

## 유산균 및 개미산 첨가가 수확시기별 벼 사일리지의 발효 품질 및 사료성분에 미치는 영향

김병완 · 김곤식 · 성경일

### Effect of Lactic Acid Bacteria and Formic Acid on the Silage Quality of Whole Crop Rice at Different Maturity

B. W. Kim, G. S. Kim and K. I. Sung

#### ABSTRACT

Silage additives are needed to increase the quality of whole crop rice silage which seldom produce without the additives due to both high pH and butyric acid concentrations. Little information, however, is available about the silage fermentation of whole crop rice added with silage additives in Korea. This study was conducted to determine the optimum levels of silage additives by evaluating the effects of lactic acid bacteria (LAB) and formic acid concentrations on the silage quality of whole crop rice harvested at different mature stages. Field study was established early in May until October 7th on a rice field at Yupori, Sinbuk-yeup, Chunchon, Kangwon-Do. "Ilpum" mutant rice was harvested at six different mature stages; booting stage (17 Aug.), milk-ripe stage (27 Aug.), dough stage (7 Sep.), yellow ripe stage (17 Sep.), dead ripe stage (27 Sep.) and full ripe stage (7 Oct.). Each sample was ensiled in three different ways; with 1) LAB (0.05, 0.1 and 0.2% of sample wt), 2) formic acids (0.2, 0.3 and 0.4% of sample wt.) and 3) no additive. The additive levels did not affect dry matter content, crude protein, fiber and total digestible nutrient concentrations at all stages. Addition of additives significantly decreased the silage pH and butyric acid concentrations which tended to be more decreased with higher levels of additives. Lactic acid concentrations were higher with the use of additives, especially with LAB. The lower concentrations of ammonia-N were observed in additive treatments at all stages, but the concentrations of ammonia-N did not differ according to the additive levels after yellow ripe stage (0.69, 0.60 and 0.71% of DM in 0.05, 0.1 and 0.2% of LAB, respectively; 0.64, 0.59 and 0.75% of DM in 0.2, 0.3 and 0.4% of formic acid, respectively). These results indicate that the optimum addition levels of LAB and formic acid are 0.5~0.1% and 0.2~0.3%, respectively, on which the high quality of rice whole crop silage was produced.

(Key words: Whole crop rice silage, Fermentation characteristics, CP, NDF, TDN)

#### I. 서 론

최근 들어 우리나라는 지속적인 쌀 공급량  
증가와 소비량의 감소에 따라 식용벼를 조사료

로 재배, 이용(이하 "사료용 벼"라 함)하고자  
하는 연구가 진행되고 있다(성 등, 2002). 벼를  
조사료원으로 이용할 경우 생초를 그대로 이용  
할 수도 있지만, 많은 양은 대부분 사일리지로

강원대학교 동물자원과학대학 (College of Animal Resources sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea)

조제되어 장기간 저장하게 된다(성 등 2003).

일반적으로 벼를 비롯한 화분과 작물에서 발효품질이 양호한 사일리지를 조제하기 위해서는 유산균과 당 함량이 중요하다. 생육중의 목초, 식용작물 및 두과작물 등에 포함되어 있는 유산균 수는 g당 100 cfu 미만인 것으로 알려져 있으며(Fenton, 1987; Muck, 1989), 이러한 작물들은 생육이 점차 성숙되어 가면서 유산균 수가 증가하는 것으로 보고되고 있으나(Nilsson and Nilsson, 1956) 옥수수에 비해서는 낮은 편이다. 옥수수의 유산균 수는 수확직전 g당  $10^3$ ~ $10^7$  cfu가 포함되어 있어(Miscckovic 및 Rasovic, 1972) 첨가제 없이도 양질의 사일리지를 조제할 수 있다. 그러나 유산균 함량이 적은 원료초는 충분한 발효를 일으키는 유산균 수가 적기 때문에 흔히 품질이 불량한 사일리지가 조제되기 쉽다. 벼 사일리지는 보통 높은 pH와 많은 양의 butyric acid를 생산하여 발효품질이 좋지 못한 결과를 초래한다고 하고 있다(Goto et al., 1991). 이 경우 유산균을 첨가하게 되면 유산발효가 촉진되고 발효품질이 개선되며, 건물 회수율 향상 및 호기적 변패를 억제하는 효과가 있다. 당 함량이 적은 원료초의 사일리지 또한 발효가 충분히 일어날 수 없으므로, pH가 높아서 발효품질이 불량하게 된다. 이러한 경우, 개미산의 소량 첨가로 양질의 사일리지 조제인 낮은 산도(pH 4.0 이하)를 장기간 유지시킬 수 있으며, 사일리지 조제 후 발효온도가 낮아 양질의 사일리지 제조가 가능하다는 장점이 있다. 특히, 개미산을 첨가할 경우 발효초기에 pH를 신속히 저하시켜 원료초의 단백질 분해를 억제하여(Thomas, 1978) 사일리지의 영양가치의 손실을 억제할 수 있을 뿐만 아니라, 건물 손실율을 줄이고 가축의 섭취량을 증가시킨다(Waldo, 1997).

