

사료작물 사일리지의 단백질 분획 및 Borate-phosphate Buffer 추출이 *In vitro* 발효성상, Gas 발생 그리고 분해율에 미치는 효과

Jugdder Shinekhuu* · 김광림* · 지병주* · Xiangzi Li** · 오영균*** · 홍성구*** · 송만강*

충북대학교 농업생명환경대학 축산학과*, 중국 연변대학교 축산학과**, 농촌진흥청 축산과학원***

Protein Fractionation of Whole Crop Silages, and Effect of Borate-phosphate Buffer Extraction on *In vitro* Fermentation Characteristics, Gas Production and Degradation

Judder Shinekhuu*, Guang Lin Jin*, Byung Ju Ji*, Xiangzi Li**, Young Kyoon Oh***, Seong Ku Hong*** and Man Kang Song*

Department of Animal Science, Chungbuk National University*, Department of Animal Science, Yanbian University**, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration***

ABSTRACT

Protein fractionation was evaluated from whole crop silages of rye (RS), wheat (WS), triticale (TS), oat (OS), barley (BS), and rice straw silage (RSS), and *in vitro* trial was carried out to examine the effect of silage and extraction of soluble protein on fermentation characteristics, total gas production and degradation. Soluble protein of silages was extracted with borate-phosphate buffer, and fermentation characteristics, gas production and degradation of silages were estimated by incubating anaerobically the mixed solution of strained rumen fluid and artificial saliva (1:1, v/v) containing dried and ground silages placed in nylon bag at 39°C up to 48h. Soluble protein (SP) content was lowest for RSS as 2.11% in total CP compared to those for other silages. Highest A fraction (NPN) was observed from RS (74.33% of total CP) while those from TS and RSS were relatively low (48%). B₂ fraction was relatively higher for RS, RSS and WS than for TS and BS. B₃ fraction was lowest in WS among silages. C fraction (27.07) in RSS was higher than in other silages (1.40~9.93%). pH in incubation solution was increased (P<0.01~P<0.001) for extracted silages up to 12h but decreased (P<0.01) at 48h for non-extracted ones. Contents of ammonia-N (P<0.001) and total VFA (P<0.01~P<0.001) were higher for non-extracted silages than for extracted ones. Acetate proportion was increased (P<0.001) in buffer extracted silages while those of propionate and butyrate were decreased (P<0.001) up to 24h incubation. Increased (P<0.001) total gas production was obtained from non-extracted silages up to 12h while gas production was increased (P<0.01) in extracted ones thereafter. *In vitro* degradation of dry matter and CP was increased (P<0.001) in non-extracted silages but that of neutral detergent fiber was increased (P<0.001) in extracted ones without difference among silages. Difference in mean values of degradability for each silage prior to- and post extraction with borate buffer, however, was not found among silages. It may be concluded that high NPN content of silages may reduce the protein availability in silages and borate buffer soluble components in silages can stimulate the early stage of fermentation.

(Key words : Whole crop silages, Protein fractionation, Fermentation, Gas production, *In vitro* degradation)

I. 서 론

여전히 높은 국제 곡물가격은 소 사육 농가에 큰 부담을 주고 있는 바, 생산비 절감을 위해서라도 양질 조사료의 생산기반을 구축하고 이용성을 높이는 기술 개발이 필요하다. 그동안 국내에서 주요 조사료 원료로 이용되어온

벼짚은 소화율이나 영양소 함량은 물론 소화율과 기호성까지 낮은 이유로 섬유질 사료로서의 제 기능을 발휘하기 어려웠다(이, 2000). 이러한 이유 때문에 조사료까지 대량 수입하고 있는 실정하기에 반추가축 생산비에 적지 않은 부담을 줄 뿐만 아니라 조사료 수급에도 어려움을 겪고 있다. 이와 같은 상황에서 유향 농경지를 이용하여 사료

이 논문은 2009년도 농촌진흥청 한국가축사양표준 2차 개정 연구(200901OFT072147222) 사업의 연구비 지원에 의해 연구되었음.
Corresponding author : M. K. Song, Department of Animal Science, Chungbuk National University. Tel: 043-261-2544, E-mail: mksong@cgnu.ac.kr

적 가치가 높은 청보리, 호밀 및 트리티케일 등 동계사료 작물의 재배는 반추가축에 양질의 조사료를 공급하고 수입 조사료의 상당 부분을 대체할 수 있어 사료비 절감과 생산성 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 보인다.

국내에서 동계 사료작물의 생산량 확대와 이를 이용한 TMR 형태의 급여 효과에 관한 연구가 지속적으로 진행되어 왔다. 윤과 Kazuo (2000)는 triticale과 밀 그리고 호밀의 수확기 별 영양소 함량을 조사하였으며, 김 등 (2003)도 사일리지 제조용 우량 보리 품종을 선발하기 위해 청보리의 수확 시기별 영양소 함량을 조사, 보고한 바 있다. 또한 박 등 (2008)은 보리, 귀리, 밀, triticale 단위 면적 당 건물 수량과 함께 이들 사료작물의 성분 함량을 기본으로 사료 가치를 평가하였고, 윤과 Kazuo (2000) 및 이와 이 (2006)에 의해 사료작물의 소화율이 평가된 바 있다. 뿐만 아니라, 면양을 대상으로 옥수수과 호밀 등의 사료작물을 이용한 완전혼합사료 (total mixed ration, TMR)의 사료적 가치 (윤과 Kazuo, 2000; 이와 이, 2006)와 이들 TMR이 착유우의 생산성이 미치는 효과 (이 등, 2003)도 조사된 바 있다. 이 밖에도 한우 거세우 (조 등, 2000) 및 흑염소 (황 등, 2008)에 대한 청보리 사일리지의 사료적 가치가 심도 있게 평가됨으로서 국내에서 생산되는 사료작물의 이용성 향상에 대한 전망을 밝게 해준다.

한편, 사일리지의 특성 상 발효과정 중에 단백질이 비단백태질소화합물 (non-protein nitrogen, NPN)으로 전변되는 등의 이유로 사일리지의 사료적 가치가 감소되기도 한다. Song과 Kennelly (1989)는 청보리 사일리지의 수용성 단백질 함량이 총 단백질의 75%에 달하였으며, 이 때문에 청보리 사일리지 TMR 조제 시 젖소의 유생산성을 높이기 위해 케놀라박 등의 단백질 사료로 보충시킬 필요가 있다고 하였다. 그러나 다양한 종류의 사료작물의 생산과 이들 사일리지 TMR의 사료적 가치에 대한 연구가 국내에서 다수 실시되었음에도 불구하고 사일리지 제조 시 나타날 수 있는 문제점 보완을 위한 기초 연구가 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 국내에서 생산되는 여러 종류의 사료작물로 조제된 사일리지의 특성에 관한 기초 자료를 산출하기 위해 단백질을 분획 (fractionation)하고, 발효특성과 발효 시의 gas 발생량 그리고 분해율을 조사하기 위해 *in vitro* 방법으로 실시되었다.

