질 제거 처리함)로 하여 비교하였으며, TMFF의 *in vitro* 건물 소화율(*In vitro* dry matter digestibility; IVDMD) 측정은 Tilley와 Terry의 2단계 방법(1963)을 Moore가 개선한 방법으로, 1단계 48시간동안의 미생물 발효와 2단계 hydrochloric-acid-pepsin-digestion에 의한 볏짚의 건물소화율을 측정하였다.

5. 통계 분석

본 시험에서 얻은 모든 결과는 SAS(1995) 통계 Package를 이용하여 분산 분석을 하였으며, 처리간의 유의성 검정은 Duncan's multiple range test(1955)를 이용하여 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. TMF사료의 영양 성분 함량 변화

TMFF의 평균 수분 함량에 있어서는 70.6~83.2%의 범위로서 시료간 변이가 심하게 나타내었는데(Table 3), TMFF 초종별 전체 평균 함량에 있어서 72.4%로서 혼합목초-TMFF가 유의적($P<0.05$)으로 낮게 나타내었을 뿐 다른 초종간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타내었다. TMFF 제조 경과일수에 따른 수분 함량의 변화는 제조 당일의 71.4~83.2%에서 100일의 70.6~76.3% 범위로 다소 낮아지는 경향을 보였으나 연맥-TMFF와 혼합목초-TMFF에서만 유의적인 감소를 나타내었을뿐($P<0.05$) 호맥-TMFF에서는 오히려 증가하거나 변화를 나타내지 않았다. 수확시기에 따라서는 연맥-TMFF와 호맥-TMFF에서는 조기수확시에 낮게 나타내었고($P<0.05$), 혼합목초-TMFF에서는 유의한 차이를 보이지 않은 것으로 나타내어 일관된 경향을 찾아볼 수 없었다. 그리고 수분이 많은 개화기 이전의 수확시에는 수분조절을 위한 곡류 등 저수분 재료의 사용이 첨가가 필요하다고 한 보고도 있으나(김과 하, 1988, 송 등 1988) 본 연구에서는 수확시기에 관계없이 일정한 목표수분을 위한 볏짚 등의 저수분사료의 배합이 전제되어 있었기 때문에 수확기간 어떠한 차이도 발견할 수 없었던 것으로 사료된다.

Table 4에서 보는 바와 같이 TMFF의 평균 조단백질(CP) 함량에 있어서는 초종별 전체 평균은 14.8~18.2%의 범위로 혼합목초-TMFF에서 가장 높은 18.2%로 나타났으며, 연맥-TMFF 16.9%, 호맥-TMFF 15.0%의 순서로 유의하게 낮게 나타내었다($P<0.05$). 또한, 제조 경과일수에 따라서는 연맥-TMFF에서만 제조 경과에 따라 유의적으로 감소하고, 혼합목초-TMFF에서는 오히려 제조일이 증가함에 따라 증가하는($P<0.05$) 경향을 보이고 호맥-TMFF에서는 유의한 변화를 나타내지 않아 시험구간에 일치된 경향을 찾아 볼 수 없었다. 또한, 수확시기별 함량 변화에 있어서 연맥-TMFF에서는 조기수확시에 함량이 높게 나타내었으며, 수확시기에 따른 TMFF의 단백질 함량의 변화에 있어서는 연맥-TMFF에서는 조기수확구의 것이 유의하게 높게 나타내었으나($P<0.05$) 다른

Table 3. Changes of mean moisture contents in the TMFF during the ensiling periods(DM basis, %)

TMFFs	Harvest stage	Days after ensiled							Mean	SEM
		0	5	10	25	35	60	100		
Grass	Early	74.8 ^A	72.5 ^{AB}	69.1 ^B	71.1 ^{AB}	71.6 ^{AB}	72.3 ^{AB}	70.6 ^B	71.7	0.54
	Late	81.8 ^A	71.4 ^B	71.9 ^B	71.1 ^B	70.1 ^B	72.5 ^B	73.1 ^B	73.0	0.96
	Mean	78.3 ^A	71.9 ^B	70.1 ^B	71.1 ^B	70.9 ^B	72.3 ^B	71.8 ^B	72.4 ^(b)	0.55
	SEM	1.89	1.10	0.85	1.17	0.75	0.85	0.75		
Oat	Early	83.2 ^A	74.1 ^B	69.1 ^C	71.1 ^{BC}	71.6 ^{BC}	72.3 ^{BC}	70.6 ^C	73.1 ^b	1.03
	Late	83.0	72.5 ^C	78.5 ^B	75.9 ^{BC}	78.4 ^B	76.2 ^{BC}	74.9 ^{BC}	77.0 ^a	0.80
	Mean	83.1 ^A	73.3 ^B	73.8 ^B	73.5 ^B	75.0 ^B	74.2 ^B	72.7 ^B	75.1 ^(a)	0.71
	SEM	0.91	10.1	2.17	1.41	1.67	0.95	1.18		
Rye	Early	71.4 ^{BC}	74.0 ^{ABC}	73.8 ^{ABC}	75.5 ^{AB}	75.4 ^{AB}	70.9 ^C	76.3 ^A	73.9 ^b	0.59
	Late	79.8 ^A	76.0 ^B	73.7 ^B	76.1 ^B	74.5 ^B	76.9 ^{AB}	74.3 ^B	75.9 ^a	0.54
	Mean	75.6	75.0	73.8	75.8	75.0	73.9	75.3	74.9 ^(a)	0.43
	SEM	2.04	0.92	0.87	0.69	0.57	1.55	0.86		
Sum	Mean	79.0 ^A	73.4 ^B	72.6 ^B	73.5 ^B	73.6 ^B	73.5 ^B	73.3 ^B		
	SEM	0.77	0.39	0.52	0.45	0.45	0.37	0.38		

SEM ; standard error of mean.

^{a,b} means with the different letter within same row that is mean values of each treatment groups are significantly different(P<0.05).^{(a),(b)} means with the different letter within same row that is mean values of each TMFF groups are significantly different(P<0.05).^{A,B,C} means with the different letter within same column are significantly different(P<0.05).