국내외적으로 유산균과 개미산 같은 첨가제가 사일리지의 발효품질 향상에 큰 도움을 준

다는 연구결과가 많이 보고되고 있지만(Leibensperger and Pitt, 1988; Wohlt, 1989; 김 등, 1999), 우리나라에서는 아직까지 벼에 유산균과 개미산을 첨가하여 사료성분과 발효품질의 변화에 대해서 검토된 바 없다. 따라서 본 연구는 생육시기별로 수확된 사료용 벼에 유산균 및 개미산의 첨가수준을 달리 하였을 때 사료성분과 발효품질에 어떠한 변화가 있는지를 조사하여, 발효품질이 양호한 벼 사일리지의 조제를 위한 각 첨가제의 적정 첨가수준을 구명하고자 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

본 시험은 강원도 춘천시 신북읍 유포리에 위치한 기존 논을 이용하여 5월 초순부터 예취가 끝나는 10월 7일 까지 실시되었다. 공시재료는 일품벼 mutant(만생종)를 사용하였으며, 파종량은 52 kg/ha로 조파로서 이앙기를 이용하여 실시하였다. 시비량은 ha당 질소, 인산 및 칼리를 각각 209, 113 및 81 kg을 사용하였다. 벼의 이앙시기는 5월 초순이었으며, 파종부터 수확까지의 재배관리는 일반 식용벼 재배와 동일하게 관리되었다. 수확은 최초 8월 17일부터 10일 간격으로 8월 17일(수잉기), 8월 27일(유숙기), 9월 7일(호숙기), 9월 17일(황숙기), 9월 27일(고숙기) 및 10월 7일(완숙기)로 6회 실시하였다.

수확시기별로 예취된 벼는 1.5~2.0 cm로 세절한 후, 유산균(Silo-boss inoculant) 및 개미산을 각각 원료무게의 0.05, 0.1 및 0.2%와 0.2, 0.3 및 0.4%로 첨가한 구(as-fed 기준)와 첨가제를 첨가하지 않는 대조구로 나뉘었다. 각각의 처리는 3반복으로 하였고, 첨가제를 처리한 벼 시료 400 g는 크기 30×40 cm, 비닐 두께 0.08 mm의 비닐백에 담아 Packing Machine(Magic seal)에 의해 완전기밀 상태가 유지되도록 하였

다. 벼 사일리지는 저장 60일 후에 개봉하여, 사료성분 분석을 위하여 각 처리구별로 400 g 을 취하여 60°C 순환 송풍식 건조기에서 72시간 건조시킨 후 건물울을 구하였고, 얻어진 시료는 20 mesh Wiley Mill로 분쇄한 후 직사광선이 들지 않는 곳에서 분석시까지 보관하였다.

건물(Dry matter; DM), 조회분(Crude ash; Ash), 조섬유(Crude fiber; CF), 조지방(Ether extract; EE), 조단백질(Crude protein; CP) 및 가용무질소물(Nitrogen free extract; NFE) 함량은 A.O.A.C 방법(1991)에 의해서 분석하였고, NDF(Neutral detergent fiber)와 ADF(Acid detergent fiber) 함량은 Goering과 Van Soest(1979) 방법으로 분석하였다. 가소화 영양소 총량(Total digestible nutrition; TDN) 함량은 CP, NFE, EE 및 CF 함량을 이용한 회기방정식(Wardeh, 1981;  $TDN \text{ 함량} = -21.9391 + 1.0538(CP\%) + 0.9736(NFE\%) + 3.0016(EE\%) - 0.4590(CF\%)$ )으로 산출하였다.

발효품질을 조사하기 위하여 사일리지 150 g 를 취하여 500 ml의 툴비이커에 넣고 300 ml의 증류수를 더한 다음 마개를 덮고 냉장고 내에서 24시간 방치하였으며, 추출을 완전히 하기 위하여 6시간 간격으로 흔들어서 주었다. 24시간 후 방치된 사일리지를 압착한 다음 4중 가아제로 짜낸 후 여과지를 통과한 추출액을 냉동실에 보관하여 분석에 이용하였다. 각 처리에서 사일리지의 pH는 pH meter(Model 420)로 측정하였고, 유산(Lactic acid) 분석은 Barker and Summerson(1941)법을 이용하였다. 암모니아태 질소(NH<sub>3</sub>-N)는 추출액을 10배 희석하여 자동수질분석기(Quikchem 8000)로 분석하였으며, 휘발성 지방산(Volatile Fatty Acid; VFA)은 가스크로마토그래피(Shimadzu GC-17A, Japan)를 이용하여 측정하였다. 전처리 시료의 상층액과 25% Phosphoric acid를 5:1비율로 잘 혼합하

여 30분간 정치시켰으며, 3,000 rpm으로 10분간 원심분리한 후 상층액을 채취, -20°C에서 측정시까지 보관하여 VFA 분석에 이용하였다. 이때 분석조건으로는 Valciband (Capillary GC Columns) 30 m × 0.25 mm × 0.25 μm column를 부착하였고, Injector, Column 및 Detector 온도는 각각 230, 100 및 230°C로 셋팅 하였으며, Column temperature programming는 분당 8°C를 유지하도록 하였다. 또한 헬륨가스(Carrier gas; He)의 유입량은 분당 7 ml로 하였고, 수소와 산소 유입량은 15 ml로, Split ration은 1:3으로, Sample 주입량은 1 μl로 하였다.

본 시험의 데이터는 SAS package program(version 8.1, 2000)의 GLM procedure에 의하여 통계분석 하였고, 각 처리간의 유의성 검정은 Duncan's 다중검정에 의하여 5% 수준에서 실시하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 사료성분 및 TDN 함량

모든 수확시기에서 유산균과 개미산 첨가수준에 따른 건물 함량의 차이는 없었으며, 수잉기(19.6~24.2%)를 제외하고는, 모든 수확시기에서 건물 함량이 30% 이상으로서 화본과와 두과목초 사일리지처럼 예견을 할 필요는 없는 것으로 생각된다. 조단백질 함량은 수잉기 수확시에 개미산 0.4% 첨가구에서 10.43%로 가장 높았으나, 각 수확시기 모두 유산균 및 개미산 첨가수준에 따른 유의적 차이는 없었고(P>0.05), NDF 함량도 각 수확시기 공히 첨가제수준에 따른 유의적 차이는 없었다(P>0.05). 성 등(2002)이 보고한 조사료로 이용하기 위한 벼의 수확시기인 황숙기(9월 17일)의 경우에서도, 유산균 및 개미산 첨가수준에 따른 사료성분의 차이는 나타나지 않았다(Table 1).