II. 재료 및 방법

1. 시험 사료 및 단백질 분획

본 시험을 위해 2008년에 수확된 호밀 사일리지 (rye silage, RS), 벧짚 사일리지 (rice straw silage, RSS), 소맥 사일리지 (wheat silage, WS), 트리티케일 사일리지 (triticale

silage, TS), 청보리 사일리지 (barley silage, BS) 및 귀리 사일리지 (oat silage, OS)를 사용하였다. 사일리지 내 buffer 가용성 질소 (soluble protein, SP)와 중성세제 불용성단백질 (neutral detergent insoluble protein, NDIP)과 산성세제 불용성단백질 (acid detergent insoluble protein, ADIP), 그리고 비단백질태 질소화합물 (non-protein nitrogen, NPN) 함량 등은 Licitra 등 (1996)의 방법에 따라 분석하였다.

사일리지 내의 가용성 단백질 추출을 위한 borate-phosphate buffer는 monosodium phosphate ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 12.2g과 sodium tetraborate ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 8.91g 그리고 tertiary butyl alcohol 100 ml를 혼합한 다음 증류수를 첨가하여 1L가 되도록 준비하였다. Borate-phosphate buffer를 이용한 가용성 단백질 추출 과정은 다음과 같다. 먼저, 여러 종류의 사일리지를 60°C의 forced air drying oven에서 72시간 건조한 다음 1mm의 크기로 분쇄한 후 0.5g을 취하여 125ml 삼각플라스크에 넣고, 여기에 40ml borate-phosphate buffer (pH 6.8) 및 1ml의 10% azide solution을 넣은 후 실온에서 약 3시간 동안 shaking하여 가용성 단백질을 추출하였다. 그런 다음 Whatman #54 filter paper로 여과하였으며, 남은 시료는 증류수로 깨끗이 세척한 후 60°C의 forced air drying oven에서 48시간 건조한 다음 시료의 무게를 측정하였다. 그 후 추출된 용액과 추출 후의 시료 내 buffer 불용성 단백질 (insoluble protein, ISP) 함량은 Kjeldahl 방법에 의하여 분석하였다. 사일리지의 NDIP 함량은 Van Soest 등 (1991)의 방법에 준하여 Licitra 등 (1996)이 제안한 방법에 따라 sodium sulfide가 포함되지 않은 neutral detergent fiber (NDF) 용액으로 분석하였다. 사일리지 내 ADIP 함량은 Van Soest 등 (1991)의 방법에 준하여 분석하였다.

사일리지 내 NPN 함량은 다음과 같은 방법으로 조사하였다. 즉, 앞에서와 같이 여러 종류의 사일리지를 건조, 분쇄한 다음 0.5 g을 취하여 125 ml 삼각플라스크에 넣고 여기에 증류수 50 ml를 더했다. 그 후 8 ml의 10% sodium tungstic acid 용액을 넣은 다음 25~30°C에서 30분간 방치한 후 10 ml의 0.5 M sulfuric acid를 첨가하여 용액의 pH를 2로 조정하여 overnight 시켰다. 그런 다음 Whatman #54 filter paper로 여과하였으며, 남은 시료는 증류수로 깨끗이 세척한 후 60°C의 forced air drying oven에서 48시간 건조한 다음 시료의 무게를 측정하고 질소 (N) 함량을 분석하였다. 사일리지의 NPN 함량은 총 질소 함량에서 여과시킨 후 남은 시료의 질소 함량을 감하여 계산하였는데, 이 때 여과시킨 후의 시료에는 sodium tungstic acid 용액에 의해 침전된 순단백질 (true protein, TP)이 포함된 것으로 간주하였다 (Licitra 등, 1996).

Borate-phosphate buffer를 이용한 SP 조사와 NDIP 및 ADIP 함량 분석, 그리고 sodium tungstic acid 용액에 의한

NPN 함량 측정을 통하여 사일리지 내 단백질을 분획 (%)은 Licitra 등 (1996)의 방법에 따라 다음과 같이 계산하였다.

A fraction = buffer 가용성 단백질 (SP)

B₁ fraction = SP-NPN,

B₂ fraction) = 100-(SP+NDIP),

B₃ fraction = NDIP-ADIP,

C fraction = ADIP

사일리지의 borate buffer 추출 및 단백질 분획은 각 회당 2반복으로 동일한 조건에서 2회 걸쳐 조사되었다.

2. 시험 사료의 *in vitro* 분해율 조사

In vitro 배양을 위해 반추위 누관이 장착된 Holstein 암소 3두에서 아침 사료 급여 2시간 후에 반추위 내용물을 채취하였다. 사료는 1일 10 kg (건물기준)의 젖소 건유기용 시판 배합사료와 세절한 볏짚을 60:40의 비율 (건물 기준)로 혼합한 다음 5 kg씩 동일한 양으로 나누어 아침 (08:00)과 저녁 (18:00)에 급여하였다. 배합사료의 조단백질, 조지방 및 TDN 함량은 각각 14.6, 3.98 및 72%였고 볏짚의 경우 조단백질, 조지방, 및 NDF 함량은 각각 3.43, 2.45 및 73.5%였다 (건물 기준). 3두의 소로부터 채취된 반추위 내용물을 동일한 무게 비율로 혼합한 후 4겹의 거즈로 거른 다음, 다시 반추위 내용물과 위액을 1:2의 비율로 혼합하고 사료에 부착된 미생물을 분리시키기 위해 Waring blender (Fisher 14-509-1)로 3분간 blending 하였다. 이후, 반추위 내용물을 6겹의 거즈로 걸러 배양을 위한 반추위액으로 이용하였으며, 준비된 반추위액은 30초간 고순도의 CO₂ gas로 충전한 다음 항온수조에서 39°C 온도를 유지하였다.

여과한 반추위액과 L 당 2.0g NaCl, 0.5 g (NH₄)₂SO₄, 1.0g K₂HPO₄, 1.0g KH₂PO₄, 0.265g CaCl₂·2H₂O 및 0.409g MgSO₄·7H₂O이 포함된 인공 타액 (McDougall, 1948)를 1:1 (v/v)의 비율로 혼합하여 배양액으로 이용하였으며, 배양이 시작될 때까지 항온수조를 이용하여 39°C로 유지시켰다. Borate-phosphate buffer 추출 전·후의 건조시킨 사일리지를 1mm 크기로 분쇄한 다음 약 3g을 nylon bag (5 × 10 cm)에 넣고 bag 고정 장치가 연결된 고무마개를 이용하여 삼각플라스크 (500 ml) 안에 고정하였다. 그 후 준비된 배양액(300 ml)을 각각의 배양용 플라스크에 넣은 후 진탕배양기(VS-8480SR)를 이용하여 39°C에서 48시간동안 배양을 하였다. 배양기간 동안 진탕속도는 135 times/min으로 유지하였다. 사일리지의 *in vitro* 분해율은 동일한 조건에서 반복 당 2회로 3회에 걸쳐 조사되었다.

3. 사료의 채취 및 분석

발효특성을 조사하기 위해 배양 개시 후 1, 3, 6, 12, 24 및 종료 시 (48시간)에 배양액을 채취하였으며, 채취 즉시 pH를 측정하였다. 또한 휘발성지방산 (VFA) 분석을 위해 0.8ml 배양액에 0.2ml의 25% phosphoric acid를 첨가하고 분석 시까지 -20°C에서 냉동 보관하였다. 시험사료 (사일리지)의 일반성분은 AOAC (1991) 방법에 따라 분석하였으며, NDF 및 ADF 함량은 Van Soest 등 (1991)이 제시한 방법에 따라 분석하였다.

