

## 고품질 볏짚 사일리지 제조를 위한 다양한 유산균주 평가

이인석<sup>1,†</sup> · 이송이<sup>1</sup> · 최민경<sup>1</sup> · 강찬호<sup>1</sup> · 김정만<sup>1</sup>

### Evaluation of the Fermentation Ability of Lactic Acid Bacteria to Manufacture Highest Quality Rice Straw Silage

In-Sok Lee<sup>1,†</sup>, Song-Yee Lee<sup>1</sup>, Min-Kyung Choi<sup>1</sup>, Chan-Ho Kang<sup>1</sup>, and Jeong-Man Kim<sup>1</sup>

**ABSTRACT** The main objective of this study was to determine the quality of rice straw silage made with various lactic acid bacteria (LAB) during fermentation. Five strains of LAB (*Lactobacillus plantarum* CMRT, *L. leuconostoc mesenteroides* M17, *L. sakei* C11, M5, SP2) were used in this study. With regard to odor, ready-made CMRT (a comparison strain) had the highest value from 10-60 days, followed by M17. The pH level of all silages made with five strains (apart from CMRT) ranged from 4.02 to 4.59. Of these, M17 rapidly lowered the pH value in the silage. Crude protein (CP) content was significantly lower ( $p < 0.01$ ) in ready-made CMRT compared to the other bacteria. C11 fermentation produced the highest content of silage, with a score of 5.56. Acetic acid and butyric acid were not detected in any of the silage products. The lactic acid levels in silages produced by M17, M5, C11, and SP2 were comparatively higher than that produced by CMRT. The total digestible nutrient (TDN) content levels and relative feed value (RFV) were the highest in the silage of C11 (69.65 and 155.56, respectively), followed by M17. Based on odor, pH, protein, organic acid, and feed value, we suggest that the M17 strain is a suitable substitute for CMRT that can be used to generate high quality rice straw silage.

**Keywords** : lactic acid bacteria, relative feed value, rice straw, silage

국제유가 변동 및 기후온난화는 국제 곡물 가격의 상승의 원인이 되어 우리의 식탁과 가축 사료비를 위협하고 있다. 또한 중국 및 인도 등 신흥국들의 육류소비 증가와 친환경 바이오에너지 생산을 위해 옥수수 같은 사료용 곡물이 다른 용도로 활용됨에 따라 사료곡물 가격이 상승하는 추세에 있다(2015, KREI). 이로 인해 향후 식량안보에 대한 우려가 점차 커져가고 있다.

우리나라는 사료용 곡물의 75%를 수입에 의존하고 있다(Kim *et al.*, 2015). 이를 극복하기 위해 정부에서 다양한 정책 지원으로 조사료생산을 확대하고 있고, 정부의 지원에 힘입어 사료작물 재배면적이 점차 늘어나고 있으며 2017년까지 약 370천ha까지 확대 계획을 시행하였다(MAFRA, 2013). 조사료가 장기간에 걸쳐 최종적으로 가축에 급여되기 위해서는 사일리지로 제조 되어야한다.

사일리지는 수분을 포함한 조사료를 혐기성 조건에서 보관하면서 부패를 막는 사료의 보존방식이다. 사일리지 품질은

조사료의 화학적 조성 과 재료에 들어 있는 공기의 양 및 미생물의 활력에 의해 주로 결정된다(Kim, 1991). 사일리지 제조 시 내부에 공기가 존재하면 양질의 사일리지 제조에 필요한 유산균의 신속한 성장이 어려워 호기성 미생물이나 사상균의 증식이 이루어진다(Ogawa, 2003). 유산균을 첨가하면 유산 발효가 촉진될 뿐만 아니라 품질이 개선되어 건물 회수율이 증가하고 호기적 부패가 억제되므로 고품질의 사일리지 제조를 위해서는 미생물첨가제의 사용이 권장되고 있다(Dunier *et al.*, 2013; Kim *et al.*, 2008). 따라서 사일리지의 품질을 향상시킬 수 있는 다양한 발효제 개발이 요구되고 있다.

