

총채 벼 사일리지용 미생물의 발효능력 평가

김종근 · 함준상 · 정의수 · 윤세형 · 김맹중 · 박형수* · 임영철 · 서 성

Evaluation of Fermentation Ability of Microbes for Whole Crop Rice Silage Inoculant

Jong Geun Kim, Jun Sang Ham, Eui Soo Chung, Sei Hyung Yoon, Meing Jung Kim, Hyung Soo Park*, Young Chul Lim, and Sung Seo

ABSTRACT

This experiment was conducted to study on the evaluation of fermentation ability of microbes for whole crop rice silage Inoculant at National Institute of Animal Science, RDA from 2004 to 2005. We collected 28 strains of microbes from whole crop rice silage. According to acidity and growth ability, 5 strains of microbes was isolated (R4-1, R7-1, R7-2, R10-1, R12-1). The cultures of 4 strains were identified to be *Lactobacillus plantarum* (R4-1, R7-1, R7-2 and R10-1) and one was identified to be *Lactobacillus pentosus* (R12-1). Whole crop rice was harvested at the yellow ripen stage. It was ensiled in experimental silos (20 ℓ capacity) with or without microbial additives (R4-1, R7-1, R7-2, R10-1, R12-1 and three commercial inoculant) and stored at room temperature for 60d. The pH value and acetic acid content of additive-treated silages were lower and lactic acid content was higher than those of the control (p<0.05). There was a trend for acetic acid content to be lowest and lactic acid to be highest in R7-1 treated silage. Crude protein (CP) contents of R7-2 treated silage was higher and acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) contents of R7-1 treated silage was lower (p<0.05). Although some strains of inoculant could improve silage quality, *L. plantarum* R7-1 was more effective as an inoculant for whole crop rice silage. This microbe was named NLRI 401 and registered in the Korea Agricultural Culture Collection.

(Key words : Whole crop rice silage, Inoculant, Additives, Quality)

I. 서 론

최근 사일리지를 만들때 다양한 첨가제를 활용하여 품질 및 사료가치 등을 개선하고 있다. 여러 종류의 첨가제 중에서 특히 미생물 첨가제를 사일리지 제조시 이용할 경우 발효 초기에 신속한 pH의 저하를 가속화 시키고 호모형 젖산발효를 일으켜 발효효율을 높이며 단백질 분해를 감소시켜 (Seale, 1986) 최종적으로 가축의 생산성 향상을 기대할 수 있다 (McDonald

et al., 1991).

근래 쌀 소비량 감소와 시장개방으로 인해 쌀 생산 조정의 필요성이 논의되었고 이에 논 의 타용도 활용에 대한 다양한 연구가 수행되었다. 논을 밭으로 전환하거나 휴경을 유도하였고 일부에서는 향후 10년 이내 약 250천 ha의 논에서 벼를 재배하지 않을 것으로 예상하였다 (농림부, 2007). 그러나 최근의 국제곡물가 상승으로 벼 재배의 필요성이 다시 대두되고 있는 바 논을 유지하는 것이 중요하다는 인식이

농촌진흥청 축산과학원(National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 330-801, Korea)

* 농촌진흥청 난지농업연구소(National Institute of Subtropical Agriculture, RDA, Jeju 690-150, Korea)

Corresponding author: Jong Geun Kim, National Institute of Animal Science Institute, RDA, Cheonan 330-801, Korea. Tel : 041-580-6775, Fax : 041-580-6769, E-mail : jonggk@rda.go.kr

지배적이다. 이처럼 쌀 수급에 맞추어 논을 타 용도로 활용하면서 비상시 식량생산을 위한 기지로 이용할 가장 적합한 방안이 사료용 총체 비의 재배 이용이라 할 수 있다.