Table 4. Changes of crude protein(CP) contents in the TMFF during the ensiling periods(DM basis, %)

TMFFs	Harvest stage	Days after ensiled							Mean	SEM
		0	5	10	25	35	60	100		
Grass	Early	18.8 ^B	17.8 ^B	17.6 ^B	17.6 ^B	18.1 ^B	19.0 ^B	20.6 ^A	18.59	0.28
	Late	18.5 ^{AB}	17.6 ^{AB}	17.5 ^{AB}	16.4 ^B	18.7 ^{AB}	19.0 ^A	18.0 ^{AB}	17.9	0.29
	Mean	18.6 ^{AB}	17.7 ^{BC}	17.6 ^{BC}	17.0 ^C	18.4 ^{ABC}	19.0 ^{AB}	19.3 ^A	18.2 ^(a)	0.20
	SEM	0.17	0.33	0.30	0.55	0.47	0.43	0.77		
Oat	Early	21.3 ^A	16.8 ^B	16.8 ^B	16.5 ^B	16.7 ^B	15.7 ^B	17.0 ^B	17.2 ^a	0.41
	Late	19.3 ^A	15.7 ^B	15.9 ^B	16.7 ^B	16.8 ^B	15.4 ^B	16.0 ^B	16.6 ^b	0.31
	Mean	20.3 ^A	16.3 ^B	16.4 ^B	16.6 ^B	16.7 ^B	15.6 ^B	16.5 ^B	16.9 ^(b)	0.26
	SEM	0.61	0.51	0.28	0.33	0.27	0.36	0.26		
Rye	Early	15.6	14.9	14.7	15.2	14.4	15.1	14.7	14.9	0.29
	Late	14.5	14.3	14.4	14.6	15.1	14.5	14.5	14.6	0.19
	Mean	15.1	14.6	14.6	14.9	14.8	14.8	14.6	14.8 ^(c)	0.17
	SEM	0.29	0.57	0.48	0.50	0.52	0.35	0.64		
Sum	Mean	18.0 ^A	16.2 ^B	16.2 ^B	16.2 ^B	16.6 ^{AB}	16.5 ^B	16.8 ^{AB}		
	SEM	0.39	0.36	0.28	0.26	0.26	0.31	0.34		

SEM ; standard error of mean.

^{a,b} means with the different letter within same row that is mean values of each treatment groups are significantly different(P<0.05).^{(a),(b),(c)} means with the different letter within same row that is mean values of each TMFF groups are significantly different(P<0.05).^{A,B,C} means with the different letter within same column are significantly different(P<0.05).

TMFF에서는 뚜렷한 차이를 보이지 않았다.

TMFF의 평균 ADF 함량(Table 4)에 있어서는 호맥-TMFF 19.1, 연맥-TMFF 15.1, 혼합목초-TMFF 12.5%의 순서로 각각 높은 것으로 나타났고(P<0.05), 제조 경과일수에 따라 유의하게 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 사일리지 발효의 진행의 결과로 사료된다. 그리고 수확시기에 따라서는 연맥-TMFF에서만 적기수확구에서 유의하게 높은 것으로 나타났으나(P<0.05) 다른 TMFF에서는 뚜렷한 차이를 보이지 않았다.

그리고 전체 TMFF의 평균 NDF 함량(Table 6)에 있어서는 호맥-TMFF 47.0, 연맥-TMFF 42.5 및 혼합목초-TMFF 39.8%의 순서로 각각 높게 나타났으며, 제조경과 일수에 따른 변화는 ADF와 거의 유사하게 경과일이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났으며, 연맥-

TMFF에서는 일정한 경향을 보이지 않거나 유의한 차이를 보이지 않은 것으로 나타내었다. 그리고 수확시기에 따른 평균 NDF 함량에 있어서는 적기수확구가 대체적으로 높은 것으로 나타내었으나 연맥-TMFF에서만 유의한 차이를 나타내었을 뿐이다(P<0.05).

TMFF의 Ca 함량에 있어서는 Table 7에서 보는 바와 같이 전체 평균이 0.99~1.07% 수준으로서 전체적으로 차이를 보이지 않았으며, 제조일 경과에 따라서는 호맥-TMFF에서는 유의차가 없었으나 다른 TMFF에서는 제조 5 일째부터 유의적으로 감소하는 경향을 보였다(P<0.05). 그리고 수확시기에 있어서는 전체적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

또한, TMFF의 P 함량에 있어서 전체평균이 0.30~0.46% 수준으로 나타내어(Table 8) 초종간에는 연맥-, 혼합목초-, 호맥-TMFF의 순

Table 5. Changes of acid detergent fiber(ADF) contents in the TMFF during the ensiling periods(DM basis, %)

TMFFs	Harvest stage	Days after ensiled							Mean	SEM
		0	5	10	25	35	60	100		
Grass	Early	19.7 ^A	13.0 ^B	12.0 ^{BC}	11.6 ^{BC}	9.1 ^D	11.7 ^{BC}	10.3 ^{CD}	12.6	0.74
	Late	21.2 ^A	12.1 ^{BC}	12.9 ^B	13.2 ^B	6.2 ^D	8.9 ^{CD}	12.1 ^{BC}	12.4	1.03
	Mean	20.5 ^A	12.7 ^B	12.5 ^B	12.4 ^B	7.7 ^C	10.3 ^B	11.2 ^B	12.5 ^(c)	0.63
	SEM	0.89	0.78	0.52	0.49	1.11	0.74	0.54		
Oat	Early	14.0 ^B	14.7 ^B	13.5 ^B	14.5 ^B	10.4 ^C	17.9 ^A	13.4 ^B	14.1 ^b	0.53
	Late	21.2 ^A	15.7 ^C	15.3 ^C	12.2 ^E	13.9 ^D	17.5 ^B	16.3 ^{BC}	16.0 ^a	0.60
	Mean	17.6 ^A	15.2 ^B	14.4 ^{BC}	13.4 ^{BC}	12.2 ^C	17.7 ^A	14.9 ^B	15.1 ^(b)	0.42
	SEM	1.70	0.45	0.44	0.59	0.85	0.43	0.87		
Rye	Early	22.3 ^A	19.4 ^{AB}	17.4 ^{BC}	15.6 ^C	18.7 ^{BC}	19.2 ^{AB}	18.3 ^{BC}	18.7	0.53
	Late	24.2	20.7	18.9	17.8	16.4	19.0	19.2	19.5	0.58
	Mean	23.2 ^A	20.1 ^B	18.2 ^{BCD}	16.7 ^D	17.6 ^{CD}	19.1 ^{BC}	18.8 ^{BCD}	19.1 ^(a)	0.39
	SEM	0.77	0.56	0.76	0.72	0.82	0.42	0.76		
Sum	Mean	20.4 ^A	16.0 ^B	15.0 ^{BC}	14.2 ^{CD}	12.5 ^D	15.7 ^{BC}	15.0 ^{CD}		
	SEM	0.62	0.88	0.84	0.85	1.11	0.87	0.80		

SEM ; standard error of mean.