현재 국내에서 시판되고 있는 사일리지 제조 발효제는 C사의 한 제품이다. 본 제품은 *Lactobacillus plantarum*에 속한다. 본 제품처럼 사일리지에 첨가하는 유산균으로서 *Lactobacillus plantarum*을 선호하였다. 그 이유는 이 종의 성장이 빠르고 육탄당으로부터 비교적 강산인 유산만을 생산함으로써 pH를 낮

<sup>1</sup>전라북도농업기술원(Division of Agro-food Development, Jeollabuk-do Agricultural Research & Extension Services, Iksan 54591, Republic of Korea)

<sup>†</sup>Corresponding author: In-Sok Lee; (Phone) +82-63-290-6038; (E-mail) [bioplant325@korea.kr](mailto:bioplant325@korea.kr)

<Received 19 February, 2018; Revised 25 March, 2018; Accepted 30 March, 2018>

게 유지할 수 있기 때문이다(Duniere *et al.*, 2013; Wilkinson & Davies, 2013). 그러나 생산된 다량의 유산은 효모와 사일리지 제조를 위한 곰팡이의 탄소원이 될 수 있고, 빠른 pH 저하에 의해 이용되지 못한 탄수화물(Water-soluble carbohydrates, WSC)의 증가 역시 효모와 곰팡이의 성장을 촉진할 수 있으며, 저해 효과가 유산보다 높은 초산과 프로피온 산생성이 억제되어 사일리지 개봉 후 효모와 곰팡이의 성장을 촉진할 수 있음이 보고되었다(Weinberg & Muck, 1996).

그러므로, 본 연구에서는 사일리지 제조 미생물의 범위를 확대하기 위해 다양한 국내산 토착 유산균의 벚짚 사일리지 제조 첨가제로서의 가능성을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 공시 균주 성장 능력 평가 및 선발

사일리지 첨가 미생물로서 유산균 5종을 사용하였다. *L. plantarum* CMRT, *L. leuconostoc mesenteroides* M17 및 *L. sakei* C11, M5, SP2를 MRS broth (Difco, USA)를 사용하여 37℃에서 24 시간 배양 후, 흡광도(OD)를 측정하였다. 시판중인 C사의 유산균 첨가제(*L. plantarum* CMRT)를 비교 균주로 사용하였다. 흡광도는 Spectrophotometer (SPECORD205, Analytikjena Ltd, Jena, Germany)를 사용하여 600 nm에서 3반복으로 측정하였다. 측정된 값을 기초로 하여 사일리지 제조에 이용하였다.

### 시험재료 및 사일리지 제조

본 시험에 사용된 벚짚은 2016년에 수확한 것으로 농가에서 구입하여 사용하였다. 수분 함량이 10%인 벚짚을 약 5~10 cm로 세절하여 2.0 kg씩 비닐 팩에 담고 10<sup>7</sup>cfu/ml의 수준의 균주를 접종하여 사일리지를 제조하였다. 조제된 사일리지는 그늘에서 60일을 보관 한 후 개봉하여 사료가치를 평가하였다.

### 사일리지 분석

사일리지의 향과 pH (SevenCompact S210, Mettler-Toledo, Langacher, Switzerland)는 10일 간격으로 60일까지 분석하였다. 향은 5점 척도법(5점-매우 좋음, 4점-좋음, 3점-중간, 2점-안 좋음, 1점-매우 안 좋음)을 사용하였고, 5명의 평가원을 실험목적 및 평가 방법에 대해 설명한 후 실시하였다. 분석을