대부분의 사료용 총체 비는 수확 후 주로 원형근포를 이용하여 사일리지를 제조하고 있다. 근래는 전용 수확기를 활용하여 사일리지를 제조하기도 하지만 이 역시 수확된 총체 비가 원형의 근포를 만들어 비닐로 피복하여 사일리지로 저장이 된다. 그러나 이런 총체 비는 줄기가 견고하고 가운데가 비어 있어 원형근포 사일리지 제조시 내부에 공기가 존재할 가능성이 매우 높으며 이는 양질의 사일리지 제조에 필요한 젖산균의 생장을 신속하게 일으키기 위한 혐기조건의 유지가 매우 어렵다. 그리하여 사일리지 발효과정에서 호기성 미생물이나 사상균의 증식이 많아질 우려가 있다(Ogawa, 2003). 특히 신선 재료초중에 유산균의 수가 현저히 적으며 이들 또한 효율이 높은 호모형 유산균이 적으며 유산균의 영양원이 되는 가용성 탄수화물도 옥수수보다 현저히 낮아 사일리지 품질이 낮아질 우려가 있다고 한다(Cai, 2005). 따라서 양질의 사일리지 제조를 위해서는 전용 미생물 첨가제의 사용이 권장되고 있다.

일본의 경우도 축산초지연구소에서 “축초 1호”를 개발하여 총체 비 사일리지 전용 미생물 첨가제로 농가에 보급하고 있는 실정이다. 그러나 첨가제 처리비용이 5,000원/톤으로 매우 높아 국내에서의 보급에는 어려움이 있을 것으로 보인다(Cai, 2005). 국내에서도 전량 수입에 의존하던 첨가제 시장은 신제품 개발로 인해 국내산 첨가제의 활용이 늘어나고 있다. 그러나 첨가제의 개발은 초종에 따라 미생물의 특성도 달리 작용되어야 함에도 현재는 옥수수 위주의 첨가제로 모든 초종을 대체하고 있는 실정이다. 따라서 총체 비 생산 이용을 확대하기 위해서는 전용 첨가제의 개발이 필요하며 본 연구는 국내산 토착 미생물을 활용하여 총체 비 전용 미생물 첨가제의 개발을 통하여 농가의 생산비를 절감하기 위하여 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 미생물 수집 및 성장능력 평가

본 시험은 전국 약 20개 지역에서 수집한 총체 비 사일리지로부터 시료를 취하여 1차 첨가제 사용 유무와 외관 평가를 실시하여 양질의 사일리지 14점을 선발하여 10g의 시료를 90 ml의 멸균 펩톤수를 넣어 미생물을 추출한 후 0.02%의 NaN₂가 함유된 MRS 배지에 도말하여 35°C에서 2일간 배양한 다음 배지안에 자란 작은 타원형의 균락을 관찰하고 그 수를 계산하여 성장능력을 조사한 후 우수 균주를 선발하였다. 선발된 균주는 다시 MRS broth배지에 넣고 균주의 산생성 능력(pH)을 8시간 후에 조사하였고 이를 근거로 우량균주 5종을 선발하였다. 선발된 균주는 각각 15, 25, 35, 및 45°C의 온도에서 성장능력을 조사하였으며 미생물의 동정을 위해서는 API kit (bioMerieux, France)를 이용하여 당 이용성을 평가하였으며 이를 근거로 프로그램 (APILAB Plus Ver. 3.3.3; bioMerieux, France)을 이용하여 미생물을 동정하였다.

2. 사일리지 제조 및 분석

본 시험은 조생종으로 분류되는 남일벼 품종을 이용하여 황숙초기에 수확하여 20ℓ 플라스틱 시험용 사일로를 이용하여 사일리지를 제조하였다. 첨가제의 처리는 사일리지 제조 당일에 골고루 뿌려 주었으며 선발된 미생물의 경우는 재료 g 당 10⁶cfu가 처리되도록 조절하였다. 시중에 판매되는 첨가제는 C사(A), P사(B) 및 D사(C) 제품을 이용하였으며 포장지에 지시한 표준 권장량을 처리하였다. 제조된 사일리지는 그늘에서 약 60일을 보관 한 후 개봉하였다.

각 처리구당 약 200g을 취하여 -20°C의 냉동고에 보관하였다가 사일리지 특성조사에 사용하였다. 사일리지의 pH는 사일리지 10g을 증류수 100 ml에 넣고 냉장고에서 가끔씩 흔들 어주면서 24시간 보관 후 4 중 가아제로 완전히 짜서 걸러낸 액을 pH meter (HI 9024;

HANNA Instrument Inc., UK)를 이용하여 측정하였다.

