

예건 및 첨가제가 호밀사일리지의 발효특성과 사료가치 및 호기적 안정성에 미치는 영향*

이광녕 · 김동암

Effects of Wilting and Additives on the Fermentation Characteristics, Quality and Aerobic Stability of Rye Silage

K. N. Lee and D. A. Kim

Summary

This experiment was conducted to evaluate effects of wilting and additives on fermentation characteristics, quality and aerobic stability of silage of rye(*Secale cereale* L.) harvested at the early heading stage. Harvested rye was wilted or mixed with beet pulp and then treated with formic acid or lactic acid bacteria(LAB) inoculant. Treatments were consisted of direct cut(DC), wilted(WT), beet pulp added(BP), direct cut and formate applied (DF), wilted and formate applied(WF), beet pulp and formate applied(BF), direct cut and LAB inoculated(DL), beet pulp added and LAB inoculated(BL), and wilted and LAB inoculated(WL) silages. After 70 days of ensiling period, the silages were opened and exposed to air for 7 days, and the silages of opening day(0 day) were compared with the silages exposed to air for 7 days(7 day).

1. LAB inoculated rye silages(DL, WL, BL) lowered pH values effectively from the third day of ensiling and showed most stable pattern of pH changes during the initial fermentation process. Direct cut and formate applied(DF), beet pulp and formate applied(BF) and beet pulp added(BP) silages were also effective in lowering pH from the seventh day than direct cut treatment(DC).
2. pH was low below 3.7 in all treatments of 0 day. After 7-day period of aerobic exposure, DL and WL showed considerable increases in pH from 3.5 and 3.4 to 8.3 and 6.4, respectively.
3. Direct cut rye silages(DF, DC, DI.) and beet pulp and formate treatment(BF) produced effluent of 121.2, 85.9, 80.3 and 34.2 ml/kg, respectively and these were greater than others($P < 0.01$). Beet pulp retained 1.61 l/kg of effluent at the application rate of 50 kg/t in comparing BP with DC, and formate application increased the amount of effluent in comparing DF and BF with DC and BP, respectively($P < 0.01$).
4. Beet pulp and LAB treatment(BL) was highest in content of lactate as 3.1% and formate treated silages(DF, WF, BF) showed lower content of lactate and total acid than others. LAB inoculated(DL, WL, BL) and wilted (WT) silages were graded to be good quality as a second group by the Flieg's score. Formate applied silages (DF, WF, BF) were graded as a fourth group lower than DC by one.

* 이 연구는 서울대학교 축산과학기술연구소의 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

서울대학교 농업생명과학대학 (College of Agric. & Life Science, SNU, Suweon 441-744, Korea)

5. Residual content of WSC of rye silage was higher in BP, BF, DL and BL than direct cut treatment(DC) ($P < 0.01$). Formate application had a tendency to increase the content of residual content of WSC.
6. For the ratio of $\text{NH}_3\text{-N}$ to Total N, wilted and LAB inoculated(WL) and direct cut and LAB inoculated(DL) silages were lowest on 0 day as 8.9 and 9.3%, respectively. But after 7-day period of aerobic exposure, WL and DL showed largest increase of the ratio of $\text{NH}_3\text{-N}$ to Total N from 0 day($P < 0.01$).
7. On 0 day wilted(WT), beet pulp and formate treatment(BF), and beet pulp and LAB treatment(BL) were lower than direct cut treatment(DC) for NDF and ADF concentrations consistently. Formate applied silages (DF, WF, BF) made little change in ADF and NDF concentrations during 7 day period of aerobic exposure. DL and WL showed a large increase in ADF and NDF concentrations under aerobic condition($P < 0.01$).
8. IVDMD values of wilted(WT), beet pulp added(BP), wilted and LAB inoculated(WL) and beet pulp added and LAB inoculated(BL) silages were higher than direct-cut treatment(DC) as 84.7, 84.7, 84.4 and 83.0%, respectively on 0 day. But during 7-day period of aerobic exposure, a great decrease in IVDMD of WL was showed($P < 0.01$).

The experimental results indicate that wilted silage(WT) could be recommended as the most effective treatment for reducing effluent and increasing quality and feed value of rye silage without deteriorating aerobic stability more than direct cut treatment(DC). Additionally, under unfavorable weather condition beet pulp added and LAB inoculated treatment(BL) might be the possible alternative for successful ensiling of forage rye.

I. 서 론

호밀(*Secale cereale* L.)의 사일리지 제조는 출수후 4~6일 사이에 하는 것이 적당하며 이 때 사초용 호밀의 양과 질이 양호하고, 건물함량을 25~30%까지 높이면 삼출액으로 인한 손실을 크게 줄일 수 있다고 한다(Mølle, 1979). Staehlin(1969)도 이모작조건에서 겨울호밀이 월동성이나 수량면에서 5월에 수확 가능한 작물로서는 가장 중요하다고 했는데, 대개의 경우 호밀을 출수초기에 수확하여 예건을 통해 건물함량을 25%까지 올리는 것은 가능하다고 보았다.

사일리지 제조에 이용되는 첨가제로서 개미산은 건물함량이 낮은 재료에 많이 사용되어 사일리지의 pH를 신속히 낮추고 미생물에 의한 단백질과 탄수화물의 분해 및 이용을 억제하는 효과가 있는 것으로 알려져 있으며, 젖산균접종체는 젖산의 생성을 늘려 초기의 pH 강하속도를 높이며 효율적인 발효로 건물손실을 줄이고 단백질의 분해를 일부 감소시키는 효과가 있다고 한다(Muck 및 Bolsen, 1991).