Table 1. Chemical compositions of whole crop rice silage added with lactic acid bacteria (LAB) and formic acid harvested at five different harvest dates

Harvest Date	Additives	DM	CP	NDF	ADF	CF	EE	Ash	NFE	TDN		
27 Aug.	0	30.88	8.88 <sup>a</sup>	66.11 <sup>a</sup>	39.35 <sup>a</sup>	33.84 <sup>a</sup>	3.11 <sup>a</sup>	12.18 <sup>a</sup>	41.99	53.17		
	LAB	0.05	30.58	8.61 <sup>a</sup>	62.25 <sup>a</sup>	35.17 <sup>b</sup>	30.82 <sup>b</sup>	2.94 <sup>a</sup>	10.66 <sup>d</sup>	46.97	55.83	
		0.1	29.66	9.37 <sup>a</sup>	62.14 <sup>a</sup>	34.70 <sup>b</sup>	31.98 <sup>c</sup>	2.89 <sup>a</sup>	11.18 <sup>b</sup>	44.58	54.69	
		0.2	28.49	8.76 <sup>a</sup>	63.25 <sup>a</sup>	34.56 <sup>b</sup>	29.89 <sup>bc</sup>	2.36 <sup>a</sup>	10.96 <sup>c</sup>	48.03	54.86	
	Formic acid	0	30.88	8.88 <sup>a</sup>	66.11 <sup>a</sup>	39.35 <sup>a</sup>	33.84 <sup>a</sup>	3.11 <sup>b</sup>	12.18 <sup>c</sup>	41.99	53.17	
		0.2	30.89	8.79 <sup>a</sup>	61.26 <sup>b</sup>	34.68 <sup>b</sup>	29.00 <sup>b</sup>	3.64 <sup>a</sup>	12.84 <sup>a</sup>	45.73	56.09	
		0.3	31.64	8.74 <sup>a</sup>	61.18 <sup>b</sup>	33.63 <sup>b</sup>	27.86 <sup>b</sup>	3.44 <sup>ab</sup>	12.61 <sup>b</sup>	47.35	56.49	
		0.4	31.49	8.79 <sup>a</sup>	60.61 <sup>b</sup>	34.33 <sup>b</sup>	28.44 <sup>bc</sup>	3.44 <sup>ab</sup>	11.95 <sup>d</sup>	47.38	56.83	
	7 Sep.	0	33.01	8.30 <sup>a</sup>	62.57 <sup>a</sup>	36.05 <sup>a</sup>	32.09 <sup>a</sup>	3.58 <sup>a</sup>	11.80 <sup>a</sup>	44.23	55.35	
		LAB	0.05	30.25	7.47 <sup>b</sup>	58.08 <sup>b</sup>	33.15 <sup>b</sup>	28.69 <sup>b</sup>	3.30 <sup>b</sup>	11.19 <sup>b</sup>	49.35	57.05
			0.1	29.91	7.98 <sup>a</sup>	57.26 <sup>b</sup>	31.13 <sup>c</sup>	26.54 <sup>c</sup>	3.21 <sup>c</sup>	11.17 <sup>b</sup>	51.10	58.04
			0.2	27.02	7.55 <sup>b</sup>	59.49 <sup>b</sup>	31.62 <sup>bc</sup>	27.13 <sup>c</sup>	3.36 <sup>b</sup>	10.67 <sup>c</sup>	51.29	58.49
Formic acid		0	33.01	8.30 <sup>a</sup>	62.57 <sup>a</sup>	36.05 <sup>a</sup>	32.09 <sup>a</sup>	3.58 <sup>a</sup>	11.80 <sup>a</sup>	44.23	55.35	
		0.2	31.33	8.30 <sup>a</sup>	60.75 <sup>a</sup>	36.35 <sup>a</sup>	31.10 <sup>b</sup>	3.16 <sup>b</sup>	11.75 <sup>a</sup>	45.69	55.05	
		0.3	33.53	8.99 <sup>a</sup>	57.33 <sup>b</sup>	30.03 <sup>b</sup>	26.60 <sup>c</sup>	3.80 <sup>a</sup>	11.12 <sup>b</sup>	49.49	59.34	
		0.4	33.22	8.20 <sup>a</sup>	53.73 <sup>c</sup>	31.30 <sup>c</sup>	24.54 <sup>d</sup>	3.53 <sup>ab</sup>	10.56 <sup>c</sup>	53.17	60.33	
17 Sep.		0	40.60	6.56 <sup>a</sup>	61.39 <sup>b</sup>	36.87 <sup>ab</sup>	31.19 <sup>a</sup>	3.03 <sup>a</sup>	13.81 <sup>a</sup>	45.41	52.59	
		0.05	34.34	6.03 <sup>b</sup>	63.06 <sup>a</sup>	37.18 <sup>a</sup>	29.40 <sup>b</sup>	2.85 <sup>a</sup>	11.95 <sup>b</sup>	49.77	54.92	
		0.1	35.12	6.51 <sup>ab</sup>	63.44 <sup>a</sup>	35.73 <sup>ab</sup>	30.76 <sup>a</sup>	2.87 <sup>a</sup>	11.74 <sup>c</sup>	48.12	54.51	
		0.2	31.62	7.01 <sup>a</sup>	59.98 <sup>c</sup>	32.05 <sup>b</sup>	25.13 <sup>c</sup>	3.21 <sup>a</sup>	11.86 <sup>b</sup>	52.79	58.01	

