

# 옥수수 사일리지용 미생물의 발효능력 평가

김종근 · 함준상 · 정의수 · 서 성 · 박형수

## Evaluation of Fermentation Ability of Microbes for Corn Silage Inoculant

Jong Geun Kim, Jun Sang Ham, Eui Soo Chung, Sung Seo and Hyung Soo Park

### ABSTRACT

Corn is very important forage in Korea. The great part of them is utilized as silage. Generally, it contains a lot of grains that is feed of animal. This experiment was conducted to evaluation of fermentation ability of microbes for corn silage inoculant. Good lactic acid bacteria were isolated from good corn silage by plating MRS agar containing 0.02% sodium azide, and assessed by growing and acid producing ability in MRS broth. Six lactic acid bacteria were selected, and were found to be Gram positive, rods and catalase negative and were identified to be *Lactobacillus plantarum* (C3-2, B13-1, CC9-1), *Lactobacillus fermentum* (C11-4), *Lactobacillus paracasei* (B14-1), and *Leuconostoc lactis* (A3-1) on the basis of the biochemical characteristics and utilization of substrates. Corn was ensiled at ripen stage following treatment with selected five lactic acid bacteria, two commercial inoculant, and no additive (control). After 2 month, B13-1 and CC9-1 bacteria inoculated silage were lower pH and higher lactic acid content than others treatments. The Flieg's score and grade of B13-1 and CC9-1 bacteria treated silage were higher than commercial inoculant. According to this experiment, *Lactobacillus plantarum* B13-1 and CC9-1 strain were recommendable for good inoculant of corn silage.

(Key words : Corn silage, Inoculant, Additives, Quality)

### I. 서 론

옥수수는 단위면적당 수량이 많고 영양소 함량이 높아 우리나라와 같이 국토면적이 좁은 지역에 적합한 사료작물로 특히 당분함량이 높아 사일리지 조제에 적합한 작물이다. 그동안 우리나라의 옥수수는 낙농 농가를 중심으로 꾸준히 재배가 되었으나 최근 원형근포 사일리지 조제용 기계의 보급으로 인해 옥수수를 대체하여 수단그라스계 잡종의 재배면적이 늘어나고 있는 실정이다.

옥수수는 사일리지를 만들기에 가장 이상적인 작물로 여겨지기에 재료를 알맞은 시기에 베어서 사일리지를 조제하면 특별한 첨가제가 필요없다. 그러나 근래의 기상이변과 적정 수분 함량의 조절이 어려운 경우에는 발효를 개선하기 위해 첨가제를 사용하기도 한다(김, 2001).

사일리지용 첨가제는 학자에 따라 다르지만 대체적으로 발효를 촉진시키는 첨가제와 발효를 억제시키는 첨가제로 구분한다(Richard 및 Bolsen, 1991). 발효를 촉진시키는 첨가제 중에는 젖산발효를 촉진하기 위한 젖산균 첨가제가

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

Corresponding author: Jong Geun Kim, Grassland and Forages Division, National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 330-801, Korea. Tel: 041-580-6773, Fax: 041-580-6779, E-mail: forage@korea.kr

가장 많이 이용된다(김 등, 2009b). 다양한 젖산균 중에서 가장 일반적인 것은 *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus faecium* 및 *Pediococcus* 속이다(Richard 및 Bolsen, 1991). 물론 생초 중에는 대략  $10\sim 10^3$  cfu/g의 젖산균이 존재하며(Fenton, 1987), 절단하여 사일로에 충전 시  $10^3\sim 10^7$  cfu/g으로 증가하게 되나(Pettersson 및 Lindgren, 1990), 대부분이 hetero형이어서 발효효율이 높지 못하다(Lindgren 등, 1983).

농림수산식품부에서는 2011년도 논 소득기반 다양화 사업의 일환으로 논에 벼를 대신하여 사료작물을 재배하는 시책을 수행할 예정이다(농식품부, 2010). 본 시책에는 전국에 약 20,000 ha의 논을 조사료 생산 기지로 활용할 계획으로 되어 있어 내년도에는 논에서의 옥수수 재배가 많이 늘어날 것으로 기대되고 있다. 이에 따라 양질의 옥수수 사일리지 조제를 위한 첨가제의 이용도 늘어날 것으로 전망된다.