한편 호밀 사일리지 제조에 있어서도 개미산을 첨

가한 연구(신 등, 1986), 건물함량 증가 및 발효개선을 위해 예건을 하거나 곡류와 같은 수분흡습제 및 발효기질을 사용한 연구(김 등, 1995; 장 등, 1995) 그리고 생육시기별 호밀 사일리지의 품질에 관한 연구(송 등, 1988; 고 등, 1987) 등이 있었다. 그러나 예건을 하거나 수분흡습제를 사용하고 젖산균이나 개미산을 첨가하여 호밀 사일리지의 품질 및 사료가치를 비교한 시험은 거의 없었던 것으로 생각된다.

따라서 본 연구는 출수초기에 수확한 호밀을 예건시키거나 수분흡습제로서 비트펄프(beet pulp)를 사용해 건물함량을 조절하고 개미산이나 젖산균을 첨가하는 것이 사일리지에서의 발효특성과 사료가치 그리고 호기적 안정성에 미치는 영향을 알아보고자 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 사일리지 제조

본 연구에서는 호밀 사일리지 제조시 예건(豫乾)이나 첨가제처리를 하지 않은 비예건(direct-cut;

DC)처리를 대조구로 하여서 모두 9처리를 비교하였는데, 이들은 각각 예건(wilting; WT), beet pulp첨가(beet pulp; BP), 비예건 및 개미산처리(direct-cut and formate; DF), 예건 및 개미산처리(wilting and formate; WF), beet pulp 및 개미산첨가(beet pulp and formate; BF), 비예건 및 젖산균처리(direct-cut and LAB; DL), 예건 및 젖산균처리(wilting and LAB; WL), 그리고 beet pulp 및 젖산균처리(beet pulp and LAB; BL)였다.

1996년 5월 3일 출수초기의 "Koolgrazer" 호밀을 시험용 예취기로 예취하여 2.5cm의 길이로 절단한 후에 예건하지 않는 처리(DC, DF, DL)는 이 재료를 바로 이용하였고, 비트펄프가 첨가된 처리(BP, BF, BL)는 생초중량의 5%에 해당하는 비트펄프를 정량하여 고루 섞어 주었다. 흐린 기상조건으로 예건은 실제 오후 2시에서 4시30분까지 2시간 30분동안 실시할 수 있었다(WT, WF, WL). 개미산첨가는 농가에서 사용하는 65% 개미산을 사용해서 재료의 생초중 0.5%를 정량하여 곱고루 섞어가면서 살포하였고, 젖산균은 재료의 생초중 g당 10^8 cfu의 젖산균이 접종되도록 분말형태의 제품을 희석해서 재료를 고루 섞어가면서 분무기로 뿌려 주었다.

호밀 사일리지의 발효초기 pH의 변화를 알아보기 위하여, 처리된 각각의 재료는 진공포장용 비닐을 이용해서 각 처리당 500g정도로 여덟개씩 진공포장하여서 혐기적상태를 만들었다. 이렇게 제조된 총 72개의 진공 포장된 사일리지는 암실에 두어 빛의 영향을 차단하였고, 1, 3, 7 및 18일째에 각 처리당 두 개씩 개봉하여서 pH를 측정하였다.

안정단계까지 발효가 충분히 진행된 호밀 사일리지를 얻기 위하여, 처리된 각각의 재료를 삼출액을 받아 낼 수 있는 기구가 하단에 설치된 22ℓ 용량의 원통형 플라스틱 용기에 550 kg/m³ 정도의 비중으로 충전하고 뚜껑을 덮어 완전 밀폐하여 실내에 보관하였다. 70일째인 7월 12일에 사일리지를 개봉하였고 개봉한 사일리지는 중심부 세 곳에서 시료를 채취하여 바로 냉동시켰고 추출액 및 냉동건조시료 제조에 사용하였다.

각 처리의 사일리지가 호기적조건에서 변패되는

정도를 비교하기 위한 실험으로, 방충망이 설치되고 직사광선을 피할 수 있는 실내에서 18개의 균일한 1ℓ 들이 용량의 원통형 플라스틱용기에 위에서 냉동시켜 두었던 각 처리의 사일리지들을 2반복으로 700g씩 잘 섞어서 담아서 공기중에 노출시키고 7일 뒤에 시료를 채취하여 분석에 이용하였다.

2. 원재료 및 사일리지의 분석

원재료는 예건하고 세절한 것과 예건하지 않고 세절한 호밀을 각각 500g이상 취하여 생초중량을 평량하여 70℃의 강제송풍식 건조기에서 3일 이상 건조한 후 건물률을 구했다. 건조된 시료 및 beet pulp는 screen 20 mesh의 Wiley mill로 분쇄하고 플라스틱의 시료용기에 이중마개로 막아 보관하였고 분석시에 사용하였다. 일부 냉동시킨 사초는 수용성 탄수화물의 정량에 이용하였다.

시료의 일반성분은 AOAC법(1984)에 의하여 분석하였고, 가용성탄수화물(WSC)은 생초에 증류수를 첨가하고 믹서기로 곱게 갈아준 후 원심분리하여 상층액을 취한 다음, 적절한 농도로 희석시킨 후에 anthrone시약을 이용하여 발색시키고 흡광도를 측정하여 정량하였다. NDF 및 ADF는 Goering 및 Van Soest법(1970년)에 의해 분석하였으며, *in vitro* 건물 소화율은 Tilley 및 Terry법(1963)을 Moore(1970)가 수정한 방법을 사용하였고 Buffer solution은 Mcdougall's artificial saliva를 사용하였다. 위액은 조사료와 농후사료의 비율을 4:6으로 하여 급여중인 홀스타인 젖소에서 오전에 채취하여 이용하였다.

진공포장한 사일리지의 pH는 해당 일자에 개봉하여 바로 냉동시킨 후에 100g의 냉동된 사일리지를 취해서 증류수 100 ml을 부어 섞어 주고 toluene을 한 방울을 떨어뜨려 압착해 주고, 24시간 동안 방치시킨 후에 각 사일리지를 4중 가아제로 완전히 짜서 걸러낸 즙으로 pH meter를 이용해 측정하였다.