^{a,b} means with the different letter within same row that is mean values of each treatment groups are significantly different(P<0.05).

^{(a),(b),(c)} means with the different letter within same row that is mean values of each TMFF groups are significantly different(P<0.05).

^{A,B,C,D} means with the different letter within same column are significantly different(P<0.05).

Table 6. Changes of neutral detergent fiber(NDF) contents in the TMFFs during the ensiling periods(DM basis, %)

TMFFs	Harvest stage	Days after ensiled							Mean	SEM
		0	5	10	25	35	60	100		
Grass	Early	43.4 ^A	38.9 ^{BC}	37.1 ^C	38.7 ^{BC}	36.5 ^C	41.7 ^{AB}	40.1 ^{ABC}	39.5	0.64
	Late	47.1 ^A	37.3 ^{CD}	39.2 ^{BCD}	40.4 ^{BC}	35.0 ^D	39.1 ^{BCD}	42.9 ^{AB}	40.2	0.93
	Mean	45.3 ^A	38.1 ^{CD}	38.2 ^{CD}	39.5 ^{BC}	35.8 ^D	40.4 ^{BC}	41.5 ^B	39.8 ^(c)	0.56
	SEM	1.29	1.09	0.88	0.68	0.93	0.99	0.99		
Oat	Early	38.9 ^C	39.2 ^C	38.9 ^C	40.9 ^{BC}	37.6 ^C	45.0 ^A	43.0 ^{AB}	40.5 ^b	0.64
	Late	48.7 ^A	44.0 ^{BC}	42.4 ^{CD}	40.4 ^D	44.1 ^{BC}	46.5 ^{AB}	45.3 ^B	44.5 ^a	0.61
	Mean	43.8 ^{AB}	41.6 ^{BC}	40.6 ^C	40.7 ^C	40.9 ^C	45.8 ^A	44.2 ^{AB}	42.5 ^(b)	0.54
	SEM	2.32	1.18	0.95	0.53	1.51	0.89	0.72		
Rye	Early	49.0	46.1	44.6	43.9	49.7	47.6	46.7	46.8	0.77
	Late	52.4 ^A	47.3 ^B	45.7 ^{BC}	45.0 ^{BC}	43.8 ^C	48.1 ^B	48.2 ^B	47.2	0.67
	Mean	50.7 ^A	46.7 ^B	45.2 ^B	44.5 ^B	46.7 ^B	47.9 ^{AB}	47.4 ^{AB}	47.0 ^(a)	0.51
	SEM	2.03	0.91	1.09	0.72	1.45	0.37	0.93		
Sum	Mean	46.6 ^A	42.2 ^B	41.3 ^B	41.6 ^B	41.1 ^B	44.7 ^A	44.4 ^A		
	SEM	0.84	0.98	0.96	0.78	0.93	0.55	0.53		

SEM ; standard error of mean.

^{a,b} means with the different letter within same row that is mean values of each treatment groups are significantly different(P<0.05).^{(a),(b),(c)} means with the different letter within same row that is mean values of each TMFF groups are significantly different(P<0.05).^{A,B,C,D} means with the different letter within same column are significantly different(P<0.05).

Table 7. Changes of calcium(Ca) contents in the TMFFs during the ensiling periods(DM basis, %)

TMFFs	Harvest stage	Days after ensiled							Mean	SEM
		0	5	10	25	35	60	100		
Grass	Early	1.5 ^A	1.1 ^B	1.1 ^{AB}	1.0 ^B	1.0 ^B	1.0 ^B	0.9 ^B	1.1	0.06
	Late	1.4	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	1.1	0.06
	Mean	1.5 ^A	1.1 ^B	1.1 ^B	1.0 ^B	1.0 ^B	1.0 ^B	0.9 ^B	1.1	0.04
	SEM	0.16	0.13	0.04	0.09	0.08	0.06	0.07		
Oat	Early	1.4 ^A	1.0 ^B	1.0 ^B	1.0 ^B	1.0 ^B	0.9 ^B	0.9 ^B	1.03	0.05
	Late	1.3 ^A	1.0 ^{AB}	1.1 ^{AB}	1.0 ^{AB}	0.9 ^B	0.8 ^B	0.8 ^B	1.01	0.04
	Mean	1.34 ^A	1.02 ^B	1.07 ^B	1.00 ^B	0.95 ^B	0.88 ^B	0.88 ^B	1.02	0.03
	SEM	0.09	0.09	0.05	0.07	0.04	0.04	0.08		
Rye	Early	1.2	1.0	1.0	0.9	1.0	0.9	0.9	1.00	0.05
	Late	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.97	0.04
	Mean	1.06	0.99	1.02	0.97	1.00	0.94	0.92	0.99	0.03
	SEM	0.15	0.06	0.08	0.05	0.06	0.03	0.09		
Sum	Mean	1.28 ^A	1.04 ^B	1.07 ^B	0.99 ^{BC}	0.99 ^{BC}	0.92 ^{BC}	0.90 ^C		
	SEM	0.05	0.06	0.06	0.07	0.05	0.03	0.06		

SEM ; standard error of mean.

^{a,b} means with the different letter within same row that is mean values of each treatment groups are significantly different(P<0.05).^{A,B} means with the different letter within same column are significantly different(P<0.05).

서로 높게 나타내었다.