따라서 본 시험에서는 양질의 옥수수 사일리지에서 분리된 미생물을 선발, 동정하여 옥수수 사일리지 첨가제로의 개발 가능성을 검토하기 위하여 수행되었다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 미생물 수집 및 성장능력 평가

젖산균의 수집을 위해서 전국에서 수집된 옥수수 사일리지 중에서 품질이 양호한 샘플을 취한 후 시료 10g에 추출액(0.2% pepton solution) 90 ml을 넣어 stomacher로 추출한 후 0.02% Sodium azide가 함유된 MRS 배지에 도말하여 37°C에서 24시간 배양 후 colony를 취하였다. 분리된 colony를 취하여 MRS broth(DIFCO, USA)에 접종하고 37°C에서 24시간 배양 후 pH 값을 측정하였다. 1차 선발된 균주는 온도에 따른 성장반응을 보기 위해 15, 25, 및 35°C에서 배양하면서 spectrophotometer(JASCO)를 이용하여 OD(Optical density) 값과 pH를 측

정하여 성장 및 산 생성능력이 우수한 균주를 선발하였다. 2차 수집 균주는 25°C에서 배양하여 OD값과 pH를 근거로 선발하였다. 총 6종의 균주를 선발하여 온도에 따른 성장능력을 비교하여 최종적으로 5개의 균주를 선발하였다. 선발된 균주의 생화학적 특성은 API kit를 이용하여 당 이용성을 평가하였으며 이를 근거로 프로그램(APILAB Plus Ver. 3.3.3; bioMerieux, France)을 이용하여 미생물을 동정하였다. 각각의 우량 균주는 MRS broth에서 배양시킨 후 사일리지 조제 시 첨가하였다.

### 2. 사일리지 조제 및 분석

본 시험은 사일리지용 옥수수를 황숙기에 수확하여 20ℓ 플라스틱 시험용 사일로를 이용하여 처리별로 3개의 사일리지를 조제하였다. 첨가제의 처리는 사일리지 조제 당일 에 골고루 뿌려 주었으며 선발된 미생물을 옥수수 1g 당  $10^6$  cfu가 처리되도록 조절하였다. 시중에 판매되는 첨가제는 C사(A) 및 P사(B) 제품을 이용하였으며 선발된 미생물과 동일한 양을 처리하였다. 조제된 사일리지는 그늘에서 약 60일간 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 흔들어 주면서 24시간 보관 후 4겹 gauze로 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 흔들어 주면서 24 시간동안 보관한 후 4 중 gauze로 1차 거른 후 여과지(No. 6, AVANTEC)를 통하여 걸러서 추출액을 제조하여 젖산 및 유기산 분석에 이용하였다. 추출액은 분석에 이용할 때까지 -20°C에서 냉동보관 하였다. 젖산은 Barker 및 Summerson 법(한 등, 1983)을 이용

하여 분석하였으며 흡광도 측정은 Spectrophotometer (UVIDEC-610, JASCO Co., Japan) 을 이용하였다. 유기산의 분석은 Gas chromatography (V-3800, Varian Co., USA) 를 이용하여 분석하였다 (김, 1999). 분석된 자료를 이용하여 Flieg's score를 산출하고 그 점수에 따라 등급을 산정하였다 (Zimmer, 1973).

### 3. 사료가치 분석

분석을 위한 시료는 개봉당일 300~500g의 시료를 취하여 65℃ 순환식 송풍 건조기 내에서 72시간 이상 건조시킨 후 건물함량을 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 Soest법 (1970)에 따랐다.

### 4. 통계분석

사일리지 조제는 각 처리별로 3개의 반복을 두고 난괴법으로 수행하였다. 본 시험의 결과는 SAS package program (Version 8.01, USA, 2005)을 이용하여 유의성 검정을 하였고, 처리 평균간의 비교는 5% 수준의 최소유의차 검정 (Least significant difference test)으로 하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 미생물 선발

#### 가. 산 생성 능력

2년간에 걸쳐 전국에서 수집된 85점의 옥수수 사일리지에서 분리된 미생물 균락에 대한 산 생성 능력은 Table 1에서 보는 바와 같다.