70일간 원통형의 플라스틱용기에서 발효시킨 후 개봉 즉시 채취한 호밀 사일리지와 7일간 호기적조건에 방치시킨 후에 채취한 사일리지는 바로 냉동시킨 후에 냉동건조기를 이용하여 72시간 동안 진공건조시켜 건물률을 구했다. 이렇게 건조시킨 사일리지

의 일반성분, NDF, ADF 및 *in vitro* 건물소화율은 앞에서 실시한 원재료와 같은 방법으로 구하였다. 사일리지의 WSC함량은 건조된 시료의 지방을 제거한 다음에 Anthrone법(大山, 1976)으로 분석하였다. 냉동시킨 사일리지를 처리별로 각각 30g씩 꺼내서 150ml의 증류수에 넣어 잘 섞은 다음 냉장고에서 가끔 흔들어 주면서 24시간 동안 보관한 후에 4중 가

아제로 완전히 짜서 걸러내 추출액을 만들었으며, 이 추출액을 pH측정, 암모니아태질소, 그리고 젖산 및 VFA 정량시에 사용하였다. 암모니아태 질소는 Chaney 및 Marbach(1962)의 분석법에 준하여 분석하였으며 젖산 및 VFA는 Lepper 및 Flieg법(1938)에 준하여 분석하였다.

Table 1. Chemical composition and *in vitro* matter digestibility(IVDMD) of rye and beet pulp (%DM).

Item	Rye		Beet pulp
	Direct-cut	Wilted	
DM	16.4	20.0	88.4
Crude protein	17.7	17.2	8.7
Crude fiber	22.6	25.1	17.0
Crude fat	3.4	4.0	0.4
NFE	38.9	38.1	65.8
Ashes	8.2	8.7	5.7
WSC*	21.1	-	17.5
NDF	60.7	56.9	43.3
ADF	34.5	31.2	27.8
IVDMD	72.7	79.1	-

* 21.1 and 17.5 are values(DM%) analysed from fresh and dry material, respectively.

통계처리는 SAS package program을 이용하여 분산분석을 실시하였고, 처리평균간 비교는 최소유의차 검정(Least significant test) 및 Duncan의 다중검정(Duncan's multiple range test)을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 발효초기의 pH 변화

그림 1에서 호밀 사일리지의 발효초기 pH변화를 보면 개미산이 첨가된 처리(DF, BF, WF)는 사일리지제조 다음날 이미 pH가 4.5정도로 낮아짐을 보였고, 개미산을 첨가하지 않은 처리는 3일째에서 pH가 크게 떨어졌다. 예건 및 개미산처리(WF)는 18

일째까지 줄곧 pH가 4.4부근에 머물렀고, 비예건 및 개미산처리(DF)와 beet pulp 및 개미산처리(BF)는 18일째에 pH가 3.9이하로 낮아졌다.

비예건(DC), beet pulp첨가(BP) 및 예건처리(WT)의 pH는 7일째에 약간 상승하다가 18일째에는 다시 안정화되는 경향을 보였고, 3일째 이후의 값을 비교하면 줄곧 BP, WT 그리고 DC순으로 pH가 낮게 나타나서 beet pulp첨가처리(BP)가 비예건(DC)이나 예건처리(WT)보다 초기의 pH를 낮추는 데에 보다 효과적이었다.

젖산균을 첨가한 DL, WL 및 BL의 세 처리는 유사한 pH의 변화양상을 보였는데, 3일째에 pH가 4.0안팎으로 떨어졌고 7일째 이후로는 3.8까지 낮아져 매우 안정된 모습이였다.

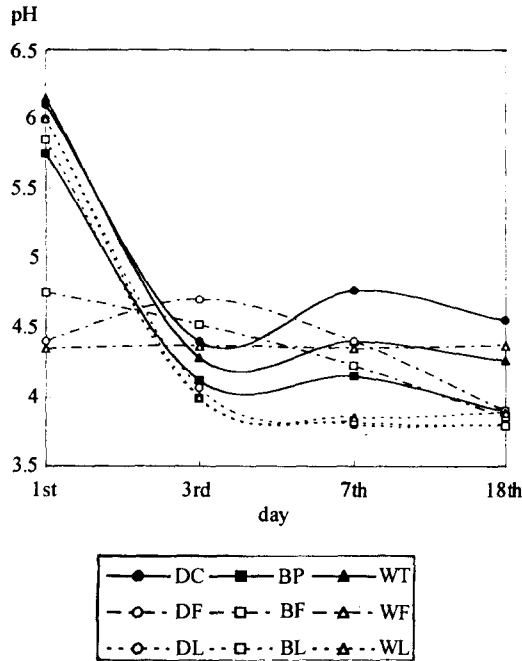


Fig. 1. pH changes from the first to eighteenth day after ensiling rye silages of nine treatments.

2. 건물함량, pH 및 삼출액

표 2에서 개봉당일의 호밀 사일리지의 건물 함량을 보면 beet pulp 및 개미산처리(BF)가 20.4%로 가장 높고, BP, BL, WT, WF 및 WL도 비예건처리(DC)보다 높아서($P < 0.05$) 예건이나 beet pulp첨가에 의하여 건물함량이 증가되었음을 보여주었다.

비예건(DC)과 beet pulp첨가처리(BP)에 개미산을 첨가한 DF 및 BF는 DC 및 BP와 비교할 때 개봉당일의 건물함량이 각각 더 높은 것을 알 수 있는데($P < 0.05$), 이것은 그림 2에서 보는 바와 같이 개미산 처리시 삼출액의 증가에 의한 수분손실이 주요원인으로 보이며, 개미산의 발효 억제작용에 의한 기질의 보존효과도 기여했으리라 생각된다. Martinsson (1991)도 개미산을 첨가한 사일리지의 건물함량이 무처리보다 1.4%가 증가된 20.7%로 나타났다고 하였다.