냉동시킨 시료를 처리별로 10 g을 취하여 100 ml 증류수에 넣고 냉장고에서 가끔씩 흔들어주면서 24 시간동안 보관한 후 4 중 가아제로 1 차 거른 후 여과지(No. 6)를 통하여 걸러서 추출액을 제조하여 젖산 및 유기산 분석에 이용하였다. 추출액은 분석에 이용할 때까지 -20°C 에서 냉동보관하였다. 젖산은 HPLC를 이용하여 분석하였으며 흡광도 측정은 Spectrophotometer (UVIDEC-610, Jasco Co., Japan)을 이용하였다. 유기산의 분석은 Gas chromatography (V-3800, Varian Co., USA)를 이용하여 분석하였다.

3. 사료가치 분석

분석을 위한 시료는 개봉당일 300~500g의 시료를 취하여 65°C 순환식 송풍 건조기 내에서 72시간 이상 건조시킨 후 건물 함량을 구하였고 얻어진 시료는 전기믹서로 1차 분쇄 후 20 mesh mill로 다시 분쇄한 후 이중마개가 있는 플라스틱 시료통에 넣고 직사광선이 들지

않는 곳에 보관하여 분석에 이용하였다. 조단백질 함량은 AOAC (1995)법에 의거하여 분석하였고 NDF 및 ADF는 Goering 및 Van Soest 법(1970)에 따랐으며 *in vitro* 건물소화율은 Tilley 및 Terry법 (1963)을 Moore (1970)가 수정한 방법을 사용하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 미생물 선발

1) 산 생성 및 생존능력

전국적으로 수집된 총체 벼 사일리지에서 분리된 균주의 산생성 및 생존능력에 대한 평가는 Table 1에서 보는 바와 같다. 산생성 능력을 나타내는 pH는 3.7~4.9 내외의 범위를 보였으며 생존능력은 균주에 따라 차이가 많이 났으며 R9-2 및 R12-2는 오염으로 인하여 시료가 폐기되었다.

pH와 생존능력간의 상관 조사를 하기 위하여 로그값으로 표현되어 있는 pH에 대하여 cell count도 log 값을 나타내기 위하여 log 변환(logarithmic transformation)을 실시하여 두

Table 1. Acidity(pH) and cell count of microbes collected whole crop rice silages

Sample	pH	Cell count(cfu/g)	Sample	pH	Cell count (cfu/g)
R1-1	3.89	4.8×10^5	R8-1	4.57	2.0×10^5
R1-2	4.65	4.3×10^5	R8-2	4.96	1.4×10^5
R2-1	4.63	2.8×10^5	R9-1	4.88	2.1×10^5
R2-2	4.21	2.3×10^5	R9-2	—	—
R3-1	3.85	3.7×10^5	R10-1	3.77	1.6×10^7
R3-2	3.82	4.2×10^5	R10-2	4.12	7.8×10^5
R4-1	3.78	1.3×10^7	R11-1	4.06	2.8×10^5
R4-2	3.81	2.5×10^6	R11-2	4.26	2.0×10^5
R5-1	3.91	3.6×10^5	R12-1	3.77	1.4×10^7
R5-2	4.80	4.7×10^5	R12-2	—	—
R6-1	3.82	5.2×10^5	R13-1	3.98	5.2×10^5
R6-2	3.81	3.5×10^5	R13-2	4.87	3.7×10^5
R7-1	3.80	5.1×10^6	R14-1	4.00	7.7×10^5
R7-2	3.78	6.3×10^6	R14-2	4.60	5.4×10^5

변수간에 상관분석을 실시한 결과 추정되는 상관계수는 -0.59 으로 고도의 부의 상관이 있었

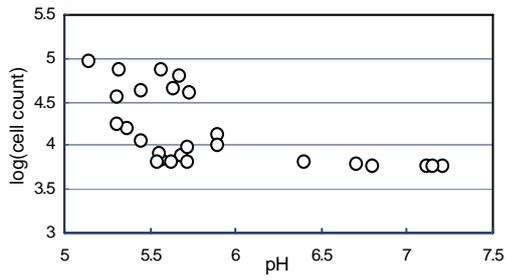


Fig. 1. Scatter plot of pH and log value of cell count.