위한 시료는 시험구별로 300~500 g의 시료를 취하여 70℃ 순환식 송풍 건조기 내에서 72시간 이상 건조시킨 후 건물함량을 구하였고 얻어진 시료는 전기믹서로 1차 분쇄 후 20 mesh mill로 다시 분쇄한 후 이중 마개가 있는 플라스틱 시료 통에 넣고 직사광선이 들지 않는 곳에 보관하여 분석에 이용하였다. 조단백질 함량은 AOAC (1995)법에 의거 Kjeldahl 질소 정량법으로 단백질 분석기기(Kjeltec 8400, Foss Analytical, Hoganas, Sweden)를 이용하여 3반복 분석하였다. 유기산 분석은 HPLC (Agilent Technolgies 1200 series, Germany)를 사용하였다. 검출기는 UV detector (Agilent Technolgies 1200, Germany)를 사용하였으며, 210 nm와 220 nm에서 분석하였다. 시료의 주입량은 20 ul이었다. 이동상은 0.0085N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 사용하였으며, 유속은 0.6 ml/min이었다. 컬럼은 METACARB87H (Varian, Germany)를 사용하였으며, 컬럼의 사용 온도는 35℃이었다. 정량 분석은 intergrator (Agilent Technolgies 1200, Germany)를 이용하여 피크의 면적을 측정하여 실시하였다. NDF (neutral detergent fiber) 및 ADF (acid detergent fiber) 함량은 Goering & Van Soest (1970)법에 따랐으며 TDN (total digestible nutrient) 함량은 ADF 함량으로 추정하여 계산하였다(TDN% = 88.9 - (0.79 × ADF%)). 또한 RFV (relative feed value)는 ADF 함량으로 DDM (digestible dry matter)을 추정하였고(% DDM = 88.9 - (ADF% × 0.779)), NDF 함량으로 DMI (dry matter intake)를 산정한 후(% DMI = 120 / NDF%) RFV 값을 산출하였다(RFV = (%DDM × % DMI) / 1.29). RFV 값을 기준으로 품질 등급을 나누었다(Linn *et al.*, 1987). 유기산 함량 및 사료가치는 3반복으로 분석하였다.

### 통계 분석

통계처리는 SAS (1999) package program (ver. 6. 12)을 이용하여 분산분석을 실시하였으며 처리평균간 비교는 처리평균간 차이는 Duncan 다중검정법에 의해 처리구간 유의성(p < 0.05)을 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 공시균주의 흡광도 평가

유산균 5종의 흡광도 결과는 Table 1과 같다. 균주의 성장속

**Table 1.** Comparison of optical density of various lactic acid bacteria.

Item	CMRT	M17	C11	M5	SP2
OD <sup>1)</sup> value	1.84 <sup>c</sup>	1.64 <sup>d</sup>	2.16 <sup>a</sup>	1.94 <sup>b</sup>	1.56 <sup>e</sup>

<sup>1)</sup>OD, Optical density.

*L. plantarum* CMRT, *L. leuconostoc mesenteroides* M17, *L. sakei* C11, M5 and SP2

<sup>a-d</sup> Different letters within a row indicate a significant difference (p < 0.05) according to Duncan's multiple range test.

도를 알 수 있는 흡광도(Optical density) 값은 *L. sakei* C11이 가장 높았다. 성장 속도가 빠르면 호기적 부패를 억제하여 사일리지의 품질 안전성을 높일 수 있다.

#### 벚짚 사일리지 품질 안전성 및 화학적 특성 : 향, pH, 단백질 변화

사일리지의 향, pH, 단백질 변화는 Table 2, 3, 4와 같다. 사일리지의 향은 5점 척도법으로 발효 10일부터 60일까지 10일 간격으로 조사하였다. CMRT(비교 균주)의 향은 5점으로 10일부터 60일까지 변화가 거의 없이 일정하였다. M17은 10일째에는 비교균주와 다른 냄새가 났지만 20일째부터는 5점으로 비교균주와 동일한 향을 나타내었다. *L. sakei* C11 및 M5는 40일째부터 비교균주와 동일한 향을 나타내었다. 본 결과에서처럼 사일리지 제조 초기에 균주 종(species)간의 향 차이는 균 종(species)의 기본 특징으로 판단된다. *L. sakei* SP2는 6회의 향 조사 동안 다른 향을 나타냈다. 이런 원인은 균주(SP2)의 성장속도(1.56, Table 1)가 다른 균주보다 낮아 잡균에 의해

영향을 받은 것으로 판단된다.

유산균 첨가 사일리지 pH (4.29~4.59)는 10일부터 벚짚 pH (6.42)에 비해 매우 낮아 유산균 첨가 유·무에 따라 큰 차이를 보였고 *L. leuconostoc mesenteroides* M17처리 사일리지의 pH가 4.29로 가장 낮았으며 *L. sakei* SP처리 사일리지 pH가 4.59로 가장 높았다. 이런 양상은 조사 60일까지 이어졌다. 6회 분석의 평균값도 M17이 4.14로 CMRT (4.20), M5 (4.17) 및 C11 (4.23)과 통계적으로 동일하였고 SP2보다는 유의성 ( $p < 0.05$ )있는 낮은 값을 나타내었다. Lee *et al.*, (2014) 및 Kim *et al.*, (2009)은 사일리지 제조시 유산균 첨가구가 무첨가구보다 pH가 감소한다고 하여 본 결과와 일치하였다. 유산균의 낮은 pH는 산생성이 우수하고 잡균의 생성을 억제할 수 있어 유산균의 우수성을 판단하는 기준이 된다(Kim *et al.*, 2008).