개봉당일 호밀 사일리지의 pH는 beet pulp 및 젖산

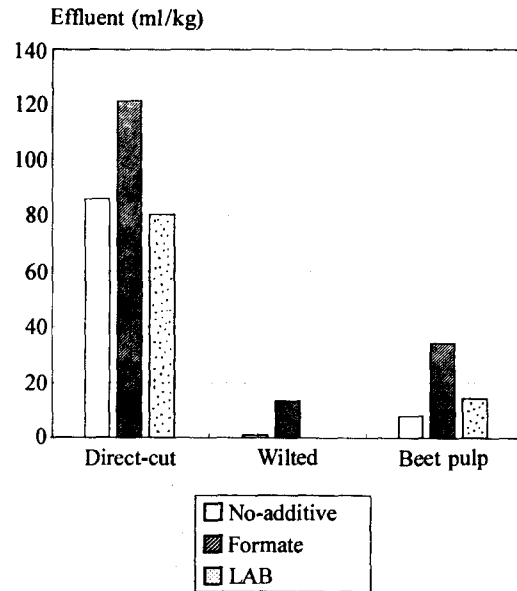


Fig. 2. Quantity of effluent flowed out of experimental plastic silo during ensiling period (ml/kg, wet basis).

균처리(BL)에서 가장 낮았는데, Ferris 및 Mayne (1994)이 beet pulp를 생초 톤당 80kg을 첨가하면 pH가 낮아진다고 한 결과와 다른 연구(Rooke 등, 1988; Kumai 등, 1990; Cai 등, 1992)에서 젖산균(LAB)처리가 사일리지의 pH를 낮게 했다는 결과를 종합할 때, 이것은 beet pulp에 의한 수용성탄수화물의 추가 공급과 접종제의 사용에 의한 호모형 젖산균의 신속한 우점 및 효율적 발효의 상승효과라고 생각된다.

개봉 7일 뒤 호밀 사일리지는 개봉당일과 비교할 때 젖산균(LAB)이 첨가된 비예건 및 젖산균처리(DL)와 예건 및 젖산균처리(WL)에서 pH가 각각 8.3과 6.4로 크게 상승하였다($P < 0.01$). 이는 호기적변패가 심하게 일어났음을 보이는 것인데, 이와 같이 젖산균(LAB)처리가 호기적안정성을 떨어뜨린다는 연구결과는 여러 차례 보고된 바 있다(Rust 등, 1989; Spoelstra, 1993; Kennedy, 1990; Weinberg 등, 1993ab). 그러나 beet pulp 및 젖산균처리(BL)에서는 호기적조건에서 유의적인 pH의 상승을 보이지 않았다.

그림 2는 발효과정을 통해서 유출된 삼출액의 양을 나타내고 있는데, 예건을 하지 않은 DF, DC, DL

과 beet pulp 및 개미산처리(BF)에서 각각 121.2, 85.9, 80.3 및 34.2 ml/kg의 삼출액을 유출하여 다른 처리보다 많았다($P < 0.01$). 이 중에서 비예건 및 개미산처리(DF)의 삼출액은 비예건처리(DC)와 비교할 때 유의적으로 많아 개미산처리가 삼출액 생성을 증가

시키는 효과를 나타내었다($P < 0.01$). 한편, WL, WT, BP, BL 및 WF에서는 예건으로 인한 수분증발과 beet pulp 첨가에 의한 수분 흡수효과에 의하여 각각 0, 1.0, 7.9, 14.3 그리고 13.4 ml/kg으로 적은 양의 삼출액을 발생시켰다.

Table 2. Effect of wilting and additives on dry matter(DM) content and pH of rye silage on the day of opening and after 7 days of aerobic condition.

Treatment	DM content(%)			pH		
	0 day	7 day	diff.	0 day	7 day	diff.
DC	15.2 ^d	14.6 ^b	0.6	3.5	3.6 ^e	0.1
WT	18.5 ^b	17.4 ^a	1.1	3.7	3.9 ^f	0.2
BP	18.9 ^b	18.1 ^a	0.8	3.4	4.5 ^e	1.1
DF	16.7 ^c	15.4 ^b	1.3*	3.6	3.6 ^e	0
WF	18.4 ^b	17.6 ^a	0.8	3.4	3.4 ^e	0
BF	20.4 ^a	18.0 ^a	2.4**	3.4	3.4 ^e	0
DL	14.5 ^d	14.9 ^b	0.4	3.5	8.3 ^a	4.8**
WL	17.8 ^{bc}	17.7 ^a	0.1	3.4	6.4 ^b	3.0**
BL	18.7 ^b	17.2 ^a	1.5*	3.3	4.2 ^c	0.9
Significance						
Day		0.0003			0.0001	
Silage		0.0001			0.0005	
Day × Silage		0.1886			0.0004	

diff. Difference between the values of 0 day and 7 day.

*,** Significant at the level of 0.05 and 0.01, respectively by LSD test.

^{a,b,c} Values within a column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level by Duncan test.

Beet pulp첨가처리(BP)와 비예건처리(DC)를 비교할 때 beet pulp 1kg당 1.6 l의 삼출액을 머금은 것으로 계산되었고, 이것은 Ferris 및 Mayne(1994)이 건물함량 15.7%의 생초에 beet pulp를 생초 톤 당 40 및 80kg 첨가했을 때, beet pulp kg당 각각 1.40과 1.29 l의 삼출액을 머금었다는 보고와 유사한 수치였다.

3. 젖산, VFA 및 WSC

표 3에서 호밀사일리지의 개봉당일 젖산(lactate)함량을 보면 beet pulp 및 젖산균처리(BL)에서 3.1%로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로는 beet

pulp첨가(BP), 예건 및 젖산균처리(WL), 예건처리(WT) 그리고 비예건 및 젖산균처리(DL)였다.