배양액의 ammonia-N의 농도는 Faweett과 Scott (1960)의 방법을 이용하여 spectrophotometer (Berkman, DU-650)로 분석하였다. 또한 휘발성지방산 (volatile fatty acid, VFA)은 냉동 보관된 시료를 해동한 다음 internal standard로 0.2ml의 2% pivalic acid를 넣어 잘 혼합하고 12,000 × g에서 15분간 원심분리 한 후, 상층액을 취하여 30 m capillary column (NUKOL™, 0.25 mm I.d., Supelco Co.)이 장착된 gas chromatograph (GC, HP5890 series II, Hewlett Packard Co.)로 분석하였다. Total gas 발생량은 배양에 사용된 삼각플라스크 고무마개에 연결된 3-way stopcock를 통하여 50 ml 유리주사기로 측정하였다.

4. 통계 분석

본 실험에서 조사된 모든 성적은 SAS (2002)의 GLM procedure를 통하여 분산분석을 실시하였고, 추출 전 후에 관계없이 사료 간 비교와 추출 effect 및 사일리지 effect는 Duncan's multiple range test (1955)에 의하여 유의성을 검정하였다.

III. 결 과

1. 사일리지의 성분 분석 및 단백질 분획

본 시험에 사용된 6종 사일리지의 주요 성분 함량 (건물 기준)은 Table 1에서와 같다. 조단백질 (crude protein, CP) 함량 (DM basis)은 호밀 (RS, 9.76%)과 밀 (WS, 8.29%), 트리티케일 (TS, 7.31%), 청보리 (BS, 9.93%) 및 귀리 (OS, 9.92%) 사일리지에서 비교적 높은 반면 볏짚 (RSS, 3.94%) 사일리지에서 가장 낮았다. 이러한 경향은 조지방 및 유기물 함량에서도 비슷하여 RSS에서 각각 1.70% 및 85.39%로 가장 낮았다. 그러나 다른 사일리지의 NDF (56.52%~72.34%) 및 ADF (32.44%~42.39%) 함량에 비하여 RSS 내의 함량이 각각 74.86% 및 47.22%로 비교적 높은 수준이었다.

Buffer 추출 후 조사된 사일리지의 단백질 분획 (fractionation, 건물 기준)은 Table 2에서와 같다. 먼저, 각 사일리지의 총 CP 함량 중 borate-phosphate buffer에 추출

Table 1. Chemical composition of various crop silages

Items ¹⁾	Silages ²⁾ (% DM basis)					
	RS	RSS	WS	TS	BS	OS
DM	38.02	55.12	45.62	46.72	42.81	36.35
CP	9.76	3.94	8.29	7.31	9.93	9.92
EE	3.49	1.70	2.93	4.23	4.60	5.79
NDF	66.51	74.86	56.52	72.34	67.89	69.09
ADF	40.68	47.22	32.44	42.39	38.82	38.64
OM	92.14	85.39	94.19	92.93	91.86	91.60

¹⁾ DM, dry matter; CP, crude protein; EE, ether extract; NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber; OM, organic matter.

²⁾ RS, rye silage; RSS, rice straw silage; WS, wheat silage; TS, triticale silage; BS, barley silage; OS, oat silage.

Table 2. Protein fractionation of various silages

Silages ¹⁾	Buffer solubility (% DM) ²⁾		Protein fraction (% of total CP) ³⁾				
	SP	IP	A	B ₁	B ₂	B ₃	C
RS	7.95	1.82	74.33	7.10	9.63	7.57	1.40
RSS	2.11	1.83	48.59	5.02	8.89	10.52	27.07
WS	6.82	1.47	63.23	19.01	7.03	4.00	4.61
TS	5.88	1.43	48.58	31.94	1.45	15.20	2.95
BS	7.82	2.11	53.11	25.64	2.13	9.24	9.93
OS	8.06	1.86	66.36	14.85	5.72	5.99	7.09

¹⁾ Silages were referred to Table 1.

²⁾ SP, borate-phosphate buffer soluble protein; IP, buffer insoluble protein.

³⁾ A, NPN; B₁, SP-NPN; B₂, 100-SP-NPN; B₃, NDIP-ADIP; C, ADIP.

된 soluble CP (SP)의 경우 RSS의 2.11%에 비하여 RS (7.95%), WS (6.82%), TS (5.88%), BS (7.82%) 및 OS (8.06%)에서 높은 수준이었다. 또한 Licitra 등 (1996)의 방법에 의해 산출된 단백질 fraction을 보면, NPN에 해당되는 A fraction은 RS (74.33%)에서 가장 큰 값을 보였으며, 그 다음으로는 OS (66.36%), WS (63.23%), 그리고 BS (53.11%)의 순이었고 TS 및 RSS의 NPN 함량은 48% 정도로 비교적 낮은 수준이었다. 이에 따라 TS (31.94%)와 BS (25.64%) 그리고 WS (19.01%)에서 순단백질 (TP, B₁ fraction) 함량이 비교적 높은 것으로 나타났다. Buffer 불용성 단백질 (IP) 중 ND 용액으로 추출될 수 있는 B₂ fraction은 RS (9.63%), RSS (8.89%), WS (7.03%) 및 OS (5.72%)에서 비교적 높았던 반면 TS (1.45%)와 BS (2.13%)에서 매우 낮았다. 이와는 달리 AD 용액으로 추출된 단백질 (B₃ fraction)은 WS (4%)를 제외하고는 다른 사일리지에서 5.99~15.20%의 함량을 보였다. 불용성 단백질 중 체내 이용성이 거의 없는 것으로 알려지는 C fraction은 볏짚 사일리지 (RSS)에서 27.07%

로 다른 종류의 사일리지 (1.40~9.93%)에 비하여 현저히 높은 수준을 보였다.

2. 사일리지의 *in vitro* 발효특성, gas 발생량 및 분해율

여러 종류 사일리지의 배양시간에 따른 배양액의 pH의 변화는 Table 3에서 보는 바와 같다. Borate-phosphate buffer 추출 전·후의 모든 사일리지는 배양시간이 길어짐에 따라 배양액의 pH가 지속적으로 낮아졌다. 또한 배양 12시간 까지는 추출 전에 비하여 추출 후의 사일리지 배양액에서 높은 ($P<0.01$ ~ $P<0.001$) pH를 보였으나 시험이 종료되는 48시간에는 오히려 추출 전의 사일리지 배양액의 pH가 낮았다 ($P<0.01$).