사일리지의 단백질 함량은 4.75에서 5.56으로 나타났다. 가장 높은 값은 C11이고 낮은 값은 CMRT로 조사되었다. CMRT(비교 균주) 처리된 사일리지 단백질 함량은 유산균 무

**Table 2.** Evaluation of the order of rice straw silage generated by various lactic acid bacteria.

Lactic acid	10 days	20 days	30 days	40 days	50 days	60 days
CMRT	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>
M17	3.4 <sup>b</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>
C11	1.5 <sup>c</sup>	3.6 <sup>b</sup>	3.6 <sup>b</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>
M5	1.6 <sup>c</sup>	3.5 <sup>b</sup>	3.6 <sup>b</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>
SP2	3.5 <sup>b</sup>	3.5 <sup>b</sup>	3.5 <sup>b</sup>	5.0 <sup>a</sup>	3.8 <sup>b</sup>	3.7 <sup>b</sup>

<sup>a-c</sup> Different letters within a column indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ) according to Duncan's multiple range test.

**Table 3.** pH changes in rice straw silage generated by various lactic acid bacteria.

Days	Control	Lactic acid bacteria				
		CMRT	M17	M5	C11	SP2
10	6.42	4.34	4.29	4.41	4.39	4.59
20	6.43	4.13	4.08	4.13	4.24	4.51
30	6.43	4.05	4.02	4.05	4.21	4.51
40	6.41	4.27	4.17	4.13	4.13	4.30
50	6.42	4.16	4.13	4.15	4.19	4.49
60	6.41	4.27	4.16	4.15	4.20	4.24
Av.	6.42 <sup>a</sup>	4.20 <sup>c</sup>	4.14 <sup>c</sup>	4.17 <sup>c</sup>	4.23 <sup>c</sup>	4.44 <sup>b</sup>

<sup>a-c</sup> Different letters within a row indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ) according to Duncan's multiple range test.

**Table 4.** Difference in protein content of rice straw silage generated by various lactic acid bacteria after 60 days.

Item	Control	CMRT	M17	M5	C11	SP2
Protein (%)	4.87 <sup>b</sup>	4.75 <sup>c</sup>	4.86 <sup>b</sup>	4.98 <sup>b</sup>	5.56 <sup>a</sup>	4.94 <sup>b</sup>

<sup>a-c</sup> Different letters within a row indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ) according to Duncan's multiple range test.

처리구(Control)보다 감소하였다. 그러나 다른 유산균 처리구는 유산균 무처리구(Control)와 유사하거나 증가하였다. 일반적으로 화분과 작물은 조단백질 함량이 낮은 단점이 있다. 그러므로 유산균 처리시 조단백질의 함량이 감소하면 가축의 비육 면에서 단점이 되므로 유산균 처리시 사일리지의 조단백질 함량에 변화가 없어야 우수한 균주의 조건이 될 수 있다. 단백질 함량 면에서 평가하면 CMRT(비교 균주)보다 선발된 4개 균주가 사일리지 제조에 적합한 것으로 판단된다. 본 결과에서처럼 볏짚의 단백질 함량(4.87)은 다른 화분과 작물의 사일리지(Kim, *et al.*, 2015)보다 낮아 사일리지로 볏짚의 활용도를 높이기 위해서는 단백질 함량이 높은 사일리지 전용 품종 개발이 조기에 이루어져야 할 것으로 판단된다.