제조 경과일수에 따른 P의 평균 함량은 연맥-TMFF 0.41, 혼합목초-TMFF 0.40, 호맥-TMFF 0.38%로 비슷한 수준을 나타내었으며, 제조 경과일자와 수확시기에 있어서는 일정한 경향이나 변화를 찾을 수 없었다.

전체적으로 조단백질과 ADF 및 NDF 함량은 제조경과일수에 따라 감소하는 경향을 보여 장기간 보관시 단백질에는 일부 감량이 있으나 섬유소는 소화물질의 증가가 예상되는 결과를 보였다. 그리고 광물질 등의 다른 성분에서 보이는 차이가 없거나 일정한 경향을 보이지 않는 것으로 나타내었다. 그러나 이러한 일반성분 함량에 대한 결과로서는 TMFF 종류간, 발효기간간 및 수확시기간에 나타난 영양성분 함량의 변화나 차이를 명확하게 설명하기에 부족하였는데, 이는 각 TMFF 시험사료의 대량제조에 따른 정밀배합과 시료채취시 정밀한 채취가 어려워 분석값의 동일성을 유지하지 못했으며, 이러한 분석결과의 차이나 변화가 내부의 발효기작에 의한 변화인지 오차에 기인한 것인지

알 수 없는 것이다. 그러나 시험구간 차의 최소자승값에 의한 비교로 어느 정도 시료간 변화 유무의 확인이나 경향을 판단할 수 있음으로써 TMFF 사료의 제조후 숙성이 종료되어 급여에 사용할 수 있기까지의 기간을 판단하는데 기초자료가 될 것으로 사료됨.

2. TMFF의 제조 중 온도 변화

TMFF 제조 후 사료내외의 온도변화를 조사한 결과(Table 9), 5월10일에 제조한 혼합목초-TMFF의 경우, 저장일수 100일간의 외기온도는 18.7~26.4℃로서 제조 경과일수에 따라 여름철이 가까워져 상승하는 것으로 나타내었으며 이때 TMFF 내부온도는 17.5~24.1℃로서 외기보다 1~2℃ 정도 낮은 온도를 보였다. 연맥-TMFF은 겨울철인 12월 23일에 제조하였는데, 외기온도는 10.2~16.4℃로 100일경에는 4월초의 따뜻한 기온을 나타내었으며 이때 TMFF의 내부온도는 12.7~19.7℃로서 외부온도가 낮을때는 오히려 TMFF의 내부온도가 더

Table 8. Changes of phosphorous(P) contents in the TMFF during the ensiling periods(DM basis, %)

TMFFs	Harvest stage	Days after ensiled							Mean	SEM
		0	5	10	25	35	60	100		
Grass	Early	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.40	0.02
	Late	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4	0.39	0.02
	Mean	0.37	0.39	0.40	0.41	0.39	0.40	0.41	0.40	0.01
	SEM	0.04	0.06	0.02	0.05	0.02	0.01	0.02		
Oat	Early	0.5 ^A	0.4 ^B	0.4 ^B	0.4 ^B	0.3 ^B	0.4 ^B	0.4 ^B	0.42	0.01
	Late	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4	0.40	0.01
	Mean	0.45	0.41	0.40	0.41	0.40	0.41	0.41	0.41	0.01
	SEM	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01		
Rye	Early	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.38	0.02
	Late	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4	0.38	0.01
	Mean	0.37	0.40	0.34	0.36	0.40	0.37	0.42	0.38	0.01
	SEM	0.04	0.03	0.03	0.03	0.01	0.03	0.01		
Sum	Mean	0.40	0.40	0.38	0.39	0.40	0.39	0.41		
	SEM	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01		

SEM ; standard error of mean.

^{ab} means with the different letter within same row that is mean values of each treatment groups are significantly different(P<0.05).

^{A,B,C} means with the different letter within same column are significantly different(P<0.05).

Table 9. Changes of internal and ambient temperature of TMFF during the ensiling periods (°C)

TMFFs	Check points	Days after ensiled							Mean	SEM
		0	5	10	25	35	60	100		
Grass	Interior	17.8	18.7	17.5	18.4	17.9	20.1	24.1	19.2 ^b	0.88
	Exterior	18.7	19.4	20.3	21.8	21.6	24.2	26.4	21.8 ^a	1.03
	Mean	18.3 ^C	19.1 ^C	18.9 ^C	20.1 ^{BC}	19.8 ^C	22.2 ^B	25.3 ^A	20.5	0.74
	SEM	0.45	0.35	1.40	1.70	1.85	2.05	1.15		
Oat	Interior	12.1	19.1	19.7	15.9	16.3	15.9	15.1	16.3	0.96
	Exterior	10.2	10.8	13.2	12.2	14.4	16.4	16.0	13.3	0.92
	Mean	11.2	15.0	16.5	14.1	15.4	16.2	15.6	14.8	0.76
	SEM	0.95	4.15	3.25	1.85	0.95	0.25	0.45		
Rye	Interior	17.4	19.1	15.6	15.5	16.1	18.5	18.4	17.2 ^b	0.57
	Exterior	16.6	17.7	20.7	22.0	19.1	21.5	23.1	20.1 ^a	0.90
	Mean	17.0	18.4	18.2	18.8	17.6	20.0	20.8	18.7	0.65
	SEM	0.40	0.70	2.55	3.25	1.50	1.50	2.35		

SEM ; standard error of mean.

^{a,b} means with the different letter within same row that is mean values of each treatment groups are significantly different(P<0.05).^{A,B,C} means with the different letter within same column are significantly different(P<0.05).

높게 나타내었다. 특히 제조 후 5일과 10일의 외기온도는 10.8°C와 13.2°C를 나타내었는데 이때 TMFF의 내부온도는 19.1°C와 19.7°C로 6~9°C정도 더 높은 것으로 나타내었다. 이는 사일리지 제조 초기의 발효열로 인한 내부온도 상승에 기인한 것으로 사료된다. 그리고 봄철인 4월 23일에 제조한 호맥-TMFF의 경우, 외기온도가 16.6~23.1°C 범위였고 내부온도는 제조 후 5일경에는 1°C정도 높게 나타내었다가 10일 이후부터는 외기온도보다 3~5°C 정도 더 낮은 온도로서 변하여 나타내었다. 이와 같이 TMFF의 내부온도는 제조 당시의 계절과 외기온도의 영향을 많이 받으며 제조 10일까지는 증가하다가 이후 1~5°C 정도 감소하는 것으로 나타내었다. 이러한 경향은 TMF 사료의 종류에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 각 TMF 사료를 밀폐 용기 속에 충분히 진압하여 그늘진 장소에 보관되었기 때문에 지온에 대한 영향을 적게 받았으며, 철저한 진압효과에 의해 트렌치나 타워 사일로에서와 같은 사일리지의 발효열, 부패열 등으로 인

한 온도상승의 변화를 보이지 않는 것으로 사료되었다.