1차 및 2차에 걸친 균주 수집을 통하여 시료

는 많이 확보를 하였지만 미생물을 분리시켰을 경우 성장상태가 불량한 균주를 1차적으로 선발에서 제외시켜 1차에서 35종, 2차 수집에서 50종의 균주를 대상으로 산 생성 능력을 조사하였다. 김 등 (2008)은 pH와 생존능력간에 상관관계수가 -0.59로 부의 상관성이 있다고 하였는데 이에 근거하여 본 시험에서도 pH가 낮은 균주가 생존능력이 높다고 판단하여 우선 선발하였다. 맥류 사일리지 (김 등, 2009a)와 마찬가지로 같은 미생물 균락내에서는 산도가 비슷한 경우 동일 균주로 판단하여 1종만 선발하도록 하였다.

옥수수 사일리지에서 분리된 균주의 산 생성 능력은 pH 3~4로 맥류 사일리지보다는 우수한 것으로 판단되었다. 특히 C11-2는 pH가 3.57로 가장 낮은 수치를 보여 산 생성 능력이 뛰어난 균주로 판단되었다. 1차 수집에서는 C1, C2, C3, C6, C10, C11 수집지역의 균주에서 산 생성 능력이 우수한 균주가 선발되었고 2차 수집 균주에서는 1차로 수집하였을 때 보다는 pH가 높은 균주가 많아 산 생성 능력이 떨어지는 것으로 나타났다. 또한 pH 3~4 사이의 균주도 많이 나타났지만 성장능력까지 고려하여 A3, B13, B14 및 CC9 지역에서 수집된 사일리지로부터 분리된 균주가 선발되었다. 한편 1차와 2차 선발시의 기준 pH는 수집시기에 따라 pH가 차이가 나기 때문에 1차 선발시의 pH를 낮게 설정하였다.

#### 나. 온도에 따른 성장

1차 선발된 균주의 온도에 따른 성장능력은 Table 2에서 보는 바와 같다. C2-2, C3-2, C10-3, C11-4 균주에서 성장능력이 우수하여 4종에 대하여 선발하였다. 특히 C3-3의 경우는 성장능력이 우수하였으나 C3-2 균주와 큰 차이가 없어 동일균주로 판단하여 선발에서 제외되었다. 그러나 선발되었던 C2-2 및 C10-3은 추후 배양과정에서 사멸되어 최종 선발에서 제외되었다.

Table 1. Acid producing ability of collected microbes

Strains	pH	Strains	pH	Strains	pH
<b>C1-1</b>	<b>4.05</b>	<b>C6-1</b>	<b>3.97</b>	C11-5	4.29
C1-2	4.93	C8-1	4.86	C11-6	4.11
C2-1	4.88	C9-1	4.43	<b>C14-1</b>	<b>3.89</b>
<b>C2-2</b>	<b>4.08</b>	C9-2	4.61	C14-2	4.24
C2-3	4.61	C10-1	4.19	C17-1	4.38
<b>C3-1</b>	<b>3.62</b>	C10-2	4.07	C18-1	4.17
<b>C3-2</b>	<b>3.87</b>	<b>C10-3</b>	<b>3.88</b>	C19-1	4.54
<b>C3-3</b>	<b>3.76</b>	C10-4	4.72	C21-1	4.28
C3-4	4.21	C11-1	4.24	C21-2	4.23
C3-5	4.02	<b>C11-2</b>	<b>3.57</b>	C24-1	4.37
C4-1	4.38	<b>C11-3</b>	<b>3.79</b>	C26-1	4.19
C5-1	4.25	<b>C11-4</b>	<b>3.96</b>		
<b>A3-1</b>	<b>3.71</b>	B2-1	3.95	B17-2	3.90
A3-2	4.28	B2-2	4.31	B18-1	3.84
A4-1	4.68	B3-1	6.27	B19-1	4.66
A5-1	4.57	B4-1	3.86	CC2-1	4.31
A6-1	3.80	B4-2	3.96	CC2-2	4.31
A6-2	3.81	B6-1	4.74	CC4-1	3.79
A6-3	3.76	B11-1	3.77	CC6-1	3.97
A7-1	3.92	B11-2	3.84	<b>CC9-1</b>	<b>3.66</b>
A8-1	4.80	B12-1	4.34	CC9-2	3.89
A8-2	4.82	B12-2	4.32	CC15-1	3.78
A13-1	3.98	<b>B13-1</b>	<b>3.78</b>	CC15-2	3.80
A13-2	4.62	B13-2	3.79	CC16-1	4.11
A16-1	3.86	<b>B14-1</b>	<b>3.79</b>	CC17-1	4.08
A16-2	3.88	B14-2	4.68	CC17-2	3.89
A17-1	3.79	B15-1	5.78		
A17-2	3.88	B16-1	4.91		
A17-3	6.02	B16-2	4.91		
A18-1	5.28	B17-1	3.89		