**볏짚 사일리지 품질 안전성 및 화학적 특성 : 사일리지 유기산 분석**

사일리지의 품질을 평가할 수 있는 유기산 함량을 보면 초산과 낙산은 모든 사일리지에서 검출되지 않았다(Table 5). 젖산은 CMRT(비교 균주)에서 2.06로 가장 낮았고 C11에서는 3.55로 가장 높아 유의성( $p < 0.05$ )이 인정되었다. Kim *et al.*, (2015)은 다른 화분과 작물의 사일리지에서 초산과 낙산을 검출하였는데 본 시험과 다른 원인은 사일리지 제조시 작물의 수확시기가 달라기 때문으로 판단된다. 본 시험의 4개 선발 균주 젖산 함량은 비교 균주(CMRT)보다 높게 나타나 사일리지 제조에 유리한 것으로 판단된다. 많은 연구자들은 조사료 사일리지 성분 분석을 60일후에 실시하였다(Choi *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2008; Lee *et al.*, 2014). 이를 기준으로 하여 사일리

지 제조 60일 후에 젖산 함량을 pH와 상관성을 분석한 결과 상관계수가 -0.8199로 나타났으나  $p \text{ value}=0.0892$ 로 5% 수준에서 유의성이 없었다(Table 6). Choi *et al.* (2011)은 당 함량이 높은 옥수수의 유숙기 사일리지가 황숙기 사일리지보다 젖산 함량이 증가한다고 보고하였다. 또한 Pitt (1990)는 사일리지의 젖산함량은 pH가 낮고, 식물체의 당 함량 증가와 깊은 상관관계가 있음을 보고하였다. 사료용 벼 수확 시기는 호숙기~황숙기로 일반식용 벼 보다 약 30일 일찍 수확한다. 본 결과의 볏짚 사일리지 제조는 황숙기~완숙기에 수확한 볏짚으로 사료용 볏짚 보다 늦게 수확하여 당의 부족으로 5% 이하 수준의 유의성이 나타나지 않은 것으로 판단된다. Kim (1999)와 Kim *et al.*, (2015)도 사일리지 제조 적기에 수확한 호밀 사일리지에서 pH는 젖산함량과 부(負)의 상관을 보인다고 하였다.

**볏짚 사일리지 품질 안전성 및 화학적 특성 : 사일리지 사료 가치 평가**

사일리지 제조 후 60일에 소화율 및 섭취량에 영향을 미치는 ADF와 NDF 함량은 Table 7과 같다. 비교 균주(CMRT)에 비해 4개의 선발 균주 ADF와 NDF의 함량은 각각 11~24% 및 13~20% 낮아 유의성( $p < 0.05$ )있는 감소를 보였다. Keady & Murphy (1996), Kennedy *et al.* (1989) 및 Lee *et al.* (2014)은 유산균 처리로 ADF 및 NDF 함량이 감소하는 경향을 보여 본 연구와 유사하였다. 그러나 유산균 처리로 ADF 함량이 증가한다(Gordon. 1989; Patterson *et al.*, 1997)는 상반된 결과도 보고하였다. TDN 함량은 ADF와 NDF 함량으로 추정되어 평

**Table 5.** Difference in organic acid content of rice straw silage generated by various lactic acid bacteria after 60 days.

Items	Organic acid (% DM)		
	Acetic acid	Butyric acid	Lactic acid
CMRT	0.00	0.00	2.06 <sup>c</sup>
M17	0.00	0.00	3.12 <sup>ab</sup>
M5	0.00	0.00	3.53 <sup>a</sup>
C11	0.00	0.00	3.55 <sup>a</sup>
SP2	0.00	0.00	2.87 <sup>b</sup>

<sup>a-c</sup> Different letters within a column indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ) according to Duncan's multiple range test.

**Table 6.** Correlation between lactic acid content and pH.

	Lactic acid content	<sup>1)</sup> pH
Lactic acid content	1	
pH	-0.8199 <sup>NS</sup>	1

<sup>1)</sup>pH is the data after 60 days of silage manufacture in Table 3.

NS represents a non-significant difference at the 5% confidence level.

**Table 7.** Difference in ash and relative feed value content of rice straw silage generated by various lactic acid bacteria after 60 days.