Harvest Date	Additives	DM	CP	NDF	ADF	CF	EE	Ash	NFE	TDN		
17 Sep.	0	40.60	6.56 <sup>b</sup>	61.39 <sup>a</sup>	36.87 <sup>a</sup>	31.19 <sup>a</sup>	3.03 <sup>a</sup>	13.81 <sup>d</sup>	45.41	52.59		
	Formic acid	0.2	37.97	6.87 <sup>ab</sup>	61.87 <sup>a</sup>	35.92 <sup>a</sup>	27.48 <sup>c</sup>	3.54 <sup>a</sup>	14.85 <sup>a</sup>	47.26	54.55	
		0.3	36.89	6.93 <sup>a</sup>	62.46 <sup>a</sup>	34.39 <sup>a</sup>	26.34 <sup>d</sup>	3.24 <sup>a</sup>	14.31 <sup>b</sup>	49.18	55.06	
	0.4	31.36	6.62 <sup>b</sup>	61.82 <sup>a</sup>	35.55 <sup>a</sup>	28.89 <sup>b</sup>	3.05 <sup>a</sup>	14.14 <sup>c</sup>	47.30	53.50		
	27 Sep.	0	44.44	6.00 <sup>a</sup>	60.03 <sup>b</sup>	35.45 <sup>a</sup>	27.15 <sup>a</sup>	2.80 <sup>a</sup>	16.75 <sup>a</sup>	47.30	51.30	
		LAB	0.05	38.57	5.81 <sup>a</sup>	61.95 <sup>a</sup>	33.89 <sup>ab</sup>	27.01 <sup>a</sup>	2.77 <sup>a</sup>	16.91 <sup>a</sup>	47.50	51.14
			0.1	37.83	5.91 <sup>a</sup>	62.67 <sup>a</sup>	33.67 <sup>b</sup>	25.84 <sup>b</sup>	2.92 <sup>a</sup>	16.01 <sup>b</sup>	49.32	52.94
		0.2	36.23	6.16 <sup>a</sup>	62.36 <sup>a</sup>	32.86 <sup>b</sup>	25.83 <sup>b</sup>	2.99 <sup>a</sup>	16.08 <sup>b</sup>	48.94	53.04	
7 Oct.		0	44.44	6.00 <sup>a</sup>	60.03 <sup>a</sup>	35.45 <sup>a</sup>	27.15 <sup>a</sup>	2.80 <sup>a</sup>	16.75 <sup>a</sup>	47.30	51.30	
		Formic acid	0.2	45.08	5.95 <sup>a</sup>	58.34 <sup>a</sup>	35.32 <sup>a</sup>	25.00 <sup>c</sup>	2.80 <sup>a</sup>	15.97 <sup>b</sup>	50.28	53.16
			0.3	43.85	6.19 <sup>a</sup>	59.43 <sup>a</sup>	33.02 <sup>a</sup>	26.68 <sup>ab</sup>	3.03 <sup>a</sup>	16.60 <sup>a</sup>	47.50	52.17
		0.4	45.10	6.33 <sup>a</sup>	59.23 <sup>a</sup>	33.61 <sup>a</sup>	26.12 <sup>b</sup>	2.73 <sup>a</sup>	15.87 <sup>b</sup>	48.95	52.57	
	7 Oct.	0	46.81	6.07 <sup>ab</sup>	62.30 <sup>a</sup>	37.50 <sup>c</sup>	30.94 <sup>a</sup>	3.23 <sup>a</sup>	16.69 <sup>a</sup>	43.07	50.29	
		LAB	0.05	45.25	5.78 <sup>a</sup>	65.13 <sup>a</sup>	38.23 <sup>a</sup>	31.58 <sup>a</sup>	2.97 <sup>b</sup>	16.20 <sup>b</sup>	43.47	49.88
			0.1	45.51	5.81 <sup>ab</sup>	64.78 <sup>a</sup>	38.28 <sup>b</sup>	30.70 <sup>a</sup>	2.44 <sup>c</sup>	16.29 <sup>b</sup>	44.76	49.17
		0.2	41.65	6.15 <sup>a</sup>	65.28 <sup>a</sup>	36.40 <sup>a</sup>	27.15 <sup>b</sup>	2.85 <sup>b</sup>	16.60 <sup>a</sup>	47.25	51.56	
Formic acid		0	46.81	6.07 <sup>a</sup>	62.30 <sup>a</sup>	37.50 <sup>a</sup>	30.94 <sup>a</sup>	3.23 <sup>a</sup>	16.69 <sup>b</sup>	43.07	50.29	
		0.2	44.53	5.93 <sup>a</sup>	60.72 <sup>b</sup>	35.12 <sup>a</sup>	29.45 <sup>b</sup>	2.71 <sup>bc</sup>	17.81 <sup>a</sup>	44.10	48.90	
		0.3	48.94	5.73 <sup>a</sup>	61.58 <sup>a</sup>	35.58 <sup>a</sup>	29.57 <sup>b</sup>	3.15 <sup>ab</sup>	16.32 <sup>c</sup>	45.23	51.16	
		0.4	45.12	6.04 <sup>a</sup>	61.24 <sup>a</sup>	34.26 <sup>a</sup>	29.08 <sup>b</sup>	2.63 <sup>c</sup>	16.12 <sup>c</sup>	46.13	50.58	

abcd Means in the same column with different superscripts differ ( $p < 0.05$ ).