Buffer 추출 전·후의 모든 사일리지에서 배양시간이 길어짐에 따라 배양액의 ammonia-N 농도 지속적으로 증가 되었으며, 예상된 바와 같이 모든 사일리지에서 추출 전의 농도가 추출 후의 농도에 비하여 현저히 ($P<0.01$ ~

Table 3. Effects of buffer extraction of silages¹⁾ on pH of incubation solution

Time (h)	Before buffer extraction						After buffer extraction						SEM ²⁾	Pr>F ³⁾	Effect ⁴⁾	
	RS	RSS	WS	TS	BS	OS	RS	RSS	WS	TS	BS	OS			EE	SE
1	6.85 ^{ab}	6.97 ^a	6.48 ^{ab}	6.85 ^{ab}	6.88 ^{ab}	6.87 ^{ab}	6.97 ^a	6.94 ^a	6.91 ^a	6.97 ^a	6.97 ^a	6.97 ^a	0.023	0.238	**	NS
3	6.66 ^{ab}	6.79 ^a	6.47 ^{ab}	6.61 ^{ab}	6.68 ^{ab}	6.67 ^{ab}	6.82 ^a	6.83 ^a	6.74 ^a	6.84 ^a	6.79 ^a	6.83 ^a	0.038	0.033	**	NS
6	6.52 ^{ab}	6.65 ^{ab}	6.30 ^c	6.48 ^{ab}	6.51 ^{ab}	6.54 ^{ab}	6.70 ^{ab}	6.70 ^{ab}	6.61 ^{ab}	6.72 ^a	6.78 ^{ab}	6.73 ^a	0.114	0.003	***	NS
12	6.45 ^{ab}	6.43 ^{ab}	6.20 ^b	6.33 ^{bc}	6.39 ^{ab}	6.44 ^{ab}	6.56 ^a	6.57 ^a	6.48 ^{ab}	6.54 ^a	6.52 ^a	6.56 ^a	0.036	0.167	***	NS
24	6.35 ^{ab}	6.49 ^{ab}	6.10 ^c	6.24 ^{ab}	6.30 ^{ab}	6.34 ^{ab}	6.33 ^{ab}	6.40 ^{ab}	6.32 ^{ab}	6.32 ^{ab}	6.31 ^a	6.38 ^{ab}	0.025	0.016	NS	NS
48	6.28 ^{ab}	6.39 ^{ab}	6.06 ^c	6.16 ^{bc}	6.24 ^{ab}	6.28 ^{ab}	6.15 ^{bc}	6.25 ^{abc}	6.17 ^{bc}	6.07 ^c	6.15 ^{bc}	6.16 ^{bc}	0.027	0.053	**	NS

¹⁾ Silages were referred to Table 1.

²⁾ SEM, Standard error of means.

^{ab,c} Means in the same row with different superscripts differ.

³⁾ Pr>F, Probability level.

⁴⁾ EE, Buffer extraction effect; SE, Silage source effect.

, P<0.01; *P<0.001; NS, non significant.

P<0.001) 높은 것으로 나타났다 (Table 4). 그러나 배양액의 ammonia-N 농도는 buffer 추출 전 및 추출 후 사일리지에 의한 영향을 받지 않았다.

Buffer 추출 전 및 추출 후 사일리지 배양액의 총 VFA 농도와 각각의 VFA 조성 비율은 Table 5에서 보는 바와 같다. Buffer 추출 전에는 모든 사일리지 배양액에서 배양 시간이 길어질수록 총 VFA 농도가 감소하였으나 추출 후의 경우 다소 증가되었을 뿐이었다. 또한 모든 사일리지의 배양시간 별 농도를 보면 추출 후에 비하여 추출 전의

VFA 농도가 현저히 증가되었다 (P<0.01 ~ P<0.001). 그러나 VFA 농도에서 사일리지간의 차이가 없는 것으로 나타났다. Acetate의 조성 비율을 보면, buffer 추출 전에 비하여 배양 24시간까지 추출 후 모든 사일리지에서 높았던 (P<0.01 ~ P<0.001) 반면 propionate와 butyrate 비율은 배양 24시간까지 추출 전에 더 높은 (P<0.001) 것으로 나타났다.

여러 종류의 사일리지를 총 48시간까지 배양했을 때 총 gas 발생량을 측정할 때 Table 6에서와 같다. 즉, 배양 12시간까지는 buffer 추출 전의 사일리지로부터 더 많은

Table 4. Effects of borate buffer extraction of silages¹⁾ on concentration (mg/100ml) of ammonia-N in incubation solution

Time (h)	Before buffer extraction						After buffer extraction						SEM ²⁾	Pr>F ³⁾	Effect ⁴⁾	
	RS	RSS	WS	TS	BS	OS	RS	RSS	WS	TS	BS	OS			EE	SE
1	11.46	9.22	10.70	11.05	10.98	11.90	9.06	8.51	9.00	9.24	8.94	8.71	5.35	0.652	**	NS
3	15.61 ^{ab}	10.95 ^{ab}	12.33 ^{ab}	13.14 ^{ab}	14.74 ^{ab}	16.89 ^a	8.66 ^b	8.62 ^b	9.05 ^b	8.97 ^b	9.16 ^b	9.11 ^b	14.571	0.093	***	NS
6	19.38 ^a	13.77 ^{ab}	13.28 ^{ab}	15.23 ^{ab}	15.74 ^{ab}	17.52 ^a	9.81 ^b	9.79 ^b	9.58 ^b	10.01 ^b	9.85 ^b	10.72 ^b	12.662	0.016	***	NS
12	24.18 ^a	18.23 ^{abc}	16.11 ^{bc}	18.35 ^{abc}	20.46 ^{ab}	23.02 ^a	12.21 ^{cd}	12.16 ^{cd}	12.05 ^{cd}	11.19 ^d	12.52 ^{cd}	12.34 ^{cd}	10.789	0.0001	***	NS
24	32.77 ^a	25.26 ^a	24.45 ^{ab}	25.80 ^a	28.01 ^a	30.41 ^a	15.56 ^{bc}	15.82 ^{bc}	16.49 ^{bc}	14.61 ^c	16.00 ^{bc}	15.97 ^{bc}	4.789	0.0002	NS	NS
48	39.66 ^a	31.60 ^{abc}	30.75 ^{abc}	32.33 ^{ab}	34.33 ^a	36.46 ^a	20.02 ^c	21.23 ^{bc}	22.56 ^{bc}	19.74 ^c	22.73 ^{bc}	21.94 ^{bc}	6.149	0.002	**	NS

¹⁾ Silages were referred to Table 1.

²⁾ SEM, Standard error of means.

^{ab,c} Means in the same row with different superscripts differ.

³⁾ Pr>F, Probability level.

⁴⁾ EE, Buffer extraction effect; SE, Silage source effect.

, P<0.01; *P<0.001; NS, non significant.

Table 5. Effects of buffer extraction of silages¹⁾ on concentration and proportion of VFA in incubation solution