젖산균을 첨가한 사일리지(BL, WL, DL)는 모두가 높은 젖산함량을 보였으며, 특히 beet pulp 및 젖산균처리(BL)는 비예건처리(DC)와 비교할 때 유의적으로 높은 값을 보였다($P < 0.05$). 반면에 개미산을 처리한 사일리지(DF, WF, BF)는 비예건처리(DC)보다 모두 낮은 젖산함량을 나타냈는데, Carpintero 등(1979)도 개미산처리시 젖산함량이 무처리에 비하여 절반정도로 낮아짐을 보고하여 개미산이 사일리지에서의 젖산발효를 억제하는 효과가 있음을 보였다.

Table 3. Effect of wilting and additives on lactate, acetate, butyrate, total acid, water soluble carbohydrate(WSC) contents and grade of rye silage on the day of opening

Treatment	Lactate	Acetate	Butyrate	Total	¹⁾ Grade	WSC
 % , wet basis					% DM
DC	1.61 ^{bc}	0.55 ^{bc}	0.18	2.34	3	2.20 ^d
WT	2.09 ^{ab}	0.34 ^{dc}	0.12	2.55	2	2.41 ^{cd}
BP	2.56 ^{ab}	0.34 ^{dc}	0.23	3.13	3	3.55 ^a
DF	0.65 ^c	0.57 ^b	0.25	1.50	4	2.30 ^{cd}
WF	1.39 ^{bc}	0.64 ^{ab}	0.21	2.24	4	2.63 ^{bcd}
BF	0.60 ^c	0.72 ^a	0.08	1.40	4	3.69 ^a
DL	2.02 ^{ab}	0.37 ^{dc}	0.06	2.45	2	2.90 ^b
WL	2.42 ^{ab}	0.28 ^c	0.11	2.80	2	2.41 ^{cd}
BL	3.11 ^a	0.44 ^{cd}	0.10	3.64	2	2.65 ^{bc}
Mean	1.82	0.47	0.15	2.45		2.74
Significance	*	**	NS	NS		**
LSD	1.18	0.13				4.38

¹⁾ Grouping by Flieg's score(1~5)

^{a,b,c} Values within a column followed by the same letter are not significantly different by LSD test.

Zimmer(1966)에 의해 개량된 Flieg의 유기산조성에 의한 사일리지품질평가법에 따르면 사일리지 품질을 1~5등급으로 나눌 수 있는데, 본 연구에서는 젖산균이 첨가된 처리(DL, WL, BL)와 예건처리(WT)가 양질인 2등급에 해당하였고 개미산이 첨가된 사일리지(DF, WF, BF)는 4등급으로 비예건처리(DC)보다도 1등급이 낮았다. 이와 같이 개미산처리가 호밀사일리지의 품질을 떨어뜨린 것은 젖산생성을 줄여서 상대적으로 총산 중 낙산과 초산의 비율을 크게 증가시켰기 때문이다.

개미산을 첨가한 처리(DF, WF, BF)에서의 WSC 잔량은 개미산을 첨가하지 않은 각 처리(DC, WT, BP)의 WSC 잔량과 비교할 때 다소 높았는데, 이것은 Henderson등(1990)이 개미산의 처리가 사일리지의 WSC 잔량을 높였다는 보고와 일치하는 경향이었으며, 개미산의 발효 억제효과가 수용성탄수화물(WSC)을 보존하는 기능이 있음을 보여주었다(Carpintero 등, 1979).

4. 조단백질 및 암모니아태질소

표 4에서 개봉당일 호밀 사일리지의 전질소중 암모니아태질소의 비율은 비예건 및 젖산균처리(DL), 예건 및 젖산균처리(WL), 예건 및 개미산처리(WF)와 예건처리(WT)에서 각각 8.9, 9.3, 10.8 및 11.3%로 비교적 낮은 수치를 보였는데, 비예건 및 젖산균처리(DL)와 예건 및 젖산균처리(WL)만이 각각 8.9와 9.3%로서 須藤(1971)의 품질감정법에 의할 때 10% 이하에 해당하는 1등급 사일리지였다. 이러한 결과는 Umana등(1991)이 예건처리시 암모니아태질소의 함량이 낮아졌다고 한 보고와 Martinsson(1991)이 화분과 목초사일리지에서 개미산과 젖산균의 첨가가 무처리(건물함량 26%)보다 암모니아태질소의 함량을 낮게 하였다고 한 보고와 일치하는 경향이였다.

개봉 7일 뒤 호밀 사일리지의 전질소중 암모니아태질소의 비율은 개봉당일과 비교할 때 비예건 및 젖산균처리(DL)와 예건 및 젖산균처리(WL)에서 크

게 상승했고($P < 0.01$), 처리간 비교에서 DL 및 WL 은 비예건처리(DC)보다도 높은 값을 보였다 ($P < 0.05$). Beet pulp가 첨가된 처리(BP, BF, BL)와 예 건 및 개미산처리(WF)에서는 개봉당일의 값과 유의

적인 차이를 나타내지 않았고, 특히 beet pulp 및 개 미산처리(BF)는 호기적 조건에서의 단백질 분해를 최소화할 수 있었다.

Table 4. Effect of wilting and additives on crude protein(CP) and the ratio of ammonia nitrogen to total nitrogen($\text{NH}_3\text{-N}/\text{Total N}$) of rye silage on the day of opening and after 7 days of aerobic condition.