각 수확시기에서 유산균 및 개미산 첨가수준에 따른 TDN 함량의 차이는 발생하지 않았다. 이는 TDN 함량에 영향을 주는 사료성분의 차이가 각 수확시기에서 첨가제 수준에 따라 변화하지 않은 결과와 일치한다. 본 연구의 황숙기 TDN 함량(52.3~58.0%)은 일본의 稻醱酵粗飼料推進協議會 등(2001) 및 加納 등(2000)이 보고한 같은 시기의 TDN 함량 59% 및 57.3%와 유사하였지만, 일본의 사료용 벼 품종 Hukuhibiki, 中國 146호, 關東飼 206호의 TDN 함량 47.5~52.5% 보다는 높은 것이었다(齊藤, 2001). 한편, 우리나라에서 많이 이용되고 있는 조사료와 비교하면 옥수수 사일리지의 유숙기(58%), 호숙기(64%), 황숙기(62%) 및 완숙기(63%)의 TDN 함량보다 낮은 수준이나, 벧짚(48%) 및 호밀 사일리지(51%) 보다는 높은 수준이었다(한 등, 1982).

## 2. 발효품질

모든 수확시기에서 유산균 및 개미산 처리가 무처리구에 비해서 낮은 pH를 나타냈다. 특히, 황숙기에 무처리구의 pH가 4.94인데 비해 유산균 및 개미산 첨가구는 각각 평균 3.84(0.05%구; 3.88, 0.1%구; 3.70, 0.2%구; 3.66) 및 4.37(0.2%구; 4.57, 0.3%구; 4.26, 0.4%구; 4.24)로 크게 낮았다( $P<0.05$ ) (Fig. 1). 수잉기를 제외한 모든 수확시기에서 유산균 처리구가 개미산 처리구에 비해서 낮은 pH를 나타내고 있지만, 두 처리구 모두 양질의 사일리지를 조제하기 위한 양호한 pH 수준을 보였다. 각 첨가제 공히 첨가수준이 높아짐에 따라 모든 수확시기에서 pH가 낮아지는 경향이 나타났다. 본 연구에서 첨가제 처리구의 pH는 일본의 자료(www.affrc.go.jp, 2002)에서 보고한 사료용 벼 품종 北陸 153호와 北陸 147호를 각각 호숙기와 황숙기에 사일리지로 조제하였을 때 보다 낮은 것이

며, 일본 자료에서 보고한 pH는 본 연구의 무첨가구의 결과와 유사한 것이었다. 또한 본 연구의 무첨가구에서 나타난 pH 4.94도 김 등(1999)이 연구한 무첨가 알팔파 사일리지의 pH 5.45보다 양호한 결과를 보여주었다.

유산 함량은 각 수확시기 모두에서 유산균 및 개미산 처리구가 무처리구에 비해서 유의적으로 높았으며 ( $P<0.05$ ), 개미산 처리구 보다는 유산균 처리구에서 보다 많은 유산이 생성되었다(Fig. 2). 위에서 개미산 처리구보다 유산균 처리구가 전반적으로 낮은 pH를 보인 것은 유산균 처리구에서 더 많은 유산이 생성된 결과라 할 수 있다. 벼를 사료로 이용하기 위한 수확적기라 할 수 있는 황숙기에서 유산균을 0.05, 0.1 및 0.2%를 첨가한 첨가구에서 유산이 각각 건물 함량당 4.06, 4.29 및 5.52 % 생성되었고( $P<0.05$ ), 개미산을 0.2, 0.3 및 0.4%를 첨가한 첨가구에선 유산이 각각 건물 함량당 1.77, 2.76 및 4.34% 생성되었다( $P<0.05$ ). 유산균 처리구에 유산균 첨가 수준이 높아짐에 따라 모든 수확시기에서 높은 유산 생성율을 보였지만, 호숙기 이후에서는 유산균을 0.1과 0.2% 첨가한 구 간에 유산의 생성비율이 큰 차이를 보이지 않았다. 반면, 개미산 처리구에서는 개미산 첨가 수준이 높아짐에 따라 황숙기 이전에는 유산 생성에 있어 유의적 차이를 보이지 않았으나, 그 후 숙기에선 큰 차이를 보였다. 황숙기에 유산균 및 개미산 첨가구에서 생성된 유산 함량이 황숙기 이전의 수확에서 보다 낮은 결과를 보였는데, 이는 황숙기에 벼의 수분 함량이 60% 정도로 황숙기 이전 시기(수잉기; 74%, 유숙기; 67%, 호숙기; 66%)에서 보다 낮았던 것에 기인하는 것으로 사료된다(성 등, 2002). 본 연구의 황숙기 수확에서 생성된 무첨가구의 유산 함량(건물 함량당 1.22%)은 Goto 등(1991) 및 後藤 등(2001)이 보고한 같은 시기의 건물 함량당 약 0.41%에 비해 높