3. TMFF의 pH 변화

TMFF의 저장기간별 pH 변화는 Table 10에서 보는 바와 같이 전체적으로 3.77~4.90의 범위로서 초종별로는 호맥-, 혼합목초-, 연맥-TMFF의 순서로 높은 것으로 나타나 TMFF별 평균 pH에 있어서 호맥-TMFF에서 4.15로 가장 높았으며, 연맥-TMFF가 가장 낮은 4.04를 나타내었다(P<0.05).

그리고 수확시기에 따른 pH 변화는 TMFF 종류간에는 뚜렷한 차이를 나타내지 않았으며, 제조 경과일에 따라서는 대부분의 TMFF에서 제조 후 5~10일에서 높게 나타내었다가 이후 낮아지는 경향을 보였다(P<0.05). McDonald (1981)는 수분 함량이 높을 때에는 pH가 4.0이 하는 되어야 우수한 사일리지라고 하였으나 건물 함량이 높을 때에는 pH가 4.7까지도 우수하다고 하였으며, 사일리지 품질은 사일리지의

Table 10. Changes of pH in TMFF during the ensiling periods

TMFFs	Harvest stage	Days after ensiled						Mean	SEM
		5	10	25	35	60	100		
Grass	Early	4.42 ^A	4.19 ^{AB}	4.00 ^B	4.00 ^B	4.02 ^B	4.05 ^B	4.11	0.05
	Late	4.36 ^A	4.25 ^A	4.00 ^B	3.93 ^B	3.95 ^B	4.00 ^B	4.08	0.05
	Mean	4.39 ^A	4.22 ^B	4.00 ^C	3.96 ^C	3.99 ^C	4.03 ^C	4.10 ^(ab)	0.03
	SEM	0.06	0.04	0.07	0.06	0.03	0.03		
Oat	Early	4.43 ^A	4.28 ^A	3.93 ^B	3.77 ^B	3.92 ^B	3.90 ^B	4.04	0.06
	Late	4.16	3.96	4.00	3.96	4.08	4.11	4.04	0.03
	Mean	4.29 ^A	4.12 ^{AB}	3.96 ^{BC}	3.87 ^C	4.00 ^{BC}	4.00 ^{BC}	4.04 ^(b)	0.03
	SEM	0.07	0.08	0.04	0.07	0.07	0.07		
Rye	Early	4.26 ^B	4.39 ^B	4.59 ^A	3.95 ^C	3.91 ^C	3.97 ^C	4.18	0.07
	Late	4.90 ^A	4.02 ^B	3.88 ^B	4.05 ^B	3.92 ^B	3.97 ^B	4.12	0.09
	Mean	4.58 ^A	4.21 ^B	4.24 ^B	4.00 ^B	3.92 ^B	3.97 ^B	4.15 ^(a)	0.05
	SEM	0.15	0.10	0.16	0.05	0.03	0.05		
Sum	Mean	4.42 ^A	4.18 ^B	4.07 ^{BC}	3.94 ^C	3.97 ^C	4.00 ^C		
	SEM	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05		

SEM ; standard error of mean.

^{(a),(b)} means with the different letter within same raw that is mean values of each TMFF groups are significantly different(P<0.05).

^{A,B,C} means with the different letter within same column are significantly different(P<0.05).

건물 함량과 pH간에 밀접한 상관성이 있다고 하였으며, 또한 pH가 낮다고 반드시 발효가 잘된 우수한 사일리지라고는 말할 수 없다는 보고와 마찬가지로 본 연구에서의 모든 TMFF의 pH도 비슷한 결과로 나타내었다고 사료되었다.

4. TMFF 조제 후 암모니아태 질소(NH₃-N) 함량의 변화

각 TMFF간의 NH₃-N은 Table 11에서 보는 바와 같이 전체적으로 7.61~8.52mg/dl로 초종별 기간 총 평균 함량이 혼합목초-, 호맥-, 연맥-TMMF에서 8.23, 8.17, 7.79mg/dl로 각각 높은 것으로 나타내었다(P<0.05). 수확시기에 따라서는 전체적으로 조기수확구의 것이 높은 경향을 보였으나 유의한 차이는 아니었다. 그리고 제조 경과일에 따라서는 대부분의 TMFF에서 유의한 차이나 경향을 나타내지 않았으나, 연맥-TMFF의 조기수확구에서는 제조 후 5일경과 100일경에 유의적으로 높은 결과를 보였으며, 호맥-TMFF의 적기수확구에서 제조

후 5일에 유의적으로 높고 제조 후 60일경에서 가장 낮게 나타내었다(P<0.05).

Pitt 등(1985)은 사일리지내에 낙산균의 활동에 의해 암모니아와 낙산 함량이 증가하며 암모니아, 낙산(butyrate) 그리고 pH간에는 정의 상관 관계가 있다고 보고하였고, Martinsson (1991)은 화분과 목초사일리지에서 개미산(formic acid)과 젖산균의 첨가가 무처리보다 NH₃-N 함량을 낮게 하였다고 하였으며, 사일리지 품질 평가에서 NH₃-N 함량이 10mg/dl 이하가 1등급 사일리지라고 하였는데, 본 연구의 결과에서는 모든 TMFF가 양호한 발효양상을 나타내고 있는 것으로 사료되었다.