Items ²⁾	Before buffer extraction						After buffer extraction						SEM ³⁾	Pr>F ⁴⁾	Effect ⁵⁾	
	RS	RSS	WS	TS	BS	OS	RS	RSS	WS	TS	BS	OS			EE	SE
..... 1 h post incubation																
TVFA	80.66	70.65 ^{bc}	83.88 ^a	80.23 ^{ab}	85.52 ^a	66.85 ^c	41.54 ^d	39.64 ^d	43.43 ^d	42.31 ^d	41.00 ^d	39.38 ^d	5.045	0.0001	***	NS
Molar proportion (mmoles/100mmoles)																
C ₂	33.37 ^b	34.75 ^b	38.87 ^b	32.49 ^b	32.54 ^b	32.00 ^b	42.37 ^a	43.37 ^a	42.25 ^a	42.48 ^a	41.89 ^a	43.68 ^a	4.235	0.0001	**	NS
C ₃	14.93 ^a	14.84 ^a	15.70 ^a	16.21 ^a	15.34 ^a	16.60 ^a	11.61 ^b	11.78 ^b	11.44 ^b	11.43 ^b	11.16 ^b	11.16 ^b	0.779	0.0001	***	NS
C ₄	46.65 ^a	45.62 ^a	45.73 ^a	45.99 ^a	46.11 ^a	47.26 ^a	36.27 ^b	34.74 ^b	37.26 ^b	36.51 ^b	36.69 ^b	35.82 ^b	3.014	0.02	***	NS
C ₂ /C ₃	2.23 ^b	2.34 ^b	2.09 ^b	2.00 ^b	2.11 ^b	2.09 ^b	3.65 ^a	3.68 ^a	3.70 ^a	3.72 ^a	3.75 ^a	3.80 ^a	0.211	0.0001	***	NS
..... 3 h post incubation																
TVFA	93.72 ^a	76.75 ^{ab}	97.43 ^a	86.68 ^a	88.63 ^a	89.19 ^a	39.36 ^c	39.35 ^c	39.78 ^c	40.24 ^c	39.02 ^c	60.52 ^{bc}	0.760	0.0001	***	NS
Molar proportion (mmoles/100mmoles)																
C ₂	30.42 ^b	35.06 ^b	33.24 ^b	33.78 ^b	31.32 ^b	35.58 ^b	44.85 ^a	46.24 ^a	42.24 ^a	45.17 ^a	42.76 ^a	44.66 ^a	8.750	0.0001	***	NS
C ₃	14.53 ^a	15.16 ^a	15.29 ^a	15.43 ^a	15.40 ^a	15.24 ^a	11.23 ^b	11.54 ^b	10.94 ^b	11.16 ^b	11.18 ^b	11.12 ^b	2.154	0.0001	***	NS
C ₄	48.84 ^a	45.92 ^a	47.50 ^a	46.99 ^a	47.11 ^a	47.11 ^a	33.76 ^b	33.62 ^b	37.67 ^b	34.61 ^b	35.75 ^b	34.25 ^b	2.426	0.0001	***	NS
C ₂ /C ₃	2.09 ^b	2.30 ^b	2.17 ^b	2.18 ^b	2.04 ^b	2.13 ^b	3.99 ^a	4.01 ^a	3.87 ^a	4.04 ^a	3.84 ^a	4.02 ^a	0.305	0.0001	***	NS
..... 6 h post incubation																
TVFA	94.51 ^b	92.63 ^b	107.28 ^a	101.21 ^{ab}	105.75 ^a	101.8 ^{ab}	41.79 ^c	40.57 ^c	44.26 ^c	40.08 ^c	43.60 ^c	43.54 ^c	4.742	0.0001	***	NS
Molar proportion (mmoles/100mmoles)																
C ₂	33.68 ^b	31.95 ^b	31.28 ^b	31.96 ^b	30.21 ^b	30.54 ^b	44.43 ^a	44.99 ^a	40.92 ^a	44.56 ^a	42.90 ^a	43.83 ^a	2.352	0.0001	**	NS
C ₃	13.79 ^a	13.45 ^a	14.23 ^a	14.02 ^a	13.41 ^a	14.55 ^a	11.36 ^b	11.44 ^b	10.14 ^b	11.08 ^b	10.81 ^b	10.74 ^b	0.757	0.0005	***	NS
C ₄	47.76 ^a	48.17 ^a	48.27 ^a	49.12 ^a	50.49 ^a	48.02 ^a	35.33 ^b	34.82 ^b	38.85 ^b	35.38 ^b	37.15 ^b	36.86 ^b	2.971	0.0002	***	NS
C ₂ /C ₃	2.45 ^a	2.37 ^b	2.19 ^b	2.28 ^b	2.25 ^b	2.09 ^b	3.91 ^a	3.93 ^a	3.82 ^a	4.02 ^a	3.98 ^a	4.10 ^a	1.575	0.0001	***	NS
..... 12 h post incubation																
TVFA	90.04 ^a	89.70 ^a	106.55 ^a	109.21 ^a	111.84 ^a	106.34 ^a	45.92 ^b	45.33 ^b	50.34 ^b	47.63 ^b	50.94 ^b	46.68 ^b	9.345	0.0001	***	NS
Molar proportion (mmoles/100mmoles)																
C ₂	35.38 ^{abc}	34.04 ^c	32.30 ^c	32.03 ^c	32.03 ^c	32.32 ^c	42.20 ^a	41.66 ^{ab}	38.35 ^{abc}	41.94 ^{ab}	40.48 ^{ab}	42.36 ^a	2.960	0.007	***	NS
C ₃	12.25 ^a	13.84 ^a	14.29 ^a	13.34 ^a	13.72 ^a	14.43 ^a	11.15 ^b	11.51 ^b	10.66 ^b	11.44 ^b	10.99 ^b	11.06 ^b	0.960	0.0001	***	NS
C ₄	48.37 ^{ab}	46.64 ^a	47.89 ^{ab}	47.81 ^{ab}	49.03 ^a	47.36 ^{ab}	39.35 ^c	38.05 ^c	41.44 ^{bc}	37.23 ^c	39.12 ^c	37.41 ^c	2.969	0.003	***	NS
C ₂ /C ₃	2.97 ^b	2.52 ^b	2.26 ^b	2.23 ^b	2.32 ^b	2.23 ^b	3.78 ^a	3.61 ^a	3.59 ^a	3.66 ^a	3.68 ^a	3.83 ^a	0.229	0.0001	***	NS
..... 24 h post incubation																
TVFA	115.03 ^a	120.29 ^a	130.23 ^a	127.08 ^a	121.93 ^a	106.66 ^a	50.78 ^b	53.58 ^b	56.96 ^b	53.93 ^b	56.87 ^b	55.23 ^b	9.845	0.0001	***	NS
Molar proportion (mmoles/100mmoles)																
C ₂	33.74 ^{abc}	26.42 ^c	31.09 ^{bc}	30.09 ^{bc}	30.10 ^{bc}	32.93 ^{abc}	40.08 ^a	36.60 ^a	36.89 ^{ab}	39.50 ^a	37.89 ^{ab}	39.41 ^{ab}	3.815	0.035	***	NS
C ₃	13.33 ^{ab}	13.40 ^{ab}	12.86 ^{ab}	13.44 ^{ab}	13.36 ^{abc}	14.08 ^a	12.09 ^{abcd}	11.71 ^{bcd}	10.82 ^d	12.33 ^{abcd}	13.36 ^{abc}	11.59 ^{bcd}	0.855	0.026	***	NS
C ₄	47.28 ^{abc}	50.76 ^a	48.61 ^{ab}	50.07 ^a	50.52 ^a	47.71 ^{bc}	37.50 ^d	39.12 ^{dc}	41.57 ^{abcd}	38.78 ^{dc}	40.33 ^{dc}	38.60 ^{dc}	3.785	0.012	***	NS
C ₂ /C ₃	2.52 ^b	2.13 ^c	2.84 ^{bc}	2.24 ^{bc}	2.25 ^{bc}	2.33 ^{cb}	3.13 ^a	3.37 ^a	3.41 ^a	3.20 ^a	3.34 ^a	3.39 ^a	0.227	0.0001	***	NS
..... 48 h post incubation																
TVFA	118.45 ^a	116.35 ^a	130.31 ^a	124.40 ^a	122.41 ^a	120.13 ^a	58.35 ^b	58.29 ^b	63.03 ^b	59.13 ^b	59.78 ^b	59.11 ^b	6.959	0.0001	**	NS
Molar proportion (mmoles/100mmoles)																
C ₂	34.79	35.56	33.11	32.41	33.11	32.17	36.45	35.91	34.16	35.8	34.87	36.68	2.769	0.6360	**	NS
C ₃	13.43	13.19	13.67	13.96	14.00	14.19	12.58	12.20	11.09	12.61	11.96	11.69	1.038	0.147	***	NS
C ₄	46.24	47.74	47.94	47.92	45.95	47.68	39.89	40.67	42.80	40.45	42.22	40.00	3.281	0.100	***	NS
C ₂ /C ₃	2.58 ^{dc}	2.47 ^{dc}	2.33 ^{dc}	2.32 ^{de}	2.36 ^{dc}	2.25 ^c	2.89 ^a	2.95 ^{ab}	3.07 ^{ab}	2.84 ^{bc}	2.91 ^{ab}	3.14 ^{ab}	0.119	0.0001	***	NS