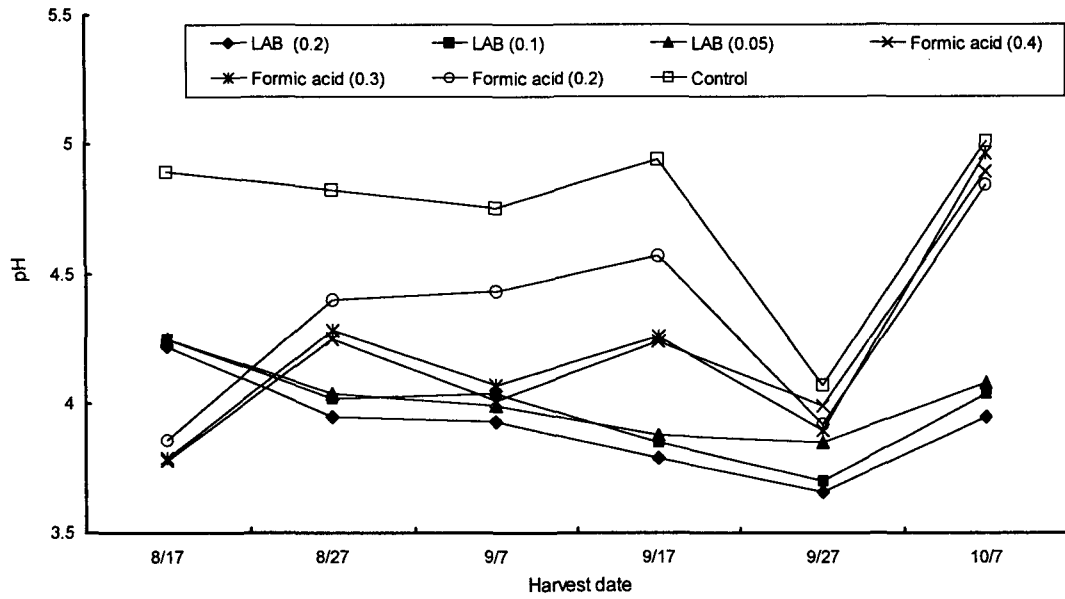


Fig. 1. Changes in pH of whole crop rice silage treated with Lactic acid and Formic acid on each harvest date.

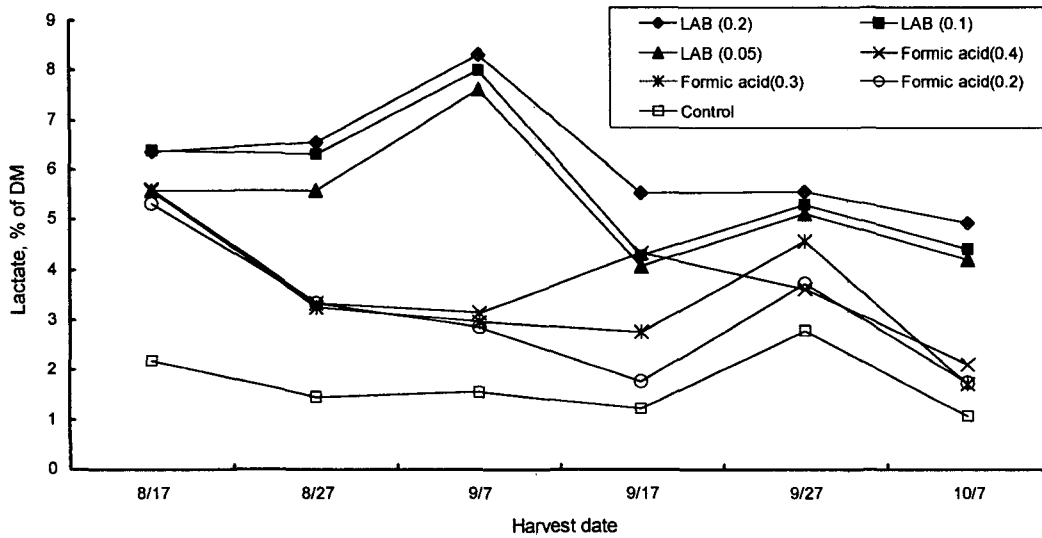


Fig. 2. Lactate concentration of whole crop rice silage added with lactic acid bacteria (LAB) and formic harvested six different.

았으며, 특히 유산균을 첨가한 구에서 생성된 유산 함량은 거의 10배 이상이나 높았다. 낙산 함량은 모든 수확시기에서 무 첨가구보다 첨가

제 첨가구에서 공히 낮았고 ( $P < 0.05$ ), 유산균 및 개미산 첨가제 첨가구에서 모두 첨가제 처리수 준이 높아짐에 따라 낮아지는 경향을 보였다.

벼 사일리지는 유산 함량이 낮고 초산이나 낙산 함량이 높은 것으로 알려져 있으나(Goto 등, 1991; www.affrc.go.jp, 2002), 벼 사일리지를 조제할 때 첨가제를 처리할 경우 양호한 발효품질의 사일리지가 가능한 것으로 보고되고 있다(高野, 1984). 본 연구에서도 벼를 세절하여 유산균과 개미산을 처리할 경우 사일리지의 품질에 영향을 미칠 만큼 낙산이 생성되지 않았다.

암모니아태 질소 함량은 첨가제 첨가구와 무첨가구 공히 수확시기가 늦어지면서 점차 감소하는 경향을 보였으며, 모든 수확시기에서 첨가제 첨가구가 무첨가구에 비해서 유의적으로 낮게 나타났다( $P < 0.05$ ) (Fig. 3). 암모니아태 질소 함량이 낮은 수확시기에서 비해 이른 수확시기에 상대적으로 많은 이유는 수분 함량의 차이에 기인된다고 할 수 있다. 즉, 늦은 수확시기의 낮은 수분 함량으로 인해 사일리지 발효과정중 clostridia와 enterobacteria의 활력이 감소되어, 아미노산의 deamination이 저하를 초래시켜 암모니아태 질소의 생성이 감소된 것으로