Items	ADF (%)	NDF (%)	DDM (%)	DMI (%)	TDN (%)	RFV	
						Value	Quality grade
CMRT	32.23 <sup>a</sup>	55.28 <sup>a</sup>	63.79 <sup>c</sup>	2.17 <sup>d</sup>	63.44 <sup>c</sup>	107.35 <sup>d</sup>	2nd
M17	26.25 <sup>bc</sup>	44.19 <sup>cd</sup>	68.45 <sup>ab</sup>	2.72 <sup>ab</sup>	68.16 <sup>ab</sup>	144.10 <sup>b</sup>	1st
M5	28.92 <sup>b</sup>	48.26 <sup>b</sup>	66.37 <sup>b</sup>	2.49 <sup>c</sup>	66.05 <sup>b</sup>	127.93 <sup>c</sup>	1st
C11	24.37 <sup>c</sup>	41.81 <sup>d</sup>	69.92 <sup>a</sup>	2.87 <sup>a</sup>	69.65 <sup>a</sup>	155.56 <sup>db</sup>	Superior
SP2	28.76 <sup>b</sup>	47.33 <sup>bc</sup>	66.50 <sup>b</sup>	2.54 <sup>bc</sup>	66.18 <sup>b</sup>	130.69 <sup>c</sup>	1
Av.	28.10	47.37	67.00	2.56	66.70	133.13	-

\* Criterion of RFV grade: Superior grade is over 151. First grade is between 125 and 150. Second is between 124 and 103.

<sup>a-d</sup> Different letters within a column indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ) according to Duncan's multiple range test.

균 66.70%로 나타났으며 균 간에 유의성( $p < 0.05$ ) 있는 차이가 발생하였다. 4개의 선발균주의 TDN 값(66.05~69.65)이 비교 균주(CMRT) 63.44보다 높아 유의성( $p < 0.05$ )이 인정되었고, 이 중 C11이 가장 높았다. 한편 상대사료가치(Relative feed value, RFV) (Linn *et al.*, 1987)는 비교균주 사일리지에서 107.35로 2등급(RFV 124~103)에 해당하는 품질이었으나 4개의 선발 균주 사일리지는 특(RFV 151 이상)~1등급(RFV 125~150)으로 유의성 ( $p < 0.05$ ) 있는 차이를 보여 선발 균주 사일리지가 품질이 우수한 것으로 조사되었다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 선발 균주 중 M17에 의해 제조된 사일리지는 비교균주(CMRT) 사일리지 보다 pH, ADF 및 NDF가 낮고, 단백질, 젖산 및 상대사료가치가 높아 사일리지의 품질이 더 우수한 것으로 판단되며 기존 제품을 대신할 균주로 판단된다.

## 적 요

현재 국내에는 C사에서 생산하는 한 종의 사일리지 제조 유산균이 있다. 본 연구는 이를 대체할 균주를 선발하기 위해서 사일리지의 특성과 사료가치를 분석하였다. C사의 유산균(CMRT, 비교균주)보다 우수한 균주를 선발하기 위해 김치에서 발견한 유산균 4종(*Lactobacillus. leuconostoc mesenteroides* M17, *L. sakei* C11, M5, SP2)을 이용하였다. 성장속도를 측정할 수 있는 흡광도는 *L. sakei* C11이 가장 높았고, 향은 M17이 제조 20일부터 비교균주와 유사하였다. M17의 pH는 비교균주보다 낮았다. 단백질 함량은 M17의 사일리지에서 비교균주의 사일리지보다 유의성 있는 증가를 보였다. 유기산 중 초산과 낙산은 검출되지 않았고 젖산은 4개의 선발균주가 비교 균주보다 높았다. 4개의 선발 균주 ADF와 NDF의 함

량은 비교균주와 비교시 각각 11~24% 및 13~20% 낮아 유의성 ( $p < 0.05$ ) 있는 차이를 보였다. 비교균주 TDN은 평균 63.44%로 4개의 선발균주의 TDN 값(66.05~69.65)보다 낮은 유의성 ( $p < 0.05$ ) 있는 감소를 보였다. 한편 상대사료가치(RFV)는 비교균주 사일리지에서 107.35로 2등급(RFV 124~103)에 해당하는 품질이었으나 4개의 선발 균주 사일리지는 특(RFV 151 이상)~1등급(RFV 125~150)에 해당하여 선발 균주의 사일리지가 품질이 우수한 것으로 조사되었다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 선발 균주 중 M17에 의해 제조된 사일리지는 비교균주(CMRT) 사일리지 보다 pH, ADF 및 NDF가 낮고, 단백질, 젖산 및 상대사료가치가 높아 고품질의 사일리지 생산이 가능할 것으로 판단되었다.