5. TMFF의 휘발성 지방산 함량 변화

TMFF의 원물(fresh matter)에 대한 휘발성 지방산(VFA) 함량에 대한 초종별 함량과 제조 경과일에 따른 변화를 살펴 본 결과는 Table 12와 같다. acetic acid 함량에 있어서 전체 평균 함량에 있어서는 TMFF 종류별로 호맥-,

Table 11. Changes of NH₃-N contents in TMFF during the ensiling periods

(mg/dℓ)

TMFFs	Harvest stage	Days after ensiled						Mean	SEM
		5	10	25	35	60	100		
Grass	Early	8.20	8.52	8.23	8.22	8.13	8.33	8.27	0.07
	Late	8.30	8.10	8.21	8.04	8.19	8.29	8.19	0.04
	Mean	8.25	8.31	8.22	8.13	8.16	8.31	8.23 ^(ab)	0.04
	SEM	0.07	0.21	0.05	0.09	0.05	0.07		
Oat	Early	8.10 ^A	7.70 ^B	7.68 ^B	7.70 ^B	7.69 ^B	7.99 ^A	7.81	0.04
	Late	8.04	7.61	7.67	7.65	7.77	7.94	7.78	0.07
	Mean	8.07 ^A	7.65 ^B	7.68 ^B	7.67 ^B	7.73 ^B	7.97 ^A	7.79 ^(b)	0.04
	SEM	0.05	0.09	0.09	0.06	0.08	0.07		
Rye	Early	8.22	8.47	8.23	8.02	8.23	7.97	8.19	0.13
	Late	8.41 ^A	8.03 ^{AB}	8.13 ^{AB}	8.14 ^{AB}	8.00 ^B	8.14 ^{AB}	8.14	0.05
	Mean	8.32	8.25	8.18	8.08	8.12	8.05	8.17 ^(a)	0.07
	SEM	0.17	0.17	0.20	0.26	0.08	0.11		
Sum	Mean	8.21	8.07	8.03	7.96	8.00	8.11		
	SEM	0.12	0.14	0.12	0.13	0.12	0.14		

SEM ; standard error of mean.

^{ab} means with the different letter within same row that is mean values of each treatment groups are significantly different(P<0.05).^{(a),(b),(c),(d),(e)} means with the different letter within same row that is mean values of each TMFF groups are significantly different(P<0.05).^{A,B} means with the different letter within same column are significantly different(P<0.05).

연맥-, 혼합목초-TMFF에서 0.87, 0.35, 0.22 %의 순서로 각각 나타나어 초종별로 유의한 차이를 보였는데(P<0.05), 수확시기에 따라서는 호맥-TMFF에서는 5일에 유의하게 높게 나타내었으며, 혼합목초-TMFF와 연맥-TMFF에서는 유의한 차이나 경향을 찾아 볼 수 없었다.

Butyric acid 함량의 제조 중 변화를 살펴본 결과, 전체 평균 함량에 있어서는 acetic acid 함량에서와 비슷한 경향을 보여 초종별 전체 평균값이 호맥-TMFF 0.42%, 연맥-TMFF 0.15%, 혼합목초-TMFF 0.11%의 순서로 유의하게 높게 나타내었으며(P<0.05), 제조일 경과에 따른 함량 변화에 있어서는 대부분의 TMFF에서는 일정한 경향을 보이지 않거나 유의적인 차이를 보이지 않았으나 연맥-TMFF와 호맥-TMFF에서는 제조 후 60일과 100일에 유의적으로 높은 함량을 나타내었다.

그리고 낙산 함량에 있어서는 호맥-TMFF에서 가장 높은 0.42%였으며, 혼합목초-TMFF가 가장 낮은 0.11%를 나타내어 낙산과 pH 및

NH₃-N 함량간에 어떠한 상관관계를 찾기가 힘들었는데, 이는 모든 TMFF의 pH가 안정적으로 낮은 수준이었으며, NH₃-N 함량이 우수한 품질의 것이라고 하는 10mg/dℓ 이하의 것으로서 불량한 발효 산물인 낙산 함량이 전체적으로 낮은 함량을 나타내게 되었으며 유의한 차이도 나타나지 않은 것으로 사료된다.

또한, lactic acid 함량에 있어서는 초종별 평균값에 있어서 유의한 차이는 나타나지 않았으나, 모든 초종별 TMFF에서 제조 당시의 0.00~0.16%에서 제조 후 모든 TMFF에서 급격한 증가를 나타내어 25일 이후 100일까지 2.47~3.91% 범위로 최고치를 나타내었다(P<0.05). 그리고 총 휘발성지방산 함량에 있어서는 초종별 TMFF간에 유의한 차이는 나타나지 않았으나 호맥-, 혼합목초-, 연맥-TMFF의 순서로 높은 경향을 나타내었으며, 제조 경과일수에 따라서는 모든 TMFF에서 제조 후 100일의 것이 유의적으로 높게 나타내었다(P<0.05). 전체적으로는 모든 TMFF에서 acetic acid 함량과

Table 12. Changes of volatile fatty acids(VFA) contents in TMFF during the ensiling periods(%/fresh matter)