생각된다. Much (1987)은 암모니아태 질소의 생성에 관계하는 proterolysis 비율이 알팔파의 건물 함량이 높아짐에 따라 지속적으로 감소한다고 보고 하였다. 개미산 첨가구가 유산균 첨가구에 비해 모든 수확시기 특히, 황숙기 이전시기에 암모니아태 질소 함량이 낮은 결과를 보였는데, 이는 사일리지 발효과정 동안 개미산은 유산균에 비해 발효 초기 pH를 신속히 떨어뜨려, 단백질의 분해를 억제시킨 결과라 할 수 있다. 첨가제 처리수준에 따른 암모니아태 질소 함량의 차이는 모든 수확시기, 특히 황숙기 이후에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다 ( $P < 0.05$ ). 본 연구에서 나타난 암모니아태 질소 함량은 유산균(황숙기 기준; 0.67%) 및 개미산 첨가구(황숙기 기준; 0.66%)는 물론 무첨가구(황숙기 기준; 1.06%)에서도 Haigh(1996)가 보고한 양질의 사일리지 기준이 되는 건물 함량중 암모니아태 질소 함량(10% 이하) 보다도 훨씬 적은 양이었고, 後藤 등(2001)이 연구한 벼 사일리지의 평균 암모니아태 질소 함량인 8.8% 보다도 낮은 결과였다.

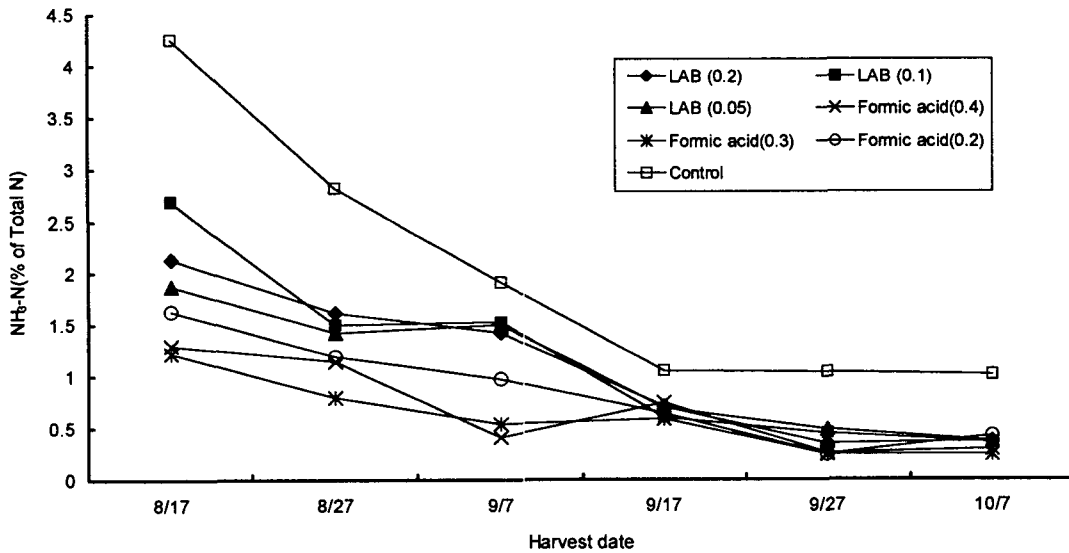


Fig. 3. Ammonia-N concentration of whole crop rice silage added with lactic acid bacteria (LAB) and formic acid harvested at six different harvest dated.



이상의 결과에 의하면, 모든 수확시기에서 벼를 사일리지로 조제할 때 유산균 또는 개미산 같은 첨가제를 처리하는 것은 벼 사일리지의 발효품질을 향상시켰으며, 특히 유산균 첨가에서 더욱 우수한 발효품질이 나타났다. 각 첨가제 공히 모든 수확시기에서 첨가수준이 높아짐에 따라 pH, 낙산 및 암모니아태 질소 함량은 낮아지고, 유산의 함량은 높아지는 경향을 보였지만, 유산균과 개미산 첨가수준이 낮은 조건에서도 충분한 발효품질의 향상을 가져왔다. 따라서 양질의 벼 사일리지 조제를 위한 유산균과 개미산의 첨가수준은 각각 0.5~0.1%와 0.2~0.3%가 적정수준으로 사료된다.

#### IV. 요약

벼 사일리지는 일반적으로 높은 pH와 많은 양의 butyric acid로 인하여 발효 품질이 좋지 못하기 때문에 발효품질 향상을 위해서 첨가제 처리가 요구된다. 하지만, 아직까지 국내에선 첨가제를 첨가하여 벼 사일리지의 발효품질에 대해서 검토된 바 없다. 따라서 본 연구는 생육시기별로 수확된 사료용 벼에 유산균 및 개미산의 첨가수준을 달리하여 사료성분과 발효품질의 변화를 조사하여 양질의 벼 사일리지를 조제를 위한 적정 첨가수준을 구명하기 위하여 수행되었다. 본 시험은 강원도 춘천시 신북읍 유포리에 위치한 기존 논에서 일품벼 mutant (만생종)를 최초 8월 17일부터 10일 간격으로 6회(8월 17일; 수잉기, 8월 27일; 유숙기, 9월 7일; 호숙기, 9월 17일; 황숙기, 9월 27일; 고숙기, 및 10월 7일; 완숙기) 수확하여 수확시기별로 유산균 및 개미산을 각각 원료무게의 0.05, 0.1 및 0.2% 와 0.2, 0.3 및 0.4%를 첨가하였다. 건물함량, 조단백질, 섬유소 및 TDN 함량은 모든 수확시기에서 첨가제 처리수준에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다. 유산균