Treatment	CP			DM%	NH ₃ -N/Total N		
	0 day	7 day	Diff.		0 day	7 day	Diff.
DC	17.0 ^{ab}	14.5 ^d	2.5**	12.3	19.4 ^{bc}	7.6*	
WT	17.9 ^a	18.0 ^{ab}	0.1	11.3	17.8 ^{cd}	6.5*	
BP	14.9 ^c	17.7 ^{ab}	2.8**	12.2	15.7 ^{cd}	3.5	
DF	18.2 ^a	14.8 ^d	3.4**	12.0	19.7 ^{bc}	7.7*	
WF	17.8 ^a	17.1 ^b	0.7	10.8	13.6 ^{cd}	2.8	
BF	15.8 ^c	16.9 ^b	1.1	11.5	12.2 ^d	0.7	
DL	17.0 ^{ab}	16.8 ^{bc}	0.2	8.9	28.4 ^a	19.5**	
WL	18.4 ^a	18.7 ^a	0.3	9.3	24.5 ^{ab}	15.2**	
BL	15.3 ^c	15.5 ^{cd}	0.2	12.1	16.7 ^{cd}	4.6	
Significance							
Day	0.2863			0.0001			
Silage	0.0001			0.0840			
Day × Silage	0.0001			0.0019			

diff. Difference between the values of 0 day and 7 day.

*,** Significant at the level of 0.05 and 0.01, respectively by LSD test.

^{a,b,c} Values within a column followed by the same letter are not significantly different at the level of 0.05 by Duncan test.

5. NDF, ADF 및 IVDMD

표 5에서 보는 바와 같이 호밀 사일리지의 개봉당일 NDF는 예건처리(WT)와 beet pulp 및 개미산 처리(BF)에서 각각 44.0 및 44.7%로서 가장 낮았다. 개봉 7일 뒤에도 BF, WF 및 WT가 각각 45.5, 46.3 및 46.6%로 비예건처리(DC)보다 낮았으며($P < 0.05$), 개봉일의 NDF함량과 비교할 때 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 비예건 및 젖산균처리(DL), 예건 및 젖산균처리(WL)와 beet pulp첨가처리(BP)는 호기적조건에서 NDF함량을 크게 상승시켰다($P < 0.01$).

호밀 사일리지의 개봉일에 ADF함량은 예건처리(WT), beet pulp 및 젖산균처리(BL)와 beet pulp 및 개미산처리(BF)에서 각각 29.3, 29.6 및 30.1%로 가장 낮았다. 개봉 7일 뒤 ADF함량은 예건 및 개미산처리(WF)와 beet pulp 및 개미산처리(BF)가 비예건처리(DC)보다 유의적으로 낮았다($P < 0.05$). 한편, 비예건 및 젖산균처리(DL), 예건 및 젖산균처리(WL)와 예건처리(WT)는 호기적조건하에서 ADF 함량을 크게 상승시켰다($P < 0.01$).

호밀 사일리지의 개봉당일 IVDMD는 예건처리(WT), 비트펄프첨가처리(BP) 그리고 예건 및 젖산균

처리(WL)에서 각각 84.7, 84.7 및 84.4%로 높은 편이었고, 개봉 7일뒤에는 비예건 및 젖산균(DL)과 예건 및 젖산균처리(WL)에서 각각 78.5와 75.4%로서 가

장 낮았는데, 특히 WL은 개봉당일의 84.4%와 비교할 때 호기적 조건에서 IVDMD가 크게 저하됨을 보였다(P<0.01).

Table 5. Effect of wilting and additives on neutral detergent fiber(NDF), acid detergent fiber (ADF), and *in vitro* dry mater digestibility(IVDMD) of rye silage

Treatment	NDF			ADF			IVDMD		
	0 day	7 day	Diff.	0 day	7 day	Diff.	0 day	7 day	Diff.
 %								
DC	47.2 ^{ab}	51.0 ^{ab}	3.8*	31.5 ^{ab}	33.2 ^{bc}	1.7	80.2	80.7 ^{abc}	0.5
WT	44.0 ^b	46.6 ^c	2.6	29.3 ^b	32.5 ^{cd}	3.2**	84.7	81.6 ^{ab}	3.1
BP	46.4 ^{ab}	51.4 ^{ab}	5.0**	30.9 ^{ab}	33.4 ^{bc}	2.5*	84.7	82.2 ^{ab}	2.5
DF	48.6 ^a	49.0 ^{bc}	0.4	32.6 ^a	33.2 ^{bc}	0.6	82.8	80.4 ^{abc}	2.4
WF	45.3 ^{ab}	46.3 ^{cd}	1.0	30.5 ^{ab}	30.7 ^d	0.2	80.6	80.8 ^{abc}	0.2
BF	44.7 ^b	45.5 ^d	0.8	30.1 ^b	30.4 ^d	0.3	82.0	85.9 ^a	3.9
DL	46.7 ^{ab}	54.1 ^a	7.4**	30.6 ^{ab}	36.0 ^a	5.4**	80.2	78.5 ^{bc}	1.7
WL	45.7 ^{ab}	51.8 ^{ab}	6.1**	30.7 ^{ab}	34.9 ^{ab}	4.2**	84.4	75.4 ^c	9.0**
BL	45.3 ^{ab}	49.3 ^{bc}	4.0	29.6 ^b	32.3 ^{cd}	2.7*	83.0	84.3 ^a	1.3
Significance									
Day	0.0001			0.0005			0.1081		
Silage	0.0020			0.0001			0.1058		
Day×Silage	0.0163			0.0391			0.0972		

diff. Difference between the values of 0 day and 7 day.

*,** Significant at the level of 0.05 and 0.01, respectively by LSD test.

^{a,b,c} Values within a column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level by Duncan test.

개미산을 첨가한 처리(DF, WF, BF)는 호기적조건에 7일간 노출시킨 후에도 NDF, ADF 및 IVDMD에서 유의적인 증감을 나타내지 않아 개미산이 호기적 조건에서의 사료가치저하를 억제하는 효과가 있음을 보였다. 반면에 DL 및 WL에서 보는 바와 같이 젖산균의 첨가는 호기적조건에서 사료가치의 저하를 촉진시키는 경향을 나타냈으며, beet pulp 및 젖산균처리(BL)는 그 정도가 덜 하였다.