다($p < 0.01$). 따라서 산생성 능력이 우수한 균주를 위주로 생존능력을 고려하여 R4-1, R7-1, R7-2, R10-1 및 R12-1 등 5종의 균주를 최종적으로 선발하였다.

2. 선발균주의 온도에 따른 성장능력 및 동정

선발된 5종의 균주(R4-1, R7-1, R7-2, R10-1 및 R12-1)에 대한 온도에 따른 성장반응을 관찰하였다. 각각의 균주는 15°C , 25°C , 35°C 및 45°C 에서 배양한 결과 공히 35°C 에서 가장 잘 자랐으며 25°C 에서는 9시간 이후에 생장이 왕

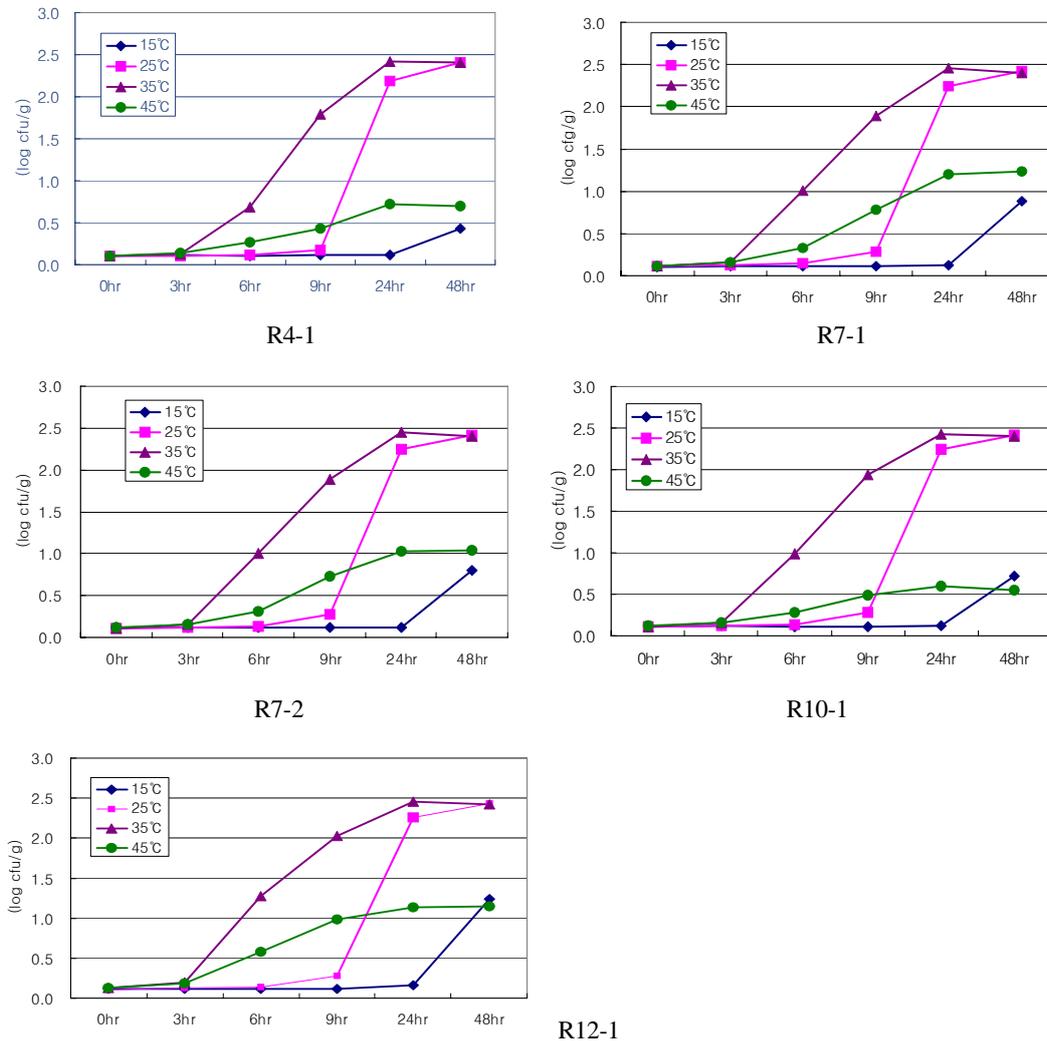


Fig. 2. Growth response of selected 5 strain microbes in different temperature.