1) Silages were referred to Table 1.

2) TVFA, total VFA; C₂, acetate; C₃, propionate; C₄, butyrate.

3) SEM, Standard error of means.

4) Pr>F, Probability level.

5) EE, Buffer extraction effect; SE, Silage source effect.

a,b,c Means in the same row with different superscripts differ.

, P<0.01; *P<0.001; NS, non significant.

Table 6. Effects of buffer extraction of silages¹⁾ on total gas production by incubation time

Time (h)	Before buffer extraction (ml)						After buffer extraction (ml)						SEM ²⁾	Pr<F ³⁾	Effects ⁴⁾	
	RS	RSS	WS	TS	BS	OS	RS	RSS	WS	TS	BS	OS			EE	SE
1	51.50 ^{ab}	39.25 ^b	69.00 ^a	57.25 ^{ab}	57.25	53.75 ^b	37.75 ^b	36.25 ^b	45.50 ^{ab}	32.00 ^b	36.25 ^b	31.25 ^b	12.096	0.129	**	NS
3	45.25 ^b	28.75 ^{bc}	68.25 ^a	46.500 ^b	47.00 ^b	44.00 ^b	21.25 ^c	29.25 ^{bc}	22.50 ^c	21.25 ^c	23.00 ^c	19.25 ^c	8.040	0.001	***	NS
6	54.00 ^b	35.500 ^{cd}	69.500 ^a	53.75 ^b	55.00 ^b	49.00 ^{bc}	29.50 ^d	33.25 ^d	30.00 ^d	33.75 ^d	38.500 ^{cd}	26.25 ^d	6.500	0.0004	***	NS
12	67.00 ^{abc}	56.75 ^c	92.75 ^a	90.75 ^a	83.25 ^{abc}	87.75 ^{ab}	62.50 ^{bc}	66.25 ^{abc}	69.75 ^{abc}	78.50 ^{abc}	74.00 ^{abc}	75.25 ^{abc}	10.820	0.095	***	NS
24	85.00 ^{abc}	60.00 ^c	71.25 ^{bc}	81.25 ^{abc}	71.25 ^{bc}	83.25 ^{abc}	115.50 ^a	101.25 ^{ab}	90.75 ^{abc}	95.00 ^{abc}	99.25 ^{abc}	90.50 ^{abc}	16.275	0.178	NS	NS
48	86.75	83.25	78.00	81.25	77.50	73.75	95.50	99.00	74.75	114.00	83.50	86.75	18.119	0.624	**	NS

1) Silages were referred to Table 1.
 2) SEM, Standard error of means.
 a,b,c Means in the same row with different superscripts differ.
 3) Pr>F, Probability level.
 4) EE, Buffer extraction effect; SE, Silage source effect.
 , P<0.01; *P<0.001; NS, non significant.

Table 7. Effect of borate buffer extraction of silages on *in vitro* degradability for 48h incubation

Items	Before buffer extraction (% DM basis)						After buffer extraction (% DM basis)						SEM ¹⁾	Pr>F ²⁾	Effect ³⁾	
	RS	RSS	WS	TS	BS	OS	RS	RSS	WS	TS	BS	OS			EE	SE
DM	49.61 ^{ab}	32.39 ^{cd}	52.26 ^a	47.63 ^{abc}	52.25 ^a	46.74 ^{abc}	34.49 ^{de}	31.64 ^e	36.50 ^{de}	36.48 ^{de}	36.67 ^{cde}	41.26 ^{bcd}	4.820	0.0001	***	NS
CP	75.01 ^b	47.12 ^d	80.19 ^{ab}	82.78 ^a	83.54 ^a	85.34 ^a	49.87 ^d	15.78 ^d	57.69 ^c	49.62 ^d	52.59 ^{cd}	52.41 ^{cd}	3.775	0.0001	***	NS
NDF	26.24 ^{abc}	19.14 ^c	24.10 ^{bc}	33.11 ^{ab}	34.27 ^{ab}	29.37 ^{abc}	34.67 ^{ab}	33.09 ^{ab}	30.41 ^{abc}	35.75 ^{ab}	38.63 ^a	39.97 ^a	6.221	0.020	***	NS

1) SEM, Standard error of means.
 a,b,c Means in the same row with different superscripts differ.
 2) Pr>F, Probability level.
 3) EE, Buffer extraction effect; SE, Silage source effect.
 ***P<0.001; NS, non significant.

(P<0.01 ~ P<0.001) 양의 gas가 발생되었지만 그 후로 (24 ~ 48시간)는 오히려 buffer로 추출된 후의 사일리지에서 발생량이 더 많은 (P<0.01) 것으로 나타났다. 그러나 사일리지간의 차이는 발견하지 못했다.

Nylon bag을 이용하여 buffer 추출 전·후의 사일리지에 대한 *in vitro* 분해율을 조사한 바 Table 7에서와 같다. 즉, 추출 후에 비하여 추출 전 사일리지의 건물(DM)과 CP 분해율이 현저히 (P<0.001) 높았으나 NDF 분해율의 경우 오히려 추출 후의 사일리지에서 높게 (P<0.001) 나타났다. 또한 buffer 추출 전 분해율에서는 다른 종류의 사일리지에 비하여 볏짚 사일리지의 건물, 조단백질 및 NDF 분해율이 상대적으로 낮았으며, 추출 후의 경우 볏짚의 조단백질 분해율이 가장 낮은 것으로 나타났다. 그러나 각 사일리지에 대한 추출 전후의 평균 분해율을 비교할 경우

사일리지간 차이가 없었다.

IV. 고 찰

국내에서 생산된 여러 종류의 사일리지의 단백질 분해를 조사한 예는 없다. 이에 따라 본 시험에서는 먼저 사일리지의 성분을 분석하고 (Table 1) 아울러 Licitra 등 (1996)의 방법에 따라 사일리지 내의 단백질 분해를 시도하였다. 뿐만 아니라, borate-phosphate buffer로 가용성 단백질과 불용성 단백질 함량을 측정하고 추출 전 후의 사일리지에 대하여 *in vitro* 방법으로 발효특성과 발효과정 중에 발생하는 gas 량 그리고 분해율을 조사하였다.