결론적으로 비예건처리(DC)와 비교할 때, 삼출액의 발생을 억제하고 호기적조건하에서의 안정성을 제고시키거나 적어도 크게 떨어뜨리지 않으면서 사일리지 품질 및 사료가치를 개선시킬 수 있는 최선

의 처리는 예건사일리지(WT)였다. Williams등(1995)도 출수초기에 건물함량이 20.8%인 사초용 밀을 수확하여 27.9 및 39.3%까지 예건하고 각각에 젖산균(LAB)을 처리한 연구에서 젖산균(LAB) 첨가와는 무관하게 예건(wilting)이 건물회수율과 섬유소 소화율을 증가시키는 효과가 있었고, 따라서 사초용의 조생종 화곡류로 사일리지를 제조할 때 예건이 가장 효과적인 전처리라고 지적한 바 있다. 또한 본 연구를 통해서 호밀 사일리지 제조시 기상조건등의 이유로 신속한 예건이 불가능할 경우에는 beet pulp 및 젖산균처리(BL)를 예건을 대체할 수 있는 적절한 방법으로 제시할 수 있었다.

IV. 적 요

본 연구는 출수초기에 수확한 호밀(*Secale cereale* L.)을 예건을 하거나 수분흡습제인 비트펄프(*beet pulp*)를 첨가하여 건물함량을 높인 후에 개미산이나 젖산균을 첨가하여 사일리지를 제조했는데, 비예건 처리(DC)를 대조구로 하여 예건(WT), *beet pulp*첨가(BP), 비예건 및 개미산처리(DF), 예건 및 개미산처리(WF), *beet pulp* 및 개미산처리(BF), 비예건 및 젖산균처리(DL), 예건 및 젖산균처리(WL) 그리고 *beet pulp* 및 젖산균처리(BL)의 총 9처리를 두었으며, 각각의 처리가 발효특성 및 사료가치 그리고 호기적 조건하에서의 안정성에 미치는 효과를 비교하였다.

1. 젖산균을 접종시킨 DL, WL 및 BL은 호밀 사일리지의 발효초기인 3일째부터 pH를 낮게 유지시키면서 가장 안정된 발효양상을 보였다. 개미산을 첨가한 DF와 BF 그리고 *beet pulp*첨가 처리(BP)도 7일 이후에는 비예건처리(DC)보다 안정적으로 pH를 낮추었다.

2. 호밀 사일리지의 개봉일에 모든 처리의 pH는 3.7이하로 낮았고, 호기적 조건에 7일간 노출시킬 경우에 비예건 및 젖산균처리(DL)와 예건 및 젖산균처리(WL)는 pH가 각각 3.5 및 3.4에서 8.3 및 6.4로 크게 상승했다($P < 0.01$).

3. 호밀 사일리지의 발효 및 저장중 삼출액 발생량은 DF, DC, DL 및 BF 에서 각각 121.2, 85.9, 80.3 및 34.2 ml/kg을 나타내어 다른 처리에서보다 많았다($P < 0.01$). *Beet pulp*첨가처리(BP)를 비예건처리(DC)와 비교할 때 *beet pulp* 1kg당 1.6 l의 삼출액을 머금은 것으로 나타났고, DC 및 BP 각각에 개미산을 처리(DF, BF)했을 때는 더 많은 삼출액을 유출시켰다($P < 0.01$).

4. 호밀 사일리지 개봉일의 젖산함량은 *beet pulp* 및 젖산균처리(BL)에서 3.1%로 가장 높았고, 개미산의 첨가(DF, WF, BF)는 젖산과 총산의 함량을 낮추는 경향을 보였다. 젖산균이 첨가된 처리(DL, WL, BL)와 예건처리(WT)는 유기산조성에 의한 사일리

지 품질평가에서 2등급으로 다른 처리보다 우수하게 나타났으며, 개미산이 첨가된 처리(DF, WF, BF)는 4등급으로서 비예건처리(DC)보다 1등급이 낮았다.

5. 호밀 사일리지 개봉일에 수용성탄수화물(WSC)의 잔량은 *beet pulp*가 첨가된 처리(BP, BF, BL)와 비예건 및 젖산균처리(DL)에서 비예건처리(DC)보다 높았다($P < 0.01$). DC, WT 및 BP는 각각에 개미산을 첨가(DF, WF, BF)함으로써 WSC잔량이 증가하는 경향을 보였다.

6. 호밀 사일리지 개봉일의 전질소중 암모니아태 질소의 비율은 비예건 및 개미산(DL)과 예건 및 개미산처리(WL)에서 각각 8.9와 9.3%로 가장 낮았으나, 7일간 호기적 조건에 노출시켰을 때에는 각각 28.4 및 24.5%로 3배가량 증가했으며($P < 0.01$), 9처리중에서도 가장 높은 값이었다.

7. 호밀 사일리지의 개봉일에 NDF 및 ADF함량은 예건처리(WT)와 *beet pulp* 및 개미산처리(BF)에서 공통적으로 낮았고, *beet pulp* 및 젖산균처리(BL)도 낮은 ADF함량을 보였다. 7일간의 호기적조건에서는 비예건 및 젖산균처리(DL)와 예건 및 젖산균처리(WL)에서 NDF 및 ADF함량이 크게 증가되었고($P < 0.01$), 반면에 개미산을 첨가한 처리에서는 개봉일의 값과 큰 차이가 없었다.

8. 호밀 사일리지의 개봉일에 IVDMD는 비예건처리(DC)의 80.2%에 비하여 예건(WT), *beet pulp*첨가(BP), 예건 및 젖산균처리(WL) 그리고 *beet pulp* 및 젖산균처리(BL)에서 각각 84.7, 84.7, 84.4 및 83.0%로 높았고, 예건 및 젖산균처리(WL)는 호기적 조건에서 IVDMD가 크게 떨어졌다($P < 0.01$).