성해지는 것으로 나타났다. 한편 15℃와 45℃에서는 성장능력이 떨어지는 것으로 나타났다. 김(1999)은 원형근포 호밀 사일리지의 발효 온도는 초기 30℃까지 올라갔다가 20~25℃ 내에서 안정된다고 하여 본 시험의 대부분의 균주는 25~35℃에서 생장이 우수한 것으로 나타났다. 또한 사일리지 발효는 초기 수시간 만에 급격하게 일어나야 하므로 선발된 균주들은 35℃에서는 3시간 이후, 25℃에서는 9시간 이후 급격한 증식이 일어나 사일리지 첨가제로서의 가능성이 있는 것으로 판단되었다.

선발된 균주는 공히 세포의 형태는 간균으로 운동성 및 포자형성능이 없고 gram 염색에 양성을 보이며 catalase나 가스를 형성하지 않는 전형적인 젖산균으로 판명되었으며 API kit를 이용한 당 이용성을 통하여 동정을 실시한 결과 R4-1은 *L. plantarum* 99.9%, R7-1은 *L. plantarum* 99.9%, R7-2은 *L. plantarum* 97.0%, R10-1은 *L. plantarum* 99.9% 로 동정되었다. 그러나 R12-1은 *L. pentosus* 82.0% 로 동정되어 앞의 4종의 균주와는 차이가 있었다.

Table 2. Utilization of carbohydrate substrates of the microbes

Carbohydrate substrate	R4-1	R7-1	R7-2	R10-1	R12-1	Carbohydrate substrate	R4-1	R7-1	R7-2	R10-1	R12-1
Glycerol	-	-	-	-	-	Salicin	+	+	+	+	+
Erythritol	-	-	-	-	-	Cellobiose	+	+	+	+	+
D-Arabinose	-	-	-	-	-	Maltose	+	+	+	+	+
L-Arabinose	+	+	+	+	+	Lactose	+	+	+	+	+
Ribose	+	+	+	+	+	Melibiose	+	+	+	+	+
D-Xylose	-	-	+	-	+	Saccharose	+	+	+	+	+
L-Xylose	-	-	-	-	-	Trehalose	+	+	+	+	+
Adonitol	-	-	-	-	-	Inulin	-	-	-	-	-
β-Methyl-D-xyloside	-	-	-	-	-	Melezitose	+	+	+	+	+
Galactose	+	+	+	+	+	D-Raffinose	+	+	+	+	+
D-Glucose	+	+	+	+	+	Amidon	-	-	-	-	-
D-Fructose	+	+	+	+	+	Glycogen	-	-	-	-	-
D-Mannose	+	+	+	+	+	Xylitol	-	-	-	-	-
L-Sorbose	-	-	-	-	-	β-Gentiobiose	+	+	+	+	+
Rhamnose	-	-	-	-	+	D-Turanose	+	+	+	+	+
Dulcitol	-	-	-	-	-	D-Lyxose	-	-	-	-	-
Inositol	-	-	-	-	-	D-Tagatose	-	-	+	-	+
Mannitol	+	+	+	+	+	D-Fucose	-	-	-	-	-
Sorbitol	-	-	+	+	+	L-Fucose	-	-	-	-	-
α-Methyl-DMannoside	+	+	+	+	+	D-Arabitol	-	-	-	-	-
α-Methyl-DGlucoside	-	-	-	-	+	L-Arabitol	-	-	-	-	-
N acetyl glucosamin	+	+	+	+	+	Gluconate	+	+	+	+	+
Amygdalin	+	+	+	+	+	2-keto-gluconate	-	-	-	-	-
Arbutin	+	+	+	+	+	5-keto-gluconate	-	-	-	-	-
Esculin	+	+	+	+	+						