VFAs	TMFFs	Days after ensiled							Mean	SEM
		0	5	10	25	35	60	100		
Acetic acid	Grass	0.11	0.27	0.33	0.17	0.08	0.24	0.33	0.22 ^c	0.04
	Oat	0.29	0.19	0.34	0.29	0.43	0.31	0.59	0.35 ^b	0.05
	Rye	1.01 ^B	2.27 ^A	0.95 ^B	0.78 ^B	0.38 ^B	0.29 ^B	0.44 ^B	0.87 ^a	0.18
	Mean	0.47 ^B	0.91 ^A	0.54 ^{AB}	0.41 ^B	0.30 ^B	0.28 ^B	0.45 ^B	0.48	0.07
	SEM	0.11	0.23	0.09	0.12	0.09	0.03	0.09		
Butyric acid	Grass	0.10 ^{AB}	0.07 ^{AB}	0.11 ^{AB}	0.21 ^A	0.06 ^B	0.06 ^B	0.19 ^{AB}	0.11 ^c	0.02
	Oat	0.08 ^C	0.06 ^C	0.26 ^{AB}	0.10 ^C	0.08 ^C	0.17 ^{AB}	0.30 ^A	0.15 ^{bc}	0.02
	Rye	0.11 ^C	0.17 ^{BC}	0.38 ^{ABC}	0.52 ^{AB}	0.42 ^{ABC}	0.63 ^A	0.73 ^A	0.42 ^a	0.06
	Mean	0.10 ^B	0.10 ^B	0.25 ^{AB}	0.28 ^{AB}	0.19 ^B	0.29 ^{AB}	0.41 ^A	0.23	0.03
	SEM	0.01	0.07	0.13	0.14	0.10	0.16	0.12		
Lactic acid	Grass	0.16 ^C	1.17 ^C	2.66 ^B	2.95 ^{AB}	3.45 ^{AB}	3.16 ^{AB}	3.91 ^A	2.50	0.30
	Oat	0.08 ^D	0.89 ^C	2.08 ^B	3.04 ^A	2.91 ^A	3.37 ^A	2.99 ^A	2.19	0.27
	Rye	0.00 ^D	0.98 ^C	2.38 ^B	2.47 ^B	2.96 ^{AB}	3.22 ^{AB}	3.45 ^A	2.21	0.28
	Mean	0.08 ^B	1.01 ^B	2.37 ^{AB}	2.82 ^A	3.11 ^A	3.25 ^A	3.45 ^A	2.30	0.29
	SEM	0.03	0.11	0.21	0.28	0.30	0.16	0.27		
Total VFA	Grass	0.37 ^D	1.51 ^C	3.10 ^B	3.33 ^B	3.59 ^{AB}	3.45 ^{AB}	4.42 ^A	2.83	0.31
	Oat	0.45 ^D	1.14 ^C	2.68 ^B	3.43 ^A	3.42 ^A	3.85 ^A	3.89 ^A	2.69	0.29
	Rye	1.12 ^B	3.43 ^A	3.70 ^A	3.76 ^A	3.76 ^A	4.14 ^A	4.62 ^A	3.51	0.27
	Mean	0.65 ^B	2.03 ^{AB}	3.16 ^{AB}	3.51 ^A	3.59 ^A	3.81 ^A	4.31 ^A	3.01	0.30
	SEM	0.16	0.25	0.14	0.09	0.11	0.17	0.26		

SEM ; standard error of mean.

^{ab,c} means with the different letter within same row that is mean values of each TMFFs are significantly different(P<0.05).

^{A,B,C,D,E} means with the different letter within same column are significantly different(P<0.05).

butyric acid 함량은 낮고 젖산 함량은 매우 높은 우수한 사일리지가 생산된 것으로 사료되었다.

6. TMFF내의 벧짚에 대한 *in vitro* 건물 소화율

TMFF 제조 전의 무처리 벧짚(대조구)과 제조 후 60일에 개봉한 초종별 TMFF의 벧짚에 대한 *In vitro* 건물소화율의 변화를 조사한 결과는 Table 13과 같다.

대조구 벧짚의 건물소화율이 1단계 32.97과

2단계 36.1%이었던 반면에 연맥-TMFF 48.1%와 55.1%, 혼합목초-TMFF 48.5%와 54.5%, 호맥-TMFF 46.3%와 54.2%의 순서로 소화율이 높게 나타내어(P<0.05) TMFF화에 의한 벧짚의 소화율이 15~20% 정도 향상된 것을 나타낸 것으로 사료되었다.

TMFF 초종별 함량에 있어서는 유의한 차이가 나타나지 않았는데, 이는 Kiangi(1981), Solaiman 등(1990), 高 등(1995)의 여러 연구자들이 암모니아처리 등 화학적 처리에 의한 벧짚의 소화율이 43% 내외라는 결과보다 높은 경향으로 나타난 것으로 사료된다.

Table 13. Changes of *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) of rice straws ensiled(in TMFF) and non-ensiled(%)

Treatment	First trial					Second trial				
	Incubation time (h)					Incubation time (h)				
	24	48	72	Mean	SEM	24	48	72	Mean	SEM
Control	21.4 ^C	33.1 ^B	44.4 ^A	33.0 ^b	3.44	25.3 ^C	35.3 ^B	47.7 ^A	36.1 ^b	3.25
Grass	36.8 ^C	48.8 ^B	60.0 ^A	48.5 ^a	3.46	44.3 ^B	53.3 ^{AB}	65.7 ^A	54.5 ^a	3.70
TMFFs Oat	37.1 ^C	47.9 ^B	59.2 ^A	48.1 ^a	3.24	45.4 ^C	56.4 ^B	63.5 ^A	55.1 ^a	2.80
Rye	36.0 ^C	46.3 ^B	56.6 ^A	46.3 ^a	3.07	44.1 ^B	55.5 ^{AB}	63.0 ^A	54.2 ^a	2.95
Mean	32.8 ^C	44.0 ^B	55.1 ^A	44.0	3.30	39.8 ^C	50.1 ^B	60.0 ^A	50.0	3.18
SEM	1.28	1.32	1.23			1.68	1.81	1.55		

SEM ; standard error of mean.

^{a,b} means with the different letter within same row are significantly different(P<0.05).^{A,B,C} means with the different letter within same column are significantly different(P<0.05).

IV. 요약

호맥, 연맥 및 혼합목초의 3가지 사료작물 청예를 수확시기를 일반적인 수확적기와 7일 조기수확으로 수확시기를 달리하고 볏짚과 밀기울과 곡류로서 옥수수과 콩을 체중 550Kg, 일일산유량 15Kg인 젖소착유우의 체중유지와 우유생산량을 유지하기 위한 완전사료로서 배합한 후 각각 7개의 60리터 밀폐용기에 충분히 진압하여 담근 후 제조 당일과 5, 10, 25, 35, 60 및 100일에 각각 개봉하여 각각의 TMFF의 영양적 가치변화를 조사하였다. 각 TMFF의 평균 수분, 조단백질(CP), ADF, NDF, Ca 및 P 함량은 각각 72~75%, 14.75~18.24%, 12.47~19.07%, 39.82~47.01%, 0.99~1.07% 및 0.38~0.41% 범위를 나타내었으며, TMFF의 초종간 비교에 있어서는 조단백질 함량은 혼합목초-TMFF가 가장 높게 나타내었으며, ADF, NDF 함량에 있어서는 호맥-TMFF의 것이 가장 높은 것으로 나타내었다(P<0.05). 수확시기에 따라서는 뚜렷한 차이를 나타내지 않은 반면, 제조 후 경과일수에 따라서는 전체적으로 영양성분 함량이 감소하는 경향을 나타내었다(P<0.05). TMFF의 내부온도는 외기의 영향을 받으며 평균적으로 1~5℃ 정도 낮게 나타내었는데, 겨울철에 제조된 연맥-TMFF에 있어서는 제조 후 10일까지는 오히려 6~9℃ 정도 더 높게 나타내었다가 이후 감소하여 초기발효열로 인한 TMFF의 내부온도 상승 양상을 나타