주지하는 바와 같이, 사일리지의 양질의 조사료에 해당됨에도 불구하고 일반적으로 단백질에 관한 한 손실이 불

가피한 것으로 알려지고 (Song과 Kennelly, 1989) 있는 바, 이는 사일리지 제조 시 발효로 인하여 다량의 단백질이 NPN으로 전변되기 때문이다. 본 시험에서 조사한 바, CP 함량이 낮은 벧짚 사일리지 (RSS)의 borate-phosphate buffer 가용성 CP 함량이 총 CP 함량의 53.4%로 비교적 낮았지만 그 밖의 사일리지에는 80% 정도에 달할 만큼 높은 것으로 조사되었다 (Table 2). 또한 buffer 가용성 CP 함량 중 NPN에 해당되는 A fraction이 RSS와 TS 및 BS에서 약 48~53% 정도로 비교적 낮았던 반면 그 밖의 사일리지에서는 63%를 상회하였다 (Table 2). 그러나 벧짚 사일리지 (RSS)의 경우 사실상 체내에서 이용이 불가능한 것으로 알려지는 C fraction이 무려 27% 정도로 높아 벧 수확 후 곤포 형태로 발효시켰다 하더라도 조사료 자원으로의 사료적 가치는 여전히 낮은 것으로 여겨진다. 일찍이 Song과 Kennelly (1989)는 청보리 사일리지의 수용성 단백질 함량이 총 단백질의 75%에 달하였으며, 케놀라박으로 청보리 사일리지의 단백질 함량을 높여 유생산성을 개선시켰다고 보고하였다. 그동안 국내에서도 여러 종류의 사료작물에 대한 생산 시기 (윤과 Kazuo, 2000; 김 등(2003)와 사료작물 종류에 따른 영양소 함량 (박 등, 2008)을 조사한 바 있다. 윤과 Kazuo (2000)는 triticale, 밀 그리고 호밀 중에서 밀의 NDF 함량이 가장 낮았다고 하여 본 시험의 동일한 사일리지에서와 같은 경향을 보였다. 박 등 (2008) 역시 보리, 귀리, 밀 및 triticale 중 밀의 NDF와 ADF 함량이 가장 낮았고, TDN 함량은 69.1%로 가장 높아 기타 동계 사료작물에 비하여 사료가치가 가장 높았다고 하였다.

In vitro 시험을 통하여 borate-phosphate buffer로 추출 전 및 추출 후의 사일리지 발효특성과 gas 발생량 및 분해율을 조사하였는데, 측정 시간별 배양액의 pH (Table 3)를 보면, 사일리지 종류에 따른 차이는 없었으나 buffer 가용성 물질이 포함된 추출 전의 사일리지에서 배양 12시간 까지 낮은 pH를 보이다가 배양 후기 (48 시간)에는 오히려 추출 후의 사일리지에서 낮은 pH를 보였다. 그러나 추출 전의 벧짚 사일리지 배양액에서 다소 높은 경향의 pH를 보였는데, 이 (2000)는 벧짚의 물리적 특성으로 인하여 NDF의 분해속도가 느리기 때문에 반추위액의 pH가 높은 수 있다고 추정한 바 있다. Ammonia-N의 농도 (Table 4)와 총 VFA 농도 (Table 5)는 배양이 종료될 때까지 추출 후에 비하여 추출 전의 모든 사일리지에서 높았는데, 이는 batch type의 *in vitro* 시험 성격 상 배양 초기에 추출 전의 사일리지 내 가용성 유기물이 다량 발효되어 누적되었기 때문으로 여겨진다. 그러나 배양액 내 각각의 VFA 조성 비율은 buffer 추출 전과 추출 후 사이에 다소 다른 경향을 보였는데, 추출 전에 비하여 추출 후 사일리지의 acetate 비율이 높았던 반면 propionate와 butyrate 조성 비율은 오히려 낮아진 것으로 나타났다. 또한 사일리지를 배양하는 동안 발

생된 gas의 총량 (Table 6)은 배양액의 pH에서와 같이 추출 전의 사일리지에서 배양 12시간까지 더 많이 발생된 반면 그 이후로는 추출 후의 사일리지에서 더 많이 발생되었다. 사일리지를 borate-phosphate buffer로 추출하기 전과 추출한 후 이들을 대상으로 한 발효 특성 조사에 관한 보고된 시험 결과를 찾을 수 없다. 그러나 본 시험에서 여러 종류의 사일리지에 대한 buffer 추출 전·후 발효특성으로 보아 다음과 같이 결과를 종합할 수 있다. 즉, 단백질을 포함한 buffer 가용성 물질은 사일리지의 초기 발효를 크게 촉진할 수 있는 것으로 보이며, 가용성 물질이 소진되는 후기 발효 시에는 섬유소 중심의 발효가 가속될 수 있는 것으로 여겨진다. 비록 조사되지는 않았지만 또 다른 측면에서 살펴보면, 발효 초기에는 가용성 물질을 발효시키는 미생물의 활동이 크지만 후기에는 섬유소를 포함한 불용성 유기물을 이용하는 미생물의 활동성이 더 증가될 수 있는 것으로 여겨진다. 일찍이 Hungate (1966)는 반추위 미생물의 substrate에 대한 적응력이 매우 높아 사료 종류나 사료의 성분에 따라 미생물 분포가 크게 달라질 수 있다고 서술한 바 있다.

사료작물의 *in vitro* 분해율을 보면, 건물, 조단백질 및 NDF에서 buffer 추출 전과 추출 후의 차이가 현저한 반면 벧짚 사일리지에서 가장 낮은 값을 제외하고는 사료작물 간 큰 차이가 없었다 (Table 7). 벧짚 사일리지 분해율이 다른 사일리지에 비하여 낮은 것은 수확 시기에 따른 벧짚의 물리적 특성 (이, 2000)에서 기인된 것으로 생각된다. Han과 Garrett (1986)의 보고에 의하면, 벧짚의 NDF 함량이 매우 높을 뿐만 아니라 반추위에서 거의 소화가 되지 않는 silica 및 lignin 등이 다량 함유되어 있기 때문에 벧짚의 건물과 NDF 분해율이 낮다고 하였다. 특이한 점은, 조단백질의 경우 추출 후에 비하여 추출 전의 분해율이 현저히 높았으나 NDF 분해율은 오히려 추출 후의 사일리지에서 더 높았는데, 이 또한 발효특성에서 고찰한 바와 같이 buffer 추출에 의해 가용성 물질이 소진된 상태에서 발효가 개시되었기 때문에 배양 초기부터 섬유소 분해에 관련된 미생물이 더욱 활발하게 작용한 때문으로 여겨진다.

본 시험을 통하여 조사된 결과로 미루어 보아 벧짚을 제외한 사료작물의 사일리지 제조 시 가용성 물질이 80% 정도에 달하였으며, 총 단백질의 50~70%가 NPN인 것으로 밝혀졌다. 이러한 특성은 buffer 추출 전 후의 사일리지 발효특성에 그대로 반영되었는데, 사일리지의 가용성 물질에 의한 영향을 받는 발효 초기와는 달리 후기 (24시간 이후)에는 불용성 물질 중심으로 발효가 진행되는 것으로 보인다. 그러나 사일리지의 가용성 탄수화물과는 달리 다량의 NPN으로 인한 단백질 손실이 예상되기에 사료작물 사일리지를 이용한 사료 배합에 따른 보완 대책이 요구된다.