2차 수집에 있어서는 산 생성능력을 나타내는 pH를 기준으로 25℃에서의 Optical density (OD)만으로 선발을 하였는데 산 생성 능력이 우수한 균주 4종을 선발하게 되었다. 특히 CC 지역에서 선발된 균주들의 성장 능력이 뛰어났으나 산 생성 능력에서 부족한 면이 많아서 CC9-1만 선발되었다.

## 2. 선발균주의 능력평가 및 동정

### 가. 온도에 따른 성장반응

#### 1) 1차 수집 균주

1차에서 동정된 균주의 온도에 따른 성장능력을 볼 때 C3-2는 25℃에서는 2일까지도 그 활력이 떨어지지 않았으나 35℃에서는 2일차에 약간 떨어지는 것을 볼 수 있었으며 45℃에서

Table 2. Growth and acid producing ability of 1st collected microbes

Strains	Optical Density			pH			Remark*
	35°C	25°C	15°C	35°C	25°C	15°C	
C1-1	0.774	0.044	0.013	4.13	5.78	5.84	
<b>C2-2</b>	1.436	0.726	0.143	4.01	4.62	5.08	S
C3-1	1.027	0.143	0.056	4.29	5.48	5.98	
<b>C3-2</b>	1.528	0.783	0.152	3.94	4.58	5.27	S, I
C3-3	1.124	0.416	0.020	4.36	5.36	5.87	
C6-1	0.555	0.147	0.080	4.22	5.21	5.75	
<b>C10-3</b>	1.517	0.657	0.490	3.82	4.27	5.14	S
C11-2	0.967	0.267	0.022	3.93	4.88	5.67	
C11-3	0.944	0.438	0.020	4.16	5.74	5.84	
<b>C11-4</b>	1.471	0.695	0.255	3.89	4.37	5.18	S, I
C14-1	0.845	0.246	0.037	4.27	5.24	5.89	

\* S : Select, I : Identify.

Table 3. Growth and acid producing ability of 2nd collected microbes

Strains	OD (nm)	Strain	OD (nm)	Strain	OD (nm)
<b>A3-1</b>	<b>2.3656</b>	B2-1	2.6199	B17-2	2.5055
A3-2	2.4275	B2-2	1.8753	B18-1	2.7185
A4-1	1.8443	B3-1	0.002	B19-1	1.8319
A5-1	1.9651	B4-1	2.5143	CC2-1	2.4698
A6-1	2.6494	B4-2	2.4291	CC2-2	2.3803
A6-2	0.6693	B6-1	1.8183	CC4-1	2.6642
A6-3	1.0060	B11-1	2.6226	CC6-1	1.8334
A7-1	2.0259	B11-2	2.6187	<b>CC9-1</b>	<b>2.6395</b>
A8-1	1.3918	B12-1	1.1878	CC9-2	2.4858
A8-2	1.6859	B12-2	2.3322	CC15-1	2.5758
A13-1	2.4287	<b>B13-1</b>	<b>2.6479</b>	CC15-2	2.5328
A13-2	1.4399	B13-2	2.4037	CC16-1	2.3280
A16-1	0.7747	<b>B14-1</b>	<b>2.5016</b>	CC17-1	2.0543
A16-2	2.3072	B14-2	1.9703	CC17-2	2.6673
A17-1	1.4227	B15-1	1.1486		
A17-2	2.4998	B16-1	1.6729		
A17-3	0.3805	B16-2	1.6751		
A18-1	1.1786	B17-1	2.4101		

는 초기부터 활력이 상당히 떨어지는 결과를 나타내어 사일리지 발효의 적온인 25~35℃에서는 생장이 양호한 것으로 판단되었다.

C11-4는 *L. fermentum*으로 *L. plantarum* 보다

는 높은 온도에서 잘 자라는 균주로 밝혀져 1일후까지는 25~45℃까지 생장에 큰 지장이 없이 잘 자라났으나 2일째는 고온에서 활력이 약간 떨어지는 것으로 나타났다.

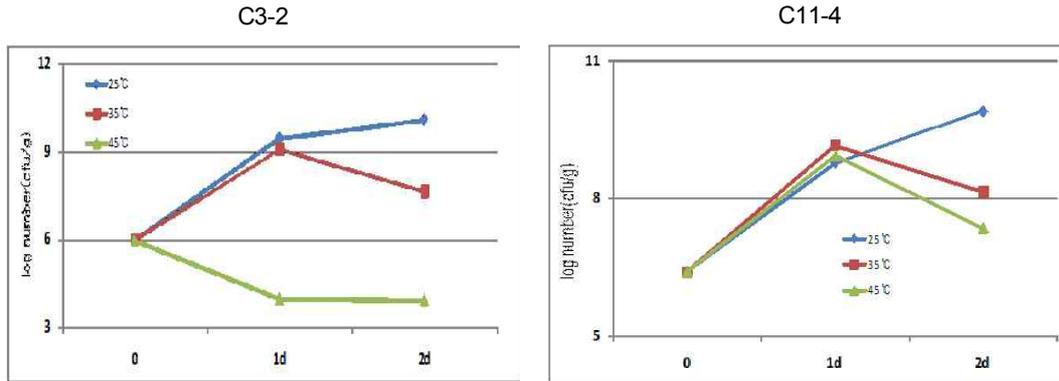


Fig. 1. Viable cell counts of selected two microbes by different temperature.

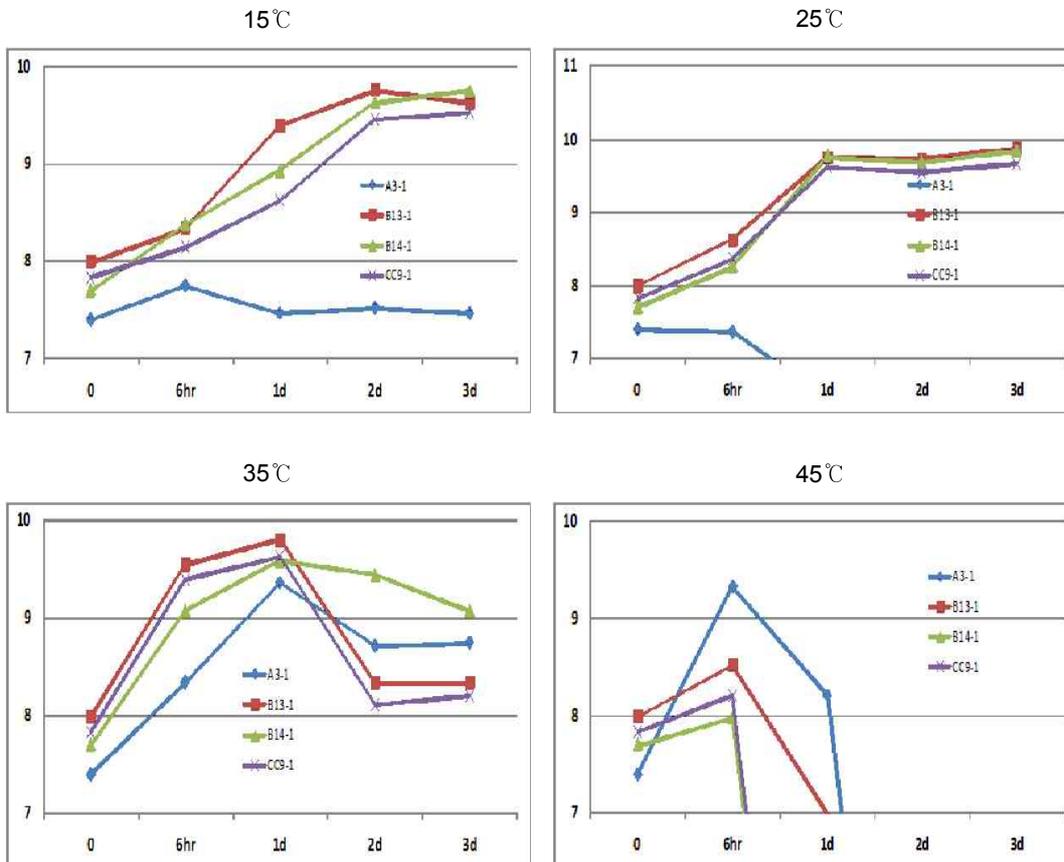


Fig. 2. Viable counts of selected four microbes by different temperature.

2) 2차 수집 균주

2차에서 수집된 된 균주에 대한 생장시험에서 15 및 25℃에서 B13-1, B14-1, CC9-1은 시간이 경과함에 따라 생장이 증가되어 1~2일후에 최고의 생장을 보여주었으나 A3-1은 초기부터 생장활력이 떨어져 25℃에서는 6시간 이후에 미생물이 사멸되는 것으로 나타났다. 35 및 45℃에 대한 조사에서는 A3-1 균주가 다른 균주에 비해 비슷하거나 오히려 높아지는 결과를 보여 A3-1 균주는 고온에서 생장이 잘 되는 균주로 판단되어 사일리지 적온에서 생장이 부진한 것을 고려하여 최종 선발에서 제외되었다. 나머지 3개의 균주는 45℃에서는 6시간 이후에 사멸되어 고온에서는 잘 자라지 못하는 중온성

균주로 판단되었다.

이상의 결과에 따라서 최종적으로 선발된 균주는 C3-2, C11-4, B13-1, B14-1 및 CC9-1 등 총 5종으로 확정하였다.

나. 미생물 동정

최종 선발된 6종에 대한 API kit를 이용한 당 이용성 시험의 결과는 아래와 같다. C3-2는 *L. plantarum* 99.9%, C11-4는 *L. fermentum* 99.7%, B13-1은 *L. plantarum* 97.9%, B14-1은 *L. paracasei* 99.9%, CC9-1은 *L. plantarum* 99.9%로 동정되었다. 한편 A3-1은 *Leuconostoc lactis* 82%로 사일리지 발효 초기에 관여하는 미생물로 추측되었다.

Table 4. Utilization of carbohydrate substrates of the microbes

Carbohydrate substrate	C3-2	C11-4	B13-1	B14-1	CC9-1	Carbohydrate substrate	C3-2	C11-4	B13-1	B14-1	CC9-1
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-D-Mannoside	+	-	-	-	+	D-Arabitol	-	-	-	-	-
α-Methyl-D-Glucoside	-	-	-	+	-	L-Arabitol	-	-	-	-	-
N acetyl glucosamin	+	-	+	+	+	Gluconate	-	-	+	+	+
Amygdalin	+	-	+	+	+	2-keto-gluconate	-	-	-	-	-
Arbutin	+	-	+	+	+	5-keto-gluconate	-	-	-	-	-
Esculin	+	+	+	+	+						

3. 선발균주의 사일리지 조제시험

가. 선발균주 종류에 따른 사일리지의 pH 및 유기산 함량

2차에 걸쳐 수집된 균주 중 최종 선발된 5종과 시중에 판매되고 있는 2개 회사의 첨가제를 대상으로 사일리지 조제시험을 수행했던 결과는 Table 5에서 보는 바와 같다. 건물함량의 경우는 평균 33.5%로 양호한 상태를 보여주었으며 처리간에 유의적인 차이를 보이지 않았다 ( $p < 0.05$ ). 산도는 평균 pH 3.68로 품질이 양호한 옥수수 사일리지의 산도를 보였으며 B14-1이 3.62로 가장 낮았으며 C11-4가 3.74로 가장 높았으나 유의성은 없었다 ( $p < 0.05$ ).

유기산 함량에 있어서는 낙산 함량이 평균 0.26%로 낮게 나타났고 초산 함량은 0.80~1.16% 범위를 보였으나 평균 0.99% 이었다. 초산 함량은 B13-1 처리구에서 유의적으로 낮았고 낙산 함량은 C11-4에서 가장 낮았다. 젖산 함량의 경우는 3.94~8.64%로 처리간에 차이가 많았는데 B13-1, B14-1 및 CC9-1은 모두 8% 이상으로 나타나 처리구간에서도 유의적으

로 높게 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 한편 Cai (2005)는 여러 가지 젖산균 중에서 *L. plantarum*이 사일리지 발효에 가장 큰 효과를 나타낸다고 하였는데 본 시험에서도 B13-1 및 CC9-1 미생물이 *L. plantarum*이었다.

유기산 함량에 따른 사일리지의 품질점수 및 품질등급은 평균 76점으로 2등급에 해당하였다. 그러나 대조구(무처리구)의 68점에 비하면 일부 선발균주의 79~81점은 높은 점수로 등급은 2등급이지만 품질은 차이가 있었다. 시중에 판매되는 첨가제도 71~78점으로 대조구(무처리구)에 비하여 높게 나타났다. 그러나 옥수수 사일리지의 경우는 첨가제를 사용하지 않아도 사일리지 품질이 양호하여 첨가제에 대한 효과는 크게 나타나지 않았다.

나. 선발균주 종류에 따른 옥수수 사일리지의 사료가치

사일리지의 조단백질 함량은 평균 7.5%로 대조구의 6.8%에 비해 높았다. 첨가제 처리구에 있어서는 B14-1 및 CC9-1에서 7.2 및 7.3%로 나타나 다른 처리구보다 낮은 경향을 보여주었

Table 5. Acidity(pH), DM and organic acid content, Flieg' score of corn silage

Treatment	pH	DM (%)	Organic acid(% in DM)			Flieg's score	Grade
			Acetic	Butyric	Lactic		
Control	3.69	34.5	1.16	0.15	3.94	68	2
Additive A	3.67	34.0	0.91	0.29	5.80	78	2
Additive B	3.67	32.2	1.11	0.31	6.89	71	2
C3-2	3.67	31.5	0.93	0.32	5.79	76	2
C11-4	3.74	35.4	1.06	0.14	4.72	75	2
B13-1	3.66	33.0	0.80	0.30	8.64	80	2
B14-1	3.62	33.1	1.06	0.30	8.39	79	2
CC9-1	3.69	34.0	0.87	0.29	8.61	81	1
Average	3.68	33.5	0.99	0.26	6.60	76	2
LSD(0.05)	NS	NS	0.21	0.06	0.36	—	—

\* Grade : 1 (Excellent) : Above 81, 2 (Good) : 61~80, 3 (Average) : 41~60, 4 (Poor) : 21~40, 5 (Inadequate) : Below 21.

Table 6. Forage quality of corn silage by different inoculant addition

Treatment	CP (%)	ADF (%)	NDF (%)
Control	6.8	29.3	45.3
A	7.8	27.2	42.7
B	7.8	30.2	46.7
C3-2	7.9	30.2	47.7
C11-4	7.7	26.9	44.7
B13-1	7.8	31.2	49.2
B14-1	7.2	29.9	49.1
CC9-1	7.3	31.1	50.1
Average	7.5	29.5	46.9
LSD (0.05)	0.43	1.28	1.29

다 ( $p < 0.05$ ).

ADF 및 NDF 함량은 일부 처리구 간에 유의적 차이를 보였으며 ( $p < 0.05$ ) 기준에 시판되는 A 첨가제와 C11-4에 특히 우수하였다. 한편 김등 (2009a)의 보리 사일리지 시험에서도 첨가제 처리로 사료가치가 개선되는 경향을 보여준다고 하여 본 시험의 결과와도 일치하였다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 B13-1 및 CC9-1 균주를 우수 옥수수 사일리지 발효 균주로 활용할 경우 사일리지 품질 향상에 유리한 것으로 판단되었다.

#### IV. 요약

옥수수는 우리나라에서 매우 중요한 사료작물이다. 대부분 사일리지 형태로 이용이 되고 있으며 많은 비율의 곡실을 함유하고 있어 반추가축의 우수한 사료로 이용된다. 본 시험은 옥수수 사일리지용 미생물 첨가제 개발을 위해 수집된 균주의 발효능력을 평가하기 위해 수행되었다. 양질의 옥수수 사일리지에서 선발한 젖산균을 0.02%의 Sodium azide가 들어있는 MRS 배지에 접종을 한 후 균을 분리하여 MRS broth에 접종하여 산 생성 능력을 조사하였다. 총 6종의 젖산균을 선발하였고 동정결과

C3-2, B13-1 및 CC9-1은 *Lactobacillus plantarum*으로 판명되었고 C11-4는 *Lactobacillus fermentum*, B14-1은 *Lactobacillus paracasei*, 그리고 A3-1은 *Leuconostoc lactis*로 동정되었다. 선발된 5종의 균주와 시판되는 2종 첨가제 그리고 무처리구를 두고 황숙기에 수확된 옥수수에 접종하여 사일리지를 제조하고 2개월 후에 개봉하여 분석한 결과 B13-1 및 CC9-1 처리구의 사일리지가 pH가 낮았고 젖산함량도 높았다. 프리그 점수와 품질등급에 있어서도 B13-1 및 CC9-1 처리구에서 가장 높게 나타났다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 *Lactobacillus plantarum* B13-1 및 CC9-1은 사일리지 접종제로 사용이 권장되었다.

#### V. 인용문헌

1. 김동암. 2001. 사료작물. 그 특성과 재배방법. 선진문화사.
2. 김종근, 함준상, 정의수, 박형수, 이종경, 정민용, 최기춘, 조남철, 서 성. 2009a. 보리 사일리지용 미생물의 발효능력 평가. 한초지 29(3):235-244.
3. 김종근, 함준상, 정의수, 윤세형, 김맹중, 박형수, 임영철, 서 성. 2008. 총체 벼 사일리지용 미생물의 발효능력 평가. 한초지 28(3):229-236.
4. 김종근. 1999. 수확시기 및 제조방법이 라운드베

- 일 호밀 사일리지의 품질 및 사료가치에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위 논문.
5. 김종덕, 권찬호, 김중근, 김창현, 노환국, 윤영만, 이종경. 2009b. 조사료 생산 및 이용. 신광종합출판사.
  6. 농림수산식품부. 2010. '11년 논 소득기반 다양화 사업계획.
  7. Cai, Y. 2005. 사료용 총체 벼 사일리지 품질 개선 기술. 축산연구소. 사료용 총체 벼 생산·이용 기술 국제 심포지엄 proceeding. pp. 103-135.
  8. 한인규, 이영철, 정근기, 김영길, 안병홍, 명규호, 고태송. 1983. 영양학 실험법. 동명사. 서울. 한국.
  9. AOAC. 1995. Official method of analysis. Washington DC.
  10. Fenton, M.P. 1987. An investigation into the source of lactic acid bacteria in grass silage. J. Appl. Bacteriology. 62:181-188.
  11. Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agric. Handbook 379, U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
  12. Lindgren, S., P. Lingvall, A. Kaspersen, A. Dekertzow, and E. Rydberg. 1983. Effect of inoculant, grain and formic acid on silage fermentation. Swedish. J. Agric. Res. 13:91-100.
  13. Pettersson, K.L. and S.P. Lindgren. 1990. The influence of the carbohydrate fraction and additives on silage quality. Grass Forage Sci. 45: 223-233.
  14. Richard, E.M. and K.K. Bolsen. 1991. Silage preservation and silage additive products. In Hay and Silage Management in North America. (K. K. Bolsen eds). National Feed Ingredients Association.
  15. SAS. 2005. Statistical Analysis System ver., 8.01. SAS Institute Inc., Cary, NC.
  16. Zimmer, E. 1973. New methods in fodder conservation. European Grassland Federation 5th General Meeting. Uppsala. 12-15 June. Main paper. pp. 6-7.
- (접수일: 2010년 11월 8일, 수정일 1차: 2010년 11월 15일, 수정일 2차: 2010년 11월 25일, 게재확정일: 2010년 12월 1일)