내었다(P<0.05). TMFF의 산도(pH)는 전체적으로 4.0~4.2범위로서 초종의 차이나 수확시기에 의한 차이를 나타내지 않았다. 그리고 TMFF의 암모니아태질소(NH₃-N) 함량에 있어서는 전체적으로 7.79~8.23mg/dl의 범위에서 수확시기와 제조 후 경과일수에 따른 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. TMFF의 휘발성지방산 함량은 호맥-TMFF의 acetic acid와 butyric acid 함량이 높게 나타내었으며 제조일수의 경과에 따라서는 lactic acid와 butyric acid 함량이 각각 증가하여 나타내었다(P<0.05). 그리고 제조가 완료된 TMFF에서 채취한 볏짚들의 시험관내 건물 소화율 시험결과에 있어서 무처리볏짚에 비하여 15~20% 이상의 소화율 향상을 나타내었다(P<0.05).

V. 인용 문헌

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*. p. 31 : 40.
3. Chaney, A. L. and Marbach, E. P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry*. 8:130.
4. Cussen, R. F., Merry, R. J., Williams, A. P. and Tweed, J. K. S. 1995. The effect of additives on the ensilage of forage of differing perennial ryegrass and white clover content. *Grass Forage Sci.* 50:249.
5. Dehority, B. A. and Orpin, C. G. 1989. Develop-

- ment of, and natural fluctuations in, rumen microbial populations. In 'The rumen microbial ecosystem' Ed. P. N. Hobson. p. 151. Elsevier applied Sci. London.
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. Giardini, A., Vecchietini, M. and Lo Bruno, A. 1976. Energy supplementation of maize silage harvested at different maturity stages. *Anim. Feed Sci. Tech.* 1:369.
 8. Gibson, T. and Stirling, A. C. 1959. The bacteriology of silage N. *AIA. S. quart Reviews*, No. 44. Summer, p. 167.
 9. Hobson, P. N. 1972. Physiological characteristics 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., Lazowski, E. J., Mahanna, W. C. and Reinhart, R. 1990. *Pioneer forage manual : A nutritional Guide*, Pioneer Hi-bred International, Inc. p. 1.
 12. Keady, T. W. J. and Murphy, J. J. 1996. Effects of inoculant Treatment on ryegrass silage fermentation, digestibility, rumen fermentation. and performance of lactating dairy cattle. *Forage Sci.* 51:232.
 13. Levy, D., Bar-tsur, A., Holzer, Z. and Samuel, V. 1986. High grain content maize silage in fattening diets of young male cattle. *Animal Feed Sci. Tech.* 16:63.
 14. Martinsson, K. 1991. A comparison between formic acid and an inoculant for the preservation of grass silage for dairy cows. *Swedish J. Agric. Res.* 21:121.
 15. McCullough, M. E. 1986. *Feeding Dairy Cows*. Wisconsin. Fort Atkinson. p. 10.
 16. McDanald, P. 1981. Clostridia. In the biochemistry of silage. Jihn Wiley and Sons. Ltd Pitman Press, Bath, Englands. p. 62.
 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. Nicholson, J. W. G., McQueen, R. E., Chan, E. and Bush, R. S. 1991. Forage conservation round bales or silage bags: effect on the characteristics and performance. *Anim. Sci.* 71:1167.
 19. NRC(National Research Council). 1988. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6th ed. National Academy Press. Washington, D. C.
 20. Pitt, R. E., Muck, R. E. and Leibensperger, R. Y. 1985. A quantitative model of the silage process in lactate silages. *Grass and Forage Sci.* 40:279.
 21. Rskiv, 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.
 22. SAS. 1995. *SAS/STAT Software for PC*. Release 6.11, SAS Institute, Cary, NC, USA.
 23. 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.
 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 varing particle size. *Br. J. Nutr.* 28:391.
 25. 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.
 26. 須藤 浩. 1971. 사일리지와 건초, 양현당.
 27. 和泉康史. 1979. 조사료와 농후사료의 급여비율이 반추 제1위내 휘발성지방산의 생산에 미치는 영향. *일축일보*. 50:443.
 28. 김영배, 하종규. 1988. 개미산처리 목초사일리지의 급여가 비유능력에 미치는 영향. *한영사지* 12(4):214.
 29. 김종근, 김동암, 정의수, 강우성, 함준상, 서 성. 1999a. 수확시 숙기 및 젖산균제제가 호밀 라운드베일 사일리지의 품질에 미치는 영향. *한초지*. 19(4):347.
 30. 김종근, 김동암, 정의수, 서 성, 김종덕, 함준상. 1999b. 수확시 숙기 및 비닐색이 호밀 라운드베일 사일리지의 품질에 미치는 영향. *한초지*. 19(4):355.
 31. 김종근, 정의수, 서 성, 강우성, 함준상, 이성철. 2000. 제조방법이 라운드베일 연맥 사일리지의 품질에 미치는 영향. *한초지*. 20(3):185.
 32. 맹원재. 1985. 반추동물의 최근 연구동향. *사료기술 단기과정*. 한국사료협회 p. 253.
 33. 이석순, 박찬호, 배동호. 1981. 수확시기에 따른 옥수수 부위별 건물중과 사료가치의 변화. *월당 박찬호 박사 회갑기념 논문집*. p. 40.
 34. 이형석, 이인덕. 2000. 수입조사료 사료가치비교 연구. *韓草誌* 20(4):303.
 35. '96한국낙농연감. 1996. 필방. p. 454.
- (접수일자 : 2002. 8. 16 / 채택일자 : 2002. 11. 25)