V. 요약

본 시험은 여러 종류(호밀, RS; 벧짚, RSS; 소맥, WS; 트리티케일, TS; 귀리, OS; 청보리, BS)의 사일리지를 대상으로 단백질을 분획(fractionation)하고, *in vitro* 방법으로 buffer 추출 전과 추출 후의 사일리지를 배양하였을 때 반추위 미생물에 의한 발효성장, 가스발생량 및 분해율을 조사하고자 실시되었다. 사일리지의 가용성 물질은 borate-phosphate 용액으로 추출하였으며, 반추위액과 인공 타액이 동일한 비율로 구성된 배양액을 혐기적인 조건에서 48 시간동안 배양(39°C)하면서 발효 성장과 nylon bag을 이용한 사일리지의 *in vitro* 분해율을 조사하였다. 사일리지의 soluble protein (SP) 함량은 RSS에서 총 CP 함량 중 2.11%로 가장 낮았으며, RS와 BS 및 OS에서는 7% 이상의 높은 함량을 보였다. 또한 A fraction (NPN)은 RS에서 총 CP의 74.33%로 가장 높았으나 TS 및 RSS의 NPN 함량은 48% 정도로 비교적 낮았다. Buffer 불용성 단백질(IP) 중 B₂ fraction은 RS, RSS 및 WS에서 총 CP의 7% 이상으로 비교적 높았던 반면 TS (1.45%)와 BS (2.13%)에서 매우 낮았다. 이와는 달리 B₃ fraction은 WS (4%)를 제외하고는 다른 사일리지에서 5.99~15.20%의 함량을 보였다. 체내 이용성이 매우 낮은 C fraction은 벧짚 사일리지 (RSS)에서 27.07%로 다른 종류의 사일리지 (1.40~9.93%)에 비하여 현저히 높은 수준이었다. 배양 12시간까지는 추출 전에 비하여 추출 후의 사일리지 배양액에서 pH가 높았으나 (P<0.01~P<0.001) 48시간에는 오히려 추출 전의 사일리지 배양액의 pH가 낮았다 (P<0.01). 배양액의 ammonia-N는 모든 사일리지에서 추출 전의 농도가 추출 후의 농도에 비하여 현저히 (P<0.01~P<0.001) 높았으나 사일리지 종류에 의한 영향을 받지 않았다. 모든 사일리지에서 추출 후에 비하여 추출 전의 VFA 농도가 현저히 증가되었다 (P<0.01~P<0.001). Acetate의 조성 비율은 buffer 추출 전에 비하여 배양 24시간까지 추출 후 모든 사일리지에서 높았던 (P<0.01~P<0.001) 반면 propionate와 butyrate 비율은 배양 24시간까지 추출 전에 더 높았다 (P<0.001). 배양 12시간까지는 buffer 추출 전의 사일리지로부터 더 많은 (P<0.01~P<0.001) 양의 gas가 발생되었지만 그 후로 (24~48시간)는 오히려 buffer로 추출된 후의 사일리지에서 발생량이 더 많았다 (P<0.01). 추출 후에 비하여 추출 전 사일리지의 DM과 CP 분해율이 현저히 (P<0.001) 높았으나 NDF 분해율의 경우 오히려 추출 후의 사일리지에서 높았다 (P<0.001). 그러나 각 사일리지에 대한 buffer 추출 전 후의 평균치에서는 사일리지 간에 차이가 없는 것으로 나타났다. 본 시험의 결과로 미루어 보아 사일리지로 인해 현저히 증가된 NPN 함량이 사일리지의 단백질 이용율을 크게 낮출 것으로 보이며, 단백질을 포함한 buffer 가용성 물

질은 사일리지의 초기 발효를 크게 촉진할 수 있는 것으로 여겨진다.

VI. 인용 문헌

1. AOAC. 1991. Official Methods of Analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
2. Fawcett, J. K. and Scott, J. E. 1960. A rapid and precise method for the determination of urea. J. Clin. Pathol. 13: 156-163.
3. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics. 11:1-42.
4. Han, I. K. and Garrett, W. N. 1986. Improving the dry matter digestibility and voluntary intake of low quality by various treatment : A review. Kor. J. Anim. Sci. 28:199-213.
5. Hungate, R. E. 1966. The Rumen and Its Microbes. Academic Press. New York.
6. Licita, G., Hernandez, T. M. and Van soest, P. J. 1996. standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. Anim. Feed Sci. Technol. 57:347-358.
7. McDougall, E. I. 1948. Studies on ruminant saliva. I. The composition and output of sheep's saliva. Biochem. J. 43:99-109.
8. SAS. 2002. SAS Procedures Guide release 9.0 SAS institute Inc., Cary, NC. U.S.
9. Song, M. K. and Kennelly, J. J. 1989. Effect of ammoniated barley silage on ruminal fermentation, nitrogen supply to the small intestine, ruminal and whole tract digestion, and milk production of Holstein cows. J. Dairy Sci., 72:2981-2990.
10. Van Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Methods for fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.
11. 김원호, 서 성, 윤세형, 김기용, 조영무, 박태일, 고종민, 박근제. 2003. 사일리지용 우량 보리품종 선발: 2. 사료가치 및 TDN수량. 한초지. 23:283-288.
12. 박형수, 황경준, 박남건, 최기준, 이종경, 천동원, 고문석. 2008. 제주지역에서 동계사료작물의 사초생산성 및 사료가치 비교. 초지사료지. 28:215-220.
13. 윤승길, Kazuo, A. 2000. Triticale의 사료성분과 *in vitro* 건물 소화율에 미치는 생육시기의 영향. 한초지. 20:227-232.
14. 이성철. 2000. 벧짚의 화학적 처리와 사일리지 제조가 화학 성분 변화 및 한우 반추위 분해율에 미치는 영향. 한초지. 20:177-184.
15. 이현준, 조광근, 김원호, 김현섭, 김준식, 강승하, 강상기, 우정희, 이홍구, 최윤재. 2002. 청예 사료작물과 벧짚을 이용한

- 완전배합발효사료의 제조와 영양적가치. 한국동물자원과학회지. 44:75-86.
16. 이현준, 김현섭, 기광석, 정하연, 백광수, 김준식, 조광근, 조재순, 이홍구, 우정희, 최윤재. 2003. 청예사료작물과 볏짚 위주의 완전배합발효사료 급여가 Holstein 착유우의 생산성에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 45:69-78.
17. 이형석, 이인덕. 2006. 대전지역 추파 사료작물의 건물수량 및 사료가치 비교 연구. 한초지. 26:249-256.
18. 조원모, 조영무, 홍성구, 정의수, 이종문, 윤상기. 2000. 보리 총체담근먹이 급여가 거세한우의 발육, 사료이용성 및 육질에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 42:181-188.
19. 황보순, 최순호, 김상우, 김원호, 손동수, 조익환. 2008. 청보리 사일리지 급여 시에 농후사료 급여수준이 육성기 흑염소의 발육과 육질에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 50: 527-534.
- (접수일자 : 2009. 6. 15. / 수정일자 : 2009. 8. 25. / 채택일자 : 2009. 10. 8.)