## 인용문헌(REFERENCES)

- A. O. A. C. 1995. Official method of analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. Washington D. C.
- Choi, K. C., N. C. Jo, M. W. Jung, K. D. Lee, J. G. Kim, Y. C. Lim, W. H. Kim, Y. K. Oh, J. H. Choi, C. M. Kim, D. K. Jung, J. M. Choi, and H. G. Kim. 2011. Effect of harvest stage of corn on nutritive values and quality of roll baled corn silage manufactured with corn grown in paddy land. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 31(1) : 65-74.
- Dunier, L., J. Sindou, F. Chaucheyras-Durand, I. Chevallier, and D. Thevenot-Sergentet. 2013. Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms. Animal Feed Science Technology. 182 : 1-15. Goering, H.K., and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. Agric. Handbook 379, U. S. Gov. Print. Office, Washington, D. C.
- Gordon, F. 1989. An evaluation through lactating cattle of a

- bacterial inoculant as an additive for grass silage. *Grass and Forage Science*. 44 : 169-179.
- Keady, T. W. J. and J. J. Murphy. 1996. Effects of inoculant treatment on ryegrass silage fermentation, digestibility, rumen fermentation, intake and performance of lactating dairy cattle. *Grass and Forage Science*. 51 : 232-241.
- Kennedy, S. J., H. I. Gracey, E. F. Unsworth, R. W. J. Steen, and R. Anderson. 1989. Evaluation studies in the development of a commercial bacterial inoculant as an additive for grass silage. 2. Responses in finishing cattle. *Grass and Forage Science*. 44 : 371-380.
- Kim, H. S. 1991. Studies on the viability of *Lactobacillus acidophilus* IFO 3205 by microencapsulation. Ph.D. thesis. Seoul. Korea.
- Kim, J. G. 1999. Effect of harvest maturity and management practices on quality of round baled rye silage. Seoul National University. Ph. D. Thesis.
- Kim, J. K., J. S. Ham, E. S. Chung, H. S. Park, J. K. Lee, M. W. Jung, K. C. Choi, N. C. Jo, and S. Seo. 2009. Evaluation of fermentation ability of microbes for whole crop barley silage inoculant. *Journal of the Korean Society of Grass and Forage Science*. 29(3) : 235-244.
- Kim, J. K., J. S. Ham, E. S. Chung, S. H. Yoon, M. J. Kim, H. S. Park, Y. C. Lim, and S. Seo. 2008. Evaluation of fermentation ability of microbes for whole crop rice silage inoculant. *Journal of the Korean Society of Grass and Forage Science*. 28(3) : 229-236.
- Kim, J. G., H. S. Park, S. H. Lee, J. S. Jung, K. W. Lee, and H. J. Ko. 2015. Evaluation of productivity and silage quality for domestically developed forage crops in Korea. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 35(2) : 145-151.
- Korea Rural Economic Institute (KREI). 2015. 2015 KREI Research Report. KERI.
- Lee, H. I., Y. J. Choi, L. Mamuad, E. J. Kim, Y. K. Oh, K. K. Park, and S. S. Lee. 2014. Effect of heterofermentative lactic acid bacteria on the quality of Italian ryegrass and whole-crop barley silage. *Journal of the Korean Society of Grass and Forage Science*. 34(4) : 269-276.
- Linn, J. G., P. M. Neal, W. T. Howard, and D. A. Rohweder. 1987. Relative feed value as a measure of forage quality. *Minnesota Forage UPDATE*. Vol XII, No 4. pp 2, 4, Minnesota Forage and Grassland Council. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA).
2013. The current situation of forage increase production and supplementation policy. pp.2-5.
- Ogawa, M. 2003. Research of whole crop rice silage utilization in Japan. Animal Technology Research Laboratory. International Seminar Proceedings. 25-58.
- 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 and Forage Science*. 52 : 325-335.
- Pitt, R. E. 1990. Silage and hay preservation. National, Agriculture and Engineering Service (NRAES). Cooperative Extension. Cornell University.
- Weinberg, Z. G. and R. E. Muck. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiology Review*. 19 : 53-68.
- Wilkinson, J. M. and D. R. Davies. 2013. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. *Grass Forage Science*. 68 : 1-19.