3. 선발균주의 사일리지 제조 시험

1) 선발균주 종류에 따른 사일리지의 pH 및 유기산 함량

선발된 균주 및 시중에 판매되는 첨가제의 산생성 능력을 비교한 결과 평균 pH는 4.77이었으며 첨가제 처리구에서는 비슷한 수준이었으나 무처리구에서는 5.75로 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$). 김 등 (2008)은 유숙기~호숙기의 총체 벼 사일리지 pH가 4.6~4.7로 나타났다고 하여 본 시험과 비슷한 결과였다. 한편 Murai (2003)는 일본에서 총체 벼 전용품종인 “하마사리”를 이용한 사일리지 제조 시험에서 pH가 4.8로 나타났으며 다른 품종에서도 대체적으로 4.6~5.1의 범위를 보였다고 하였다.

유기산 함량에서는 무처리구에 비해 R7-1 균주가 젖산 함량이 높았으며($p < 0.05$) 낙산 및 초산함량이 감소되어 Flieg 점수가 높게 나타났다. 기존의 첨가제에 있어서도 2종은 품질등급이 2등급으로 무처리구와 별 차이가 없어 각 초종에 맞는 전용 첨가제가 필요할 것으로 생각된다. 일반적으로 시중에 판매되는 첨가제는 옥수수 사일리지 위주로 총체 벼에서는 큰 효

과를 나타내지는 못하였다. 벧짚에 탁월한 효과가 있다고 알려진 첨가제 A 경우는 총체 벼에도 효과가 있는 것으로 나타났다. 선발균주 중 R12-1 균주에서도 품질등급이 2등급으로 낮았는데 이는 선발균주 중 유일하게 *L. pentosus*로 판명되어 산생성 능력에서 *L. plantrum*을 능가하지는 못하는 것으로 나타났다. 일반적으로 *L. plantrum*이 사일리지 발효에 있어서는 가장 탁월한 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다 (Cai, 2005). 선발된 균주중에서는 R12-1을 제외한 나머지 균주는 유기산 및 pH를 고려할 때 사일리지 저장시 첨가효과가 인정되었다. 한편 Muck (1993)은 첨가제 처리는 최종적으로 사일리지내 젖산의 비율 및 함량을 증가시켜 사일리지의 품질을 개선하게 된다고 하였다. 그러나 McAllister 등 (1995)은 첨가제를 처리하여도 보리 사일리지에서 젖산균의 농도 증가를 관찰하지 못하였다고 하여 상반되는 보고를 하였다.

2) 선발균주 종류에 따른 사일리지의 사료가치

사료가치에 있어서도 조단백질 함량은 무처리구 R7-1, R7-2 및 R10-1 등에서 높게 나타났

Table 3. Acidity(pH), organic acid content and Flieg's score of whole crop rice silages in relation to different inoculant treatment

Item	pH	Organic acid(% in DM)			Flieg's score	Quality grade
		Acetic	Butyric	Lactic		
Control	5.75	0.46	0.16	2.46	61	2
Inoculant A	4.61	0.28	0.06	2.87	83	1
Inoculant B	4.72	0.31	0.06	2.72	80	2
Inoculant C	4.53	0.38	0.09	2.70	69	2
R4-1	4.53	0.30	0.06	2.83	83	1
R7-1	4.67	0.23	0.05	2.92	88	1
R7-2	4.79	0.27	0.06	2.85	83	1
R10-1	4.91	0.32	0.06	2.88	83	1
R12-1	4.40	0.33	0.07	2.80	76	2
Mean	4.77	0.32	0.07	2.78	78	—
LSD(0.05)	0.28	0.12	NS	0.21	—	—

* Control : no inoculants, Quality grade : 1(Excellent)~5(Poor).

Table 4. Crude protein (CP), ADF (acid detergent fiber), NDF(neutral detergent fiber), TDN(total digestible nutrient) and IVDMD (*in vitro* dry matter digestibility) of whole crop rice silages in relation to different inoculant treatment

Item	CP (%)	ADF (%)	NDF (%)	IVDMD (%)	TDN (%)
Control	6.38	37.6	58.4	42.6	59.2
Inoculant A	6.22	33.3	55.6	46.6	62.6
Inoculant B	5.86	38.7	59.9	40.9	58.3
Inoculant C	6.03	39.7	61.7	39.7	57.5
R4-1	6.07	38.6	61.7	40.6	58.4
R7-1	6.34	30.3	55.7	48.8	65.0
R7-2	6.63	39.9	63.6	41.1	57.4
R10-1	6.41	38.0	59.9	47.6	58.9
R12-1	6.26	40.5	60.7	38.6	56.9
Mean	6.24	37.4	59.7	42.9	59.4
LSD (0.05)	0.21	1.99	2.21	2.69	1.56

* TDN = 88.9 - (0.79 × ADF)

으며 ($p < 0.05$) ADF 및 NDF 함량은 R7-1, 첨가제 A에서 낮았다 ($p < 0.05$). 소화율은 R7-1이 48.8%로 가장 높았으며 첨가제 A와 R10-1도 유의적으로 ($p < 0.05$) 높은 것으로 나타났다. 사일리지 발효로 인한 소화율의 변화는 연구자에 따라 다양한 의견을 제시하고 있는데, 젖산균 첨가제가 소화율에 미치는 연구에서는 건물 소화율을 증가시켰다는 보고 (Keady 등, 1994; Patterson 등, 1997)와 효과가 없었다는 결과 (Smith 등, 1993; Steen 등, 1989)가 상반되게 나타나고 있다. 본 시험에서는 양질의 발효로 인하여 Inoculant A, R7-1 및 R10-1 처리구가 무처리구에 비해 소화율이 개선되는 효과를 나타내었으나 다른 첨가제 처리구에서는 감소되는 것으로 나타났다.

한편 Hristov 및 McAllister (2002)는 보리 사일리지에서 미생물 첨가제의 처리가 *in situ* 건물 소화율에 영향을 주지는 않았지만 젖산균의 함량과 개봉 후 호기적 안정성을 개선하는 데는 효과가 있었다고 보고하였다. 전체적인 사료가치를 나타내는 TDN 함량은 첨가제 A 및 R7-1 처리구에서 다른 처리구에 비해 65.0 및 62.6%로 유의적으로 ($p < 0.05$) 높게 나타나

R7-1 균주는 첨가제로의 개발 가능성이 있는 것으로 판단되었다. 한편 김 등(2008)은 추청벼의 황숙기 사일리지 제조시 사료가치가 조단백질은 7.6, ADF는 39.0, NDF는 68.8, 소화율은 51.0 그리고 TDN은 58.1%로 나타났다고 하였는데 본 시험에서는 조단백질, 소화율, ADF 및 NDF는 낮은 편이었으나 TDN은 높게 나타났다.

V. 요약

본 시험은 사료용 총체 벼 사일리지 전용 미생물 첨가제 개발을 위하여 2003년부터 2005년까지 축산연구소에서 수행되었다. 새로운 총체 벼 전용 첨가제 개발을 위해 수집된 28점의 총체 벼 사일리지로부터 미생물을 선발하여 전체 5개 균주(R4-1, R7-1, R7-2, R10-1 및 R12-1)를 분리하였다. 분리된 균주중 4종(R4-1, R7-1, R7-2 및 R10-1)은 *Lactobacillus plantarum*으로 동정되었고 R12-1은 *L. pentosus*로 동정되었다. 황숙기에 수확된 총체 벼는 사일리지를 제조할 때 선발된 5개 균주 이외에 시중에서 판매되는 첨가제 3종을 접종을 하여 60일간 실온에서 저

장한 후 평가한 결과는 다음과 같다. 저장된 사일리지의 pH와 초산 함량은 첨가제를 처리한 구에서 낮았고 젖산 함량은 높았다 ($p < 0.05$). 특히 R7-1은 초산 함량이 가장 낮았고 젖산 함량이 가장 높았다. 조단백질 함량은 R7-2 첨가제 처리구에서 가장 높았으며 ADF 및 NDF 함량은 R7-1에서 가장 낮았다 ($p < 0.05$). 선발된 군주들은 대부분 사일리지 품질개선효과를 나타내었으나 R7-1이 그 중에서 가장 효과적이었다. 본 미생물은 한국농용미생물 협회에 NLR1 401로 등록되었다.

VI. 인 용 문 헌

1. 김종근. 1999. 수확시기 및 제조방법이 라운드베일 호밀 사일리지의 품질 및 사료가치에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위 논문.
2. 김종근. 정의수. 서 성. 김맹중. 이종경. 윤세형. 임영철. 조용민. 2008. 수확시기 및 품종이 총체벼 사일리지의 품질에 미치는 영향. 한초지 28(1):29-34.
3. 농림부 통계자료. 2007.
4. Cai Yimin. 2005. 사료용 총체 벼 사일리지 품질 개선 기술. 축산연구소. 사료용 총체 벼 생산·이용 기술 국제 심포지엄 proceeding. pp. 103-135.
5. Ogawa, Masuhiro. 2003. Research of whole crop rice silage utilization in Japan. 축산기술연구소. 사료용 총체 벼 재배·이용 국제세미나 proceedings. pp. 25-58.
6. A.O.A.C. 1991. Official method of analysis. Washington DC.
7. Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agric. Handbook 379, U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
8. Hristove, A.N. and T.A. McAllister. 2002. Effect of inoculants on whole-crop barley silage fermentation and dry matter disappearance in situ. J. Anim. Sci. 80:510-516.
9. Keady, T.W.J., R.W.J. Steen, D.J. Kilpatrick and C.S. Mayne. 1994. Effects of inoculant treatment on silage fermentation, digestibility and intake by growing cattle. Grass Forage Sci. 49:284-294.
10. McAllister, T.A., L.B. Selinger, L.R. McMahon, H.D. Bae, T.J. Lysyk, S.J. Oosting and K.J. Cheng. 1995. Intake, digestibility and aerobic stability of barley silage inoculated with mixtures of *Lactobacillus plantarum* and *Enterococcus faecium*. Can. J. Anim. Sci. 75:425-432.
11. McDonald, P., N. Henderson and S. Heron. 1991. The Biochemistry of Silage. Chalcombe Publications, Marlow, U. K.
12. Moore, J.E. 1970. Procedure for the two-stage *in vitro* digestion of forage. University of Florida, Department of Animal Science.
13. Muck, R.E. 1993. The role of silage additives in making high quality silage. In: Silage Production from Seed to Animal. Proc. National Silage Production Conf., Syracuse, New York. pp. 106-116.
14. Patterson, D.C., C.S. Mayne, F.J. Gordon and D. J. Kilpatrick. 1997. An evaluation of an inoculant/enzyme preparation as an additive for grass silage for dairy cattle. Grass Forage Sci. 52:325-335.
15. Seale, D. R. 1986. Bacterial inoculants as silage additive. J. Appl. Bacteriol. 61(Suppl.) : 9s-26s.
16. Smith, E.J., A.R. Henderson, J.D. Oldham, D.A. Whitaker, K. Aitcheson, D. H. Anderson, and J. M. Kelly. 1993. The influence of an inoculant/enzyme preparation as an additive for grass silage offered in combination with three levels of concentrate supplementation on performance of lactating dairy cows. Anim. Prod. 56:301-310.
17. Steen, R.E.J., E.F. Unsworth, H.I. Gracey, S.J. Kennedy, R. Anderson and D.J. Kilpatrick. 1989. Evaluation studies in the development of a commercial bacterial inoculant as an additive for grass silage. 3. Responses in growing cattle and interaction with protein supplementation. Grass Forage Sci. 44:381-390.
18. Tilley, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. Bri. Grassl. Soc. 18:104-111.

(접수일: 2008년 8월 4일, 수정일 1차: 2008년 8월 13일, 수정일 2차 8월 29일, 게재확정일: 2008년 9월 2일)