본 연구의 결과를 종합할 때 호밀 사일리지 제조시 예건처리(WT)가 삼출액 발생을 줄이고, 발효특성 및 사일리지 품질을 비예건처리(DC)보다 개선하며, 호기적안정성을 크게 떨어뜨리지 않으면서 동시에 사료가치를 증대시킬 수 있는 최선의 처리로 라고 생각되며, 또한 기상조건 등의 이유로 신속한 예건이 불가능할 경우에는 *beet pulp* 및 젖산균처리(BL)를 대체 가능한 처리로서 제시할 수 있다.

V. 인용 문헌

1. A.O.A.C. 1984. Official method of analysis. 14th ed. AOAC, Washington, DC.
2. Cai, Y., S. Kumai, and R. Fukumi. 1992. Effects of inoculation of lactic acid bacteria on the recovery of dry matter, distribution of isomers of lactic acid and nutritive value in silage. J. Japan. Grassl. Sci. 37(4):428-434.
3. Carpintero, C.M., A.R. Henderson, and P. McDonald. 1979. The effect of some pre-treatments on proteolysis during the ensiling of herbage. J. Bri. Grassl. Soc. 34:311-315.
4. Goering, H.L., and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agr. Handbook. No. 379. USDA.
5. Kennedy, S.J. 1990. Evaluation of three bacterial inoculants and formic acid as additives for first harvest grass. Grass Forage Sci. 45:281-288.
6. Kumai, S., T. Kimura, R. Fukumi, Y. Cai, and L. F. Qunitio. 1990. Effects of inoculation of *Lactobacilli* at ensiling on the fermentative quality of silage and changes in microflora during ensilage. J. Japan. Grassl. Sci. 36(3):231-237.
7. Lepper, W. Und O. Flieg. 1983. Methodenbuch. Neumann, Radebeul. Berlin. 4:12.
8. Martinsson, K. 1991. A comparison between formic acid and an inoculant for the preservation of grass silage for dairy cows. Swedish J. agric. Res. 21:121-130.
9. Mølle, K.G. 1979. Ensiling of green rye. p. 278-281. In C. Thomas(ed.) Forage conservation in the 80's. Proc. conf. symp. No. 11. Nov. 1979. Brit. Grassl. Soc. Brighton. UK.
10. Moore, J.E. 1970. *In vitro* dry matter or organic matter digestion. Nutri. Res. Techn. 1. 5001-5005.
11. Muck, R.E., and K.K. Bolsen. 1991. Silage preservation and silage additives. p. 105-125. In K. K. Bolsen, J.E. Baylor and M.E. McCullough (eds.) Hay and Silage Management in North America. Nat. Feed Ingreed. Assoc., West Des Moines, Iowa.
12. Rooke, J.A., F.M. Maya, J.A. Arnold, and D.G. Armstrong. 1988. The chemical composition and nutritive value of grass silages prepared with no additive or with the application of additives containing either *Lactobacillus plantarum* or formic acid. Grass Forage Sci. 43:87-95.
13. Rust, S.R., H.S. Kim, and G.L. Enders. 1989. Effects of a microbial inoculant on fermentation characteristics and nutritional value of corn silage. J. Prod. Agric. 2:235-241.
14. Spoelstra, S.F. 1991. Chemical and biological additives in forage conservation. p. 48-70. In G. Pahlow and H. Honig (eds.) Forage Conservation Towards 2000 Inst. Grassl. Forage Res., Braunschweig, Germany.
15. Staehlin, A. 1969. Handbuch der Futtermittel. Erster Band. p. 110-111.
16. Umana, R., C.R. Staples, D.B. Bates, C.J. Wilcox, and W. C. Mahanna. 1991. Effects of a microbial inoculant and sugarcane molasses on the fermentation, aerobic stability, and digestibility of bermudagrass ensiled at two moisture contents. J. Anim. Sci. 69:4588-4601.
17. Weinberg, Z.G., G. Ashbell, A. Azrieli, and I. Brukental. 1993. Ensiling peas, ryegrass and wheat with additives of lactic acid bacteria and cell wall degrading enzymes. Grass Forage Sci. 48:70-78.
18. Williams, C.C., M.A. Froetschel, L.O. Ely, and H. E. Amos. 1995. Effects of inoculation and wilting on the preservation and utilization of wheat forage. J. Dairy Sci. 78:1755-1765.
19. Zimmer, E. 1966. Die Neufassung des Gaerfutterschlüssels nach Flieg. Das wirtschaftseigene Futter. 3:299-303.
20. 大山喜信. 1976. 栽培植物 分析測定法, 作物分析 委員會編. p. 335-339.
21. 須藤 浩. 1971. サイレージと乾草. 養賢堂.
22. 高영두, 광종형, 문영식. 1987. 호맥의 생육시기

- 별수량과 whole crop silage의 품질에 관한 연구 II. 호맥의 생육시기별 silage품질. 한초지. 7(9):153-156.
23. 김정갑, 한민수, 김건엽, 한정대, 강우성, 신정남. 1995. 주요사료작물의 곤포사일리지 제조이용에 관한 연구 II. 생육단계별 건물축적형태와 곤포사일리지 제조이용. 한초지. 15(3): 198-206.
24. 송진달, 임근발, 양중성. 1988. 호맥의 청예이용을 위한 재배모형에 관한 연구 I. 답리작호맥의 수확시기별 청예사료 생산 및 사일리지품질. 한초지. 8(3):165-168.
25. 신정남, 배동호. 1986. 개미산의 첨가가 건물함량이 다른 호밀 사일리지의 품질에 미치는 영향. 한초지. 6(1):6-13.
26. 장진호, 한성윤, 김대진. 1995. 호밀 사일리지에 있어서 밀기울 첨가 효과. 한초지. 15(4):285-290.