

Research Article

젖산균과 클로렐라 첨가가 생볏짚 사일리지의 사료가치 및 발효품질에 미치는 영향

최기춘* · S. Ilavenil · M. Valan Arasu · 박형수 · 김원호

국립축산과학원

Effect of Addition of Chlorella and Lactic Acid Bacteria on Nutritive Value and Fermentation Quality of Fresh Rice Straw Silage

Ki Choon Choi*, Soundarrajan Ilavenil, Mariadhas Valan Arasu, Hyung-Su Park and Won-Ho Kim

National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 331-808, Korea

ABSTRACT

Fresh rice straw silage (RSS) was prepared with lactic acid bacteria (LAB) and chlorella (CA) at the experimental field of National Institute of Animal Science, Cheonan Province, Korea. This experiment consisted of the following eight treatments: control treatment without CA and LAB; treatment of 0.1% CA applied without LAB; treatment of 0.5% CA applied without LAB; treatment of 1.0% CA applied without LAB; treatment of only LAB inoculation without CA; treatment of 0.1% CA inoculated with LAB; treatment of 0.5% CA inoculated with LAB; and treatment of 1.0% CA inoculated with LAB. The content of crude protein of RSS significantly elevated with increased concentration of CA ($p < 0.05$). The levels of acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), total digestible nutrient (TDN), and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) showed no significant improvement in all treatments when compared to control. However, the quantity of lactic acid in RSS increased in CA and LAB alone inoculated treatments. Similarly, lactic acid significantly increased in LAB with CA treatments when compared to control. In addition, the number of LAB in LAB treatment increased as compared to control and significantly increased by an increase of CA concentration ($p < 0.05$). Therefore, the nutritive values and quality of RSS can be improved by the addition of CA. (**Key words** : Chlorella, Lactic acid bacteria, Fresh rice straw, Lactic acid)

I. 서 론

최근 전 세계적으로 이상기후의 빈발로 인한 곡류생산의 안정성 상실, 바이오매스 이용 증가 그리고 수입조사료 가격 상승으로 인하여 국내 양축농가의 사료비 부담이 크게 증가됨에 따라 조사료 생산 및 이용기술 측면에서 많은 노력을 기울이고 있다(Choi et al., 2012; Ha et al., 2012; Ji et al., 2011; Kim et al., 2011b). 이제까지 대부분 진행된 조사료에 대한 연구는 주로 증체량 및 기호성 증진을 위한 영양학적 측면에서의 접근(Kim et al., 2011a; Hwangbo et al., 2010; Jung et al., 2009)이었으나 최근 연구결과에 따르면 조사료는 가축의 생리활성을 촉진하는 다양한 기능성 물질을 함유하고 있는 것으로 보고 되고 (Valan Arasu et

al., 2014b; Choi et al., 2013a,b; Hwang et al., 2013) 있기 때문에 조사료의 효율적인 활용을 위해서는 조사료의 영양 강화 및 품질향상 기술 개발은 매우 중요하다.

현재 우리나라에서 볏짚은 조사료의 40% 이상을 차지하는 중요한 사료자원으로 최대한 수거하여 활용하는 것이 사료비를 절감하는 방안이 될 수 있기 때문에 많은 경종농가와 양축농가에서는 가을철에 노동력을 투여하여 수거하고 있는 실정이다. 그러나 볏짚은 사료가치가 낮아 조사료로써 이용성에 한계를 가지고 있으며(Kim et al., 2004), 특히 당분함량이 부족해 사일리지로 이용시에도 발효가 잘 되지 않기 때문에 반드시 젖산균 제제를 첨가해 주어야 한다고 보고하고 있다(Kim et al. 2004). 일반적으로 사일리지 제조시 젖산균 제제에 의해서 정상적인 발효가 일어나면

* Corresponding author : Ki Choon Choi, Grassland and forage division, National Institute of Animal Science, RDA, Seonghwan-Eup, Cheonan-Si, Chungnam, 330-801, Republic of Korea. Tel: +82-41-580-6752, Fax: +82-41-580-6779 E-mail: choiwh@korea.kr

다량의 유기산(lactic acid, acetic acid 등)이 생성되어 부패 분해균 등 불량 잡균의 성장을 억제함으로써 장기간 저장할 수 있기 때문에 사일리지 제조 시 젖산균 제제의 첨가는 매우 중요하다고 보고하고 있다(Amanullah 등, 2014; Arasu 등, 2014a; Choi 등, 2014a,b; Ilavenil 등, 2014; Choi 등, 2011a,b).