및 개미산 처리가 모든 수확시기에서 무처리구에 비해서 낮은 pH를 나타냈으며, 각 첨가제 공히 첨가수준이 높아짐에 따라 pH가 낮아지는 경향을 나타냈다. 유산 함량은 각 수확시기 모두에서 유산균 및 개미산 처리구가 무처리구에 비해서 유의적으로 높았으며 ( $P < 0.05$ ), 유산균 처리구에서 더 많은 유산이 생성되었다. 낙산 함량은 모든 수확시기에서 무첨가구보다 첨가제 처리구에서 공히 낮았고 ( $P < 0.05$ ), 첨가제 처리수준이 높아짐에 따라 낮아지는 경향을 보였다. 암모니아태 질소 함량은 모든 수확시기에서 첨가제 처리구가 무첨가구에 비해서 유의적으로 낮게 나타났으나 ( $P < 0.05$ ), 황숙기 이후에서 첨가수준에 따른 유의적 차이는 나타나지 않았다 ( $P < 0.05$ ). 본 연구에서 발효품질은 첨가제 첨가수준이 높아짐에 따라 향상되는 경향을 보였지만, 낮은 처리수준에서도 양질의 사일리지 조제가 가능하였다. 따라서 양질의 벼 사일리지 조제를 위한 유산균과 개미산의 첨가수준은 각각 0.5~0.1%와 0.2~0.3%가 적정수준인 것으로 사료된다.

#### V. 사 사

본 연구는 대산농촌문화재단(2003년도)의 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### VI. 인용 문헌

1. A. O. A. C. 1990. Official Methods of Analysis (15th Ed). Association of Official Analysis Chemists. Washington, D.C.
2. Barker, S.B. and W.H. Summerson. 1941. The colorimetric determination of lactic acid in biological material. J. Biol. Chem, 138, 535-554.
3. Fenton, M.P. 1987. An investigation into the sources of lactic acid bacteria in grass silage. J. Appl. Bact. 62:181-188.

4. Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1979. Forage fiber analysis. Agr. Handbook No. 379. ARS. USDA. Washington, D. C.
5. Goto, M., O. Morita, K. Nishivaki and A. Nakashima. 1991. Feeding value of rice whole crop silage as compared to those of various summer forage crop silages. Anim. Sci. Technol. (Jan.) 62(1):54-57.
6. Haigh, P.M. 1996. The effect of dry matter content and silage additives on the fermentation of bunker-made grass silage on commercial farms in England 1984-91. J. Agric. Engng Res. 64: 249-259.
7. Leibensperger, R.Y. and R.E. Pitt. 1988. Modeling the effects of formic acid and molasses on ensilage. J. Dairy Sci. 71:1220-1231.
8. Miscovic, K. and B. Rasovic. 1972. Quantitative participation of lactic acid bacteria in the epiphytic microflora of sorghum, maize, lucerne and silo maize. Savremena Poljoprivreda. 20:45-54.
9. Muck, R.E. 1987. Dry matter level effects on alfalfa silage quality I. Nitrogen transforamation. Trans. ASAE 30:7-14.
10. Muck, R.E. 1989. Initial bacterial numbers on lucerne prior to ensiling. Grass Forage Age Sci. 44:19-25.
11. Nilsson, G. and P.E. Nilsson. 1956. The microflora on the surface of some fodder plants at different stages of maturity. Archiv Mikrobiol. 24: 412-422.
12. SAS. 2000. Statistical Analysis System ver., 8.01. SAS Institute Inc., Cary, NC.
13. Thomas, J. W. 1978. Preservatives for conserved forage crops. J. Anim. Sci. 47(3):721-735.
14. Waldo, D.R. 1977. Potential of chemical preservation and improvement of forage. J. Dairy Sci. 60:306-311.
15. Wardeh, M.F. 1981. Models for estimating energy and protein utilization for feed. Ph.D. Dissertation. Utah State Univ., Logan.
16. Wohlt. J.E. 1989. Use of silage inoculant to improve feeding stability and intake of a corn silage-grain diet. J. Dairy Sci. 72:545-551.
17. 김종근, 정의수, 강우성, 함준상, 김종덕, 서 성, 이종경. 1999. 첨가제 처리가 알팔파 사일리지의 품질에 미치는 영향. 한초지 19(2):115-120.
18. 성경일, 김병완, 홍석만, 권혁도, 김민기, 최종우, 김아정. 2002. 수확시기가 사료용 벼의 초장, 건물 수량 및 사료성분에 미치는 영향. 2002 한국 동물자원과학회 학술발표회 초록집. p206.
19. 성경일, 김병완, 김곤식, 홍석만. 2003. 벼의 사료 화에 있어서 수확시기 및 첨가제 첨가가 벼 whole crop 사일리지의 사료성분 및 발효품질에 미치는 영향. in 대산논총, 165-176 대산농촌문화 재단.
20. 한인규 외. 1982. 한국사료성분표. 한국사료정보 센터, p 262.
21. 稲醱酵粗飼料推進協議會, 飼料増産戰略會議, 日本草地畜産種子協會. 2001. 稲醱酵粗飼料生産・給與技術マニュアル.
22. 稲ホールクロップサイレー지의醱酵特性. 2002. <http://www.affrc.go.jp/seika>.
23. 後藤正和, 山本泰也, 水谷將也. 2001. 飼料イネの調製技術と飼料特性. 畜産の研究 55(2):242-248.
24. 加納昌彦, 高橋敏能, 萱場猛夫. 2000. 家畜ふん尿の施肥量と施肥法の違いが水稻ホールクロップの窒素の利用率, 無機物含有量, サイレー지의發酵品質ならびに榮養收量に及ぼす影響. 日草地 45:379-387.
25. 齊藤昌昭. 2001. 秋田縣における稲醱酵粗飼料への取り組み. in 平成13年度 飼料イネ研究情報交換會, 46-49.
26. 高野信雄. 1984. イネホールクロップサイレー지의調製と利用. 福井縣農業協同組合中央會, 1-15.