Ahn (2007)은 농업부산물인 낙과감귤을 볏짚에 첨가하여 품질이 우수한 볏짚사일리지를 제조 하였으며 또한 최근 Choi et al. (2014a,b)과 Valan Arasu et al. (2014a)도 녹조류를 활용하여 조사료의 품질 향상 및 안정화 기술을 개발하여 보고하였다. 이처럼 영양 강화 조사료의 제조 기술 개발은 국내산 조사료의 품질 향상에 기여할 뿐 아니라 조사료 유통 활성화 및 신뢰도를 향상시켜 국내산 조사료의 안정성에 기여하고 또한 조사료의 영양 강화 및 품질향상을 통하여 완전배합사료 원료로 수입되고 있는 수입 조사료의 대체가 가능할 것으로 생각된다. 최근 많은 분야에서 다양하게 이용되고 있는 녹조류인 클로렐라는 단백질 함량이 약 60% 정도이고 다양한 기능성(Bae et al., 2013; Ramos et al., 2010; Kang et al., 2004)을 가지고 있기 때문에 클로렐라의 이용은 조사료의 영양을 강화할 수 있는 방법 또한 양질의 조사료 이용성을 증진시키는데 중요한 방법이 될 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 생볏짚 사일리지 제조시 젖산균과 클로렐라를 처리하여 생볏짚 사일리지의 사료가치, 품질 및 미생물상의 변화를 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 포장시험 및 사일리지 제조

본 연구는 충남 천안 국립축산과학원 식용벼 재배지에서 2012년부터 2013년까지 정상적으로 벼 재배가 이루어지고 수확이 완료된 볏짚을 이용하여 수행하였다. 볏짚을 이용하여 사일리지를 제조하였는데 이때 젖산균 첨가제(청미바이오, 한국)와 클로렐라(대상, 한국)를 처리하여 각 처리당 3반복으로 하였다. 본 연구에 사용된 클로렐라는 단백질이 60.5%, 지방이 11.0%, 탄수화물이 20.1% 및 섬유소는 3.9% 함량을 보였다. 젖산균의 첨가제의 양은 첨가제 제조회사(청미바이오, 한국)에서 제시한 권장량을 증류수에 희석하여 사용하였다. 즉, 젖산균(1.5×10^{10} cfu/g)을 증류수(0.1 g/10 ml)에 녹여 5 kg의 사일리지에 처리하는 양으로 이용하였다. 그리고 클로렐라 첨가는 0, 0.5, 1.0%로 첨가하여 젖산균 접종과 함께 사용하였다. 사일리지 제조는 젖산균

(접종, 무접종)을 주구로 하고 클로렐라 농도를 세구로 생 볏짚을 세절(4~5 cm)하여 플라스틱 시험용 사일로(20L)에 충전 시킨 후 완전 밀봉하여 그늘에서 보관하였다. 이렇게 조제된 사일리지는 약 45일 동안 보관 한 후 개봉하여 사료가치 및 품질 등을 조사하였다. 시험처리구는 젖산균 무접종 + 클로렐라 무처리구(대조구), 젖산균 무접종 + 클로렐라 0.1% 처리구(클로렐라 0.1% 단독처리구), 젖산균 무접종 + 클로렐라 0.5% 처리구(클로렐라 0.2% 단독처리구), 젖산균 무접종 + 클로렐라 1.0% 처리구(클로렐라 1.0% 단독처리구), 젖산균 접종 + 클로렐라 무처리구(젖산균 단독접종구), 젖산균 접종 + 클로렐라 0.1% 처리구(젖산균과 클로렐라 0.1% 공용처리구), 젖산균 접종 + 클로렐라 0.5% 처리구(젖산균과 클로렐라 0.5% 공용처리구), 젖산균 접종 + 클로렐라 1.0% 처리구(젖산균과 클로렐라 1.0% 공용처리구)로 하였다.

2. 사료가치 분석

사일리지의 사료가치를 조사하기 위하여 각 시험구에서 저장 45일후 사일리지 각 처리구당 약 500 g을 취하여 일부는 65°C 순환식 송풍건조기에서 3일 이상 건조 후 분쇄하여 시료의 Crude protein (CP)은 AOAC법(1990)에 의해 분석하였고, Neutral detergent fiber (NDF) 및 Acid detergent fiber (ADF) 함량은 Goering 및 Van soest법(1970)으로 분석하였다. *In vitro* 건물소화율은 Tilley 및 Terry법을 Moore (1970)가 수정한 방법을 이용하였으며, 가소화영양소 총량(total digestible nutrients, TDN)은 $88.9 - (ADF\% \times 0.79)$ 에 의해서 산출하였다. 그리고 나머지 일부는 -20°C 냉동고에 보관하였다가 사일리지 특성조사에 사용하였다.

사일리지의 pH와 유기산 성분은 개봉한 사일리지 10g을 증류수 100 ml에 넣고 냉장고에서 주기적으로 흔들며 주면서 24시간 보관 후 4중 거즈로 1차 거른 뒤 여과지(Whatman No. 6)를 통과한 추출액을 조제하여 pH는 pH meter (HI 9024; HANNA Instrument Inc. UK)로, 그리고 젖산은 0.22 μ m 실린지 필터를 사용하여 여과시킨 다음 HPLC (HP1100, Agilent Co. USA)로 분석하였다. 초산과 낙산 분석은 Gas chromatography (GC-450, Varian Co., USA)를 이용하여 분석하였다. 추출액은 분석에 이용할 때까지 -70°C에서 냉동보관 하였다.

미생물상 조사를 위해서 사일리지 시료 10 g을 멸균된 250 mL의 플라스크에 넣고 멸균수 90 mL를 넣고 1시간동안 shaker (150 rpm)에서 shaking 시킨 후 미생물 희석법에 의해 희석하여 젖산균은 28°C에서 4일 동안 MRS (de Man,

Rogosa and Sharpe) 배지에서 배양하였으며, 효모는 3M petrifilm (3M Microbiology Products, St.Paul, USA)에서, 곰팡이는 Potato Dextrose agar (PDA)를 이용하여 28°C에서 4 일 동안 배양한 후 계수화 하였다.

3. 통계분석

본 시험에서는 Windows 용 SPSS/PC (Statistical Package for the Science, ver 12.0. USA) 통계프로그램을 이용하여 모든 결과를 분석 (Two-way ANOVA 및 T-test)하였으며 최소 유의성을 검정은 P-value가 0.05로 평가하였다.

III. 결 과

1. 볏짚 사일리지의 사료가치

볏짚에 영양을 강화하기 위해 클로렐라를 첨가하여 볏짚

사일리지를 조제한 후 사료가치 및 소화율을 조사하였는데 그 결과는 Table 1에서 나타낸바와 같다. 볏짚 사일리지 제조시 클로렐라 단독처리구는 대조구에 비해 조단백질 함량이 증가되었으며 클로렐라 1% 단독처리구에서는 현저하게 증가되었다. 또한 젖산균 단독접종구는 대조구에 비해 경미한 증가를 보였다. 그리고 클로렐라와 젖산균 공용 처리구에서도 대조구에 비해 증가하였으나 젖산균과 클로렐라 1.0% 공용처리구에서는 클로렐라 단독 처리구에 비해 현저하게 증가하였다. 그러나 섬유소와 TDN 함량 및 *in vitro* 소화율에서는 처리구간에 차이는 나타나지 않았다.

볏짚사일리지에 젖산균과 클로렐라 처리에 따른 통계분석 결과에 의하면, 젖산균 접종 유무에 따라 볏짚사일리지의 사료가치 변화는 나타나지 않았으나 클로렐라 처리구는 대조구에 비해 현저하게 조단백질 함량이 증가하였다 ($p<0.05$). 그리고 클로렐라 첨가량이 증가함에 따라 조단백질 함량이 증가하는 경향을 보였다 ($p<0.05$). 모든 처리구에서 섬유소와 TDN 함량 및 IVDMD은 차이를 나타

Table 1. Changes of nutritive value and *in vitro* dry matter digestibility on rice straw silage according to inoculation of lactic acid bacteria and chlorella

Treatment		CP ⁴⁾ (%)	ADF ⁵⁾ (%)	NDF ⁶⁾ (%)	TDN ⁷⁾ (%)	IVDMD ⁸⁾ (%)
NON-IN ¹⁾	Control	4.20	43.42	64.31	58.00	38.10
	CA ³⁾ 0.1%	4.35	40.91	60.69	57.00	40.95
	CA 0.5%	4.40	40.72	64.10	59.01	38.26
	CA 1.0%	4.79	42.06	64.01	56.50	38.33
LAB-IN ²⁾	Control	4.31	42.50	61.64	57.95	40.20
	CA 0.1%	4.38	41.99	57.82	58.71	39.22
	CA 0.5%	4.43	42.80	63.66	58.80	38.61
	CA 1.0%	4.97	42.50	62.52	59.01	39.51
Main-effect						
NON-IN		4.44	41.78	63.28	57.63	38.91
LAB-IN		4.52	42.45	61.41	58.62	39.39
Sub-effect						
Control		4.26c	42.96	62.98	57.98	39.15
CA 0.1%		4.37b	41.45	59.26	57.86	40.09
CA 0.5%		4.42b	41.76	63.88	58.91	38.44
CA 1.0%		4.88a	42.28	63.27	57.76	38.92
Main × Subplot Interaction		NS ⁹⁾	NS	NS	NS	NS

¹⁾ NON-IN: Non-inoculation of lactic acid bacteria, ²⁾ LAB-IN: Inoculation of lactic acid bacteria, ³⁾ CA: chlorella additive, ⁴⁾ CP: Crude protein, ⁵⁾ ADF: Acid detergent fiber, ⁶⁾ NDF: Neutral detergent fiber, ⁷⁾ TDN: Total digestible nutrient, ⁸⁾ IVDMD: *in vitro* dry matter digestibility, ⁹⁾ NS: Not significance

a and b: Means with different letters within a column are significantly different at the 5% level.

내지 않았으며 젖산균과 클로렐라에 따른 상호작용 효과도 나타나지 않았다.

2. 볏짚 사일리지의 pH 및 유기산 함량변화

볏짚 사일리지를 조제한 후 pH와 유기산 함량을 조사하였는데 (Table 2), 클로렐라 단독 처리구는 대조구에 비해 경미한 pH 감소가 나타났으나 클로렐라 농도에 따른 pH의 영향은 나타나지 않았다. 그리고 젖산균 단독접종구는 대조구에 비해 pH가 감소되었으며, 클로렐라와 젖산균 공용 처리구에서도 pH가 감소되었다. 젖산함량은 대조구에 비해 클로렐라 단독처리구에서 증가가 나타났으며 클로렐라 농도에 따른 젖산함량 변화는 거의 나타나지 않았다. 그리고 젖산균 단독접종구는 대조구에 비해 젖산함량이 감소되었으며, 클로렐라와 젖산균 공용 처리구에서도 젖산함량이 감소되었다. 그리고 초산은 대조구에 비해 클로렐라 단독 처리구에서 증가하였으며 젖산균 접종에 의해서도 증가하였다. 그리고 클로렐라와 젖산균을 공용 처리구에서도 대

조구에 비해 증가하였다. 볏짚사일리지 대조구의 사일리지 등급은 보통이었으며 클로렐라 단독처리구, 클로렐라와 젖산균 공용처리구에서는 우수한 것으로 나타났다. 볏짚사일리지에 젖산균과 클로렐라 처리에 따른 통계분석 결과에 의하면, 젖산균 접종 유무에 따라 볏짚사일리지의 pH 및 유기산 함량 변화는 나타나지 않았으며 클로렐라 처리구도 무처리구에 비해 pH 변화는 나타나지 않았다. 그러나 클로렐라 처리구에서 젖산함량은 무처리구에 비해 유의적으로 증가하였으며 클로렐라 농도의 증가에 따라 젖산함량이 증가하는 경향을 보였다 ($p<0.05$). 초산 및 낙산함량은 클로렐라 처리구에 따른 변화는 관찰되지 않았으며, 또한 모든 처리구에서 젖산균과 클로렐라 처리에 따른 pH 및 유기산함량에 관한 상호작용효과도 나타나지 않았다.

3. 볏짚 사일리지내 미생물상 변화

볏짚 사일리지 제조한 후 45일이 경과된 다음 볏짚 사일리지내 미생물상 변화를 조사하였는데 그 결과는 Table 3에

Table 2. Changes of pH and organic acids on rice straw silage according to inoculation of lactic acid bacteria and chlorella

Treatment		pH	Lactate (% / DM)	Acetate (% / DM)	Butyrate (% / DM)	Flieg's score
NON-IN ¹⁾	Control	5.90	0.72	0.40	0.04	Good
	CA ³⁾ 0.1%	5.75	1.16	0.74	0.01	Excellent
	CA 0.5%	5.75	1.39	0.91	0.02	Excellent
	CA 1.0%	5.76	1.38	0.54	0.02	Excellent
LAB-IN ²⁾	Control	5.69	1.26	0.81	0.00	Excellent
	CA 0.1%	5.75	1.23	0.81	0.00	Excellent
	CA 0.5%	5.73	1.34	0.91	0.00	Excellent
	CA 1.0%	5.73	1.48	0.97	0.00	Excellent
Main-effect						
NON-IN		5.79	1.16	0.65	0.02	—
LAB-IN		5.73	1.33	0.88	0.00	—
Sub-effect						
Control		5.80	0.99b	0.61	0.02	—
CA 0.1%		5.75	1.20b	0.78	0.01	—
CA 0.5%		5.74	1.37a	0.91	0.01	—
CA 1.0%		5.75	1.43a	0.76	0.01	—
Main × Subplot Interaction		NS ⁴⁾	NS	NS	NS	—

¹⁾ NON-IN: Non-inoculation of lactic acid bacteria, ²⁾ LAB-IN: Inoculation of lactic acid bacteria, ³⁾ CA: chlorella additive, ⁴⁾ NS: Not significance

a and b: Means with different letters within a column are significantly different at the 5% level.

Table 3. Changes of microbes on rice straw silage according to inoculation of lactic acid bacteria and chlorella

Treatment		LAB4) ($\times 10^5$ CFU ⁵ /g)	Yeast ($\times 10^5$ CFU/g)	Fungi ($\times 10^1$ CFU/g)
NON-IN ¹⁾	Control	0.017	4.10	0
	CA ³⁾ 0.1%	1.33	1.15	0.3
	CA 0.5%	1.34	1.16	0.5
	CA 1.0%	1.88	1.57	0.9
LAB-IN ²⁾	Control	1.30	1.0	0
	CA 0.1%	1.88	1.23	2.9
	CA 0.5%	1.95	1.68	0
	CA 1.0%	2.86	2.65	3.1
Main-effect				
NON-IN		1.56b	2.00	0.43
LAB-IN		2.00a	1.64	1.50
Sub-effect				
Control		1.49b	2.55	0.00
CA 0.1%		1.61b	1.19	1.60
CA 0.5%		1.65b	1.42	0.25
CA 1.0%		2.37a	2.11	2.00
Main \times Subplot Interaction		NS ⁶⁾	NS	NS

¹⁾ NON-IN: Non-inoculation of lactic acid bacteria, ²⁾ LAB-IN: Inoculation of lactic acid bacteria, ³⁾ CA: chlorella additive, ⁴⁾ Lactic acid bacteria, ⁵⁾ CFU: Colony per unit ⁶⁾ NS: Not significance.

a and b: Means with different letters within a column are significantly different at the 5% level.

서 보는바와 같다. 볏짚 사일리지 대조구의 젖산균 수는 약 1.7×10^3 cfu/g의 정도를 보였으나 클로렐라 첨가함으로써 10^5 cfu/g로 증가되었다. 또한 젖산균 집중구의 젖산균 수는 대조구에 비해 증가되었다. 그리고 효모의 경우는 대조구에 비해 클로렐라 처리구에서 감소되었으며 또한 클로렐라와 젖산균 공용처리구에서도 감소되었다. 그러나 곰팡이는 일정한 경향을 보이지는 않았다. 볏짚사일리지에 젖산균과 클로렐라 처리에 따른 통계분석 결과, 젖산균 단독집중구의 젖산균 수는 무처리구에 비해 현저하게 증가하였으며 ($p < 0.05$), 클로렐라 농도의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였다 ($p < 0.05$). 그러나 효모와 곰팡이 수는 비슷한 수준을 나타냈다. 클로렐라 처리구의 젖산균 수는 무처리구에 비해 현저하게 증가하였으며 효모와 곰팡이 수는 비슷한 수준이었다. 클로렐라 농도의 증가에 따라 젖산함량이 증가하는 경향을 보였다 ($p < 0.05$). 또한 모든 처리구에서 젖산균과 클로렐라 처리에 따른 미생물상에 관한 상호작용효과도 나타나지 않았다.

IV. 고 찰

현재 우리나라에서 조사료의 약 40% 정도를 차지하고 있는 볏짚은 대표적인 조사료원으로 활용되고 있으나 영양 가치가 매우 불량하여 양질의 조사료원으로 대체하기에는 많은 어려움이 있다. 일부 농가에서는 생 볏짚 사일리지로 제조하여 이용하고 있는 실정인데 사일리지 제조시 미생물 첨가제의 처리는 발효품질 개선 및 개봉 후도 호기적 안정성에도 효과가 있기 때문에 생 볏짚 사일리지 조제하는데 반드시 고려해야 한다 (Kang et al., 1999). 또한 Ahn (2007)은 농가부산물인 감귤 첨가함으로써 볏짚 사일리지의 NDF와 ADF 함량이 감소하고 조단백질 함량 및 lactic acid의 함량은 증가하였다고 보고하였으며, Jo and Lee (2001)도 생볏짚에 포도박의 첨가함으로써 사료가치 및 품질에 향상되었다고 보고 하였는데, 본 연구에서도 재료는 다르지만 클로렐라 첨가에 의해서 양질의 볏짚 사일리지 제조되었다. 한편 Choi 등 (2014a,b) 및 Valan Arasu 등 (2014a)는 화본과-두과 목초 사일리지 제조시 클로렐라를 첨가함으로

써 사일리지내 유기산 함량 및 젖산균 수가 증가하였다고 하였는데 본 연구의 결과와 비슷한 결과를 나타냈다. 최근 많은 영역에서 활용되고 있는 클로렐라는 단백질 함량이 약 60% 정도이고 다양한 기능을 가지고 있으므로 클로렐라의 이용은 볏짚의 사료가치 및 품질을 향상시킬 뿐만 아니라 볏짚의 이용성을 증진시키는데 중요한 방법이 될 수 있다. 따라서 농가부산물이나 녹조류 등을 활용하여 조사료의 영양을 강화시킬 수 있는 새로운 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다. 우리나라 축우농가는 농산 가공 부산물인 생 볏짚을 다량 활용하고 있기 때문에 생 볏짚에 대한 사료적 가치나 영양성분을 파악한 가축의 사양기술 확립은 매우 중요하고 생 볏짚의 활용성을 높이기 위한 방법을 찾는 것도 매우 중요하다. 본 연구에서 제시한 클로렐라 이외의 영양강화 재료를 생 볏짚에 처리하여 생 볏짚의 사료가치 및 품질을 향상시킬 수 있는 방법을 모색하는 연구도 수행되어야 할 것으로 생각된다. 특히 생볏짚 사일리지는 일반 목초나 사료작물 사일리지와는 달리 수분 함량이 매우 중요하기 때문에 생볏짚의 수거 시기를 고려해야 할 것으로 생각된다(Kim et al., 2004).

이상의 볏짚 사일리지의 결과를 요약해 보면 볏짚 사일리지 제조시 클로렐라에 의해 조단백질 함량 및 젖산함량이 증가되는 경향을 보였으며 또한 클로렐라와 젖산균을 공용 처리함으로써 양질의 사일리지를 유지하면서 장기간 보관 할 수 있을 것으로 생각된다.

V. 요약

본 연구는 충남 천안 국립축산과학원 식용벼 재배지에서 2012년부터 2013년까지 정상적으로 벼 재배가 이루어지고 수확이 완료된 볏짚을 이용하여 수행하였다. 젖산균 접종 유무에 따라 볏짚사일리지의 사료가치 변화는 나타나지 않았으나 클로렐라 처리구는 대조구에 비해 현저하게 조단백질 함량이 증가하였다 ($p<0.05$). 그리고 클로렐라 농도의 증가에 따라 조단백질 함량이 증가하는 경향을 보였다 ($p<0.05$). 모든 처리구에서 섬유소와 TDN 함량 및 *in vitro* 소화율은 차이를 나타내지 않았다. 그리고 젖산균 접종 유무에 따라 볏짚사일리지의 pH 및 유기산 함량 변화는 나타나지 않았으며 클로렐라 처리구도 무처리구에 비해 pH 변화는 나타나지 않았다. 그러나 클로렐라 처리구에서 젖산함량은 무처리구에 비해 유의적으로 증가하였으며 클로렐라 농도의 증가에 따라 젖산함량이 증가하는 경향을 보였다 ($p<0.05$). 젖산균 단독접종구의 젖산균 수는 무처리구에 비해 현저하게 증가하였으며 ($p<0.05$), 클로렐라 농도의

증가에 따라 증가하는 경향을 보였다 ($p<0.05$). 그러나 효모와 곰팡이 수는 비슷한 수준을 나타냈다. 그러므로 볏짚사일리지의 사료가치와 품질은 클로렐라 첨가에 의해서 향상될 수 있다.

VI. 사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 PJ00844503)의 지원에 의해 이루어진 것임.

VII. REFERENCES

- Ahn, J.H. 2007. Effects of supplementing organic citrus in making rice straw silage. *Korean Journal of Organic Agriculture*. 15: 309-318.
- Amanullah S.M., Kim, D.H., Lee, H.J., Joo, Y.H., Kim, S.B. and Kim, S.C. 2014. Effects of microbial additives on chemical composition and fermentation characteristics of barley silage. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 27:511-517.
- AOAC. 1990. Official method of analysis. 15th ed. Washington, DC.
- Bae, M.J., Shin, H.S., Chai, O.H., Han, J.G. and Shon, D.H. 2013. Inhibitory effect of unicellular green algae (*Chlorella vulgaris*) water extract on allergic immune response. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 93:3133-3136.
- Choi, K.C., Hwang, J.M., Bang, S.J., Kim, B.T., Kim, D.H., Chae, M., Lee, S.A., Choi, G.J., Kim, D.H. and Lee J.C. 2013b. Chloroform extract of alfalfa (*Medicago sativa*) inhibits lipopolysaccharide-induced inflammation by downregulating ERK/NF- κ B signaling and cytokine production. *Journal of Medicinal Food*. 16:410-420.
- Choi, K.C., Hwang, J.M., Bang, S.J., Son, Y.O., Kim, B.T., Kim, D.H., Lee, S.A., Chae, M., Kim, D.H. and Lee J.C. 2013a. Methanol extract of the aerial parts of barley (*Hordeum vulgare*) suppresses lipopolysaccharide-induced inflammatory responses *in vitro* and *in vivo*. *Pharmaceutical Biology*. 51:1066-1076.
- Choi, K.C., Jo, N.C., Jung, M.W., Lee, K.D., Kim, J.G., Lim, Y.C., Kim, W.H., Oh, Y.K., Choi, J.H., Kim, C.M., Jung, D.K., Choi, J.M. and Kim, H.G. 2011a. 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*. 31:65-74.
- Choi, K.C., Jung, M.W., Kim, W.H., Kim, C.M., Yoon, S.H., Choi E.M., Kim, J.G., Lee, S.M., Choi, J.M., Kim, H.G. and Lim, Y.C. 2011b. Effect of harvest stage of Sorghum \times Sorghum Hybrid (SSH) on the quality of round baled SSH silage. *Journal*

- of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 31:143-150.
- Choi, K.C., Na, S.P., Jung, M.W., Lim, Y.C., Park, H.S., Kim, J.K., Kim, W.H., Kim, M.J., Choi, G.J., Kim, M.H., Lee, S.R., Kim, D.H. and Yook, W.B. 2012. Effect of application of cattle slurry on dry matter yield and nutritive value of whole crop barley and Italian ryegrass and environmental pollution in paddy land. *Journal of Livestock Housing and Environment*. 18:123-130.
- Choi, K.C., Valan Arasu M., Ilavenil S., Park, H.S., Jung, M.W., Lee, S.H., Jung, J.S., Hwangbo S., Kim, W.H. and Lim, Y.C. 2014a. Effect of lactic acid bacteria and chlorella on nutritive values and quality of Italian Ryegrass-Alfalfa silage. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 34:33-38.
- Choi, K.C., Valan Arasu M., Ilavenil S., Park, H.S., Jung, M.W., Kim, J.H., Jung, J.S., Hwangbo S., Kim, W.H. and Lim, Y.C. 2014b. Effect of addition of lactic acid bacteria and chlorella on nutritive values and quality of Italian Ryegrass-Hairy Vetch silage. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 34:39-44.
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. *Agic. Handbook 379*, U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
- Ha, Y.S. and Park, K.K. 2012. Cost analysis of wrap silage production in the paddy field for forage crop cropping system. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 32:75-84.
- Hwang, J.M., Choi, K.C., Bang, S.J., Son, Y.O., Kim, B.T., Kim, D.H., Choi, G.J., Kim, D.H., Shi, X. and Lee J.C. 2013. Anti-oxidant and anti-inflammatory properties of methanol extracts from various crops. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 22:265-272.
- Hwangbo, S., Jo, I.H., Jung, G.W., Kim, W.H., Lim, Y.C. and Kim J.D. 2010. The effect of feeding mixed-sowing winter forage crop and whole Crop barley silage on feed intake, nutrient digestibility and blood characteristics in the korean black goats. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 30:49-58.
- Ilavenil, S., Valan Arasu, M., Vijayakumar, M., Jung, M.W., Park, H.S., Lim, Y.C. and Choi, K.C. 2014. *Lactobacillus plantarum* improves the nutritional quality of Italian Ryegrass with alfalfa mediated silage. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 34:174-178.
- Ji, H.C., Kwon, O.D., Kim, W.H., Lim, Y.C., Cho, J.H. and Lee, K.W. 2011. Selection of pasture species at paddy field in southern region of Korea. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 31:113-118.
- Jo, I.H. and Lee, J.S. 2001. The effect of addition of grape pomace on chemical composition and quality of silage. *Korea Journal of Organic Agriculture*. 9:75-85.
- Jung, G.W., Jo, I.H., Whangbo, S. and Lee, S.H. 2009. Effects of feeding total mixed rations containing different winter forage crop silages on feed intake, nutrient digestibility and blood characteristics in korean black goats. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 29:389-398.
- Kang, W.S., Kim, G.G., Chung, E.S., Ham, J.S., Kim, J.D. and Kim, K.N. 1999. Studies on Improvement of Quality of Round Bale Silage Using Fresh Rice Straw. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 19:41-48.
- Kang, M.S., Sim, S.J. and Chae, H.J. 2004. Chlorella as a functional biomaterial. *KSBB Journal*. 19:1-11.
- Kim, J.G., Park, H.S., Kim, M.J., Choi, K.C., Seo, S. and Lim, Y.C. 2011a. Evaluation of palatability for domestic developed forage crop silage in korean native cattle. *Proceeding of Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science Conference*. 37:196-197.
- Kim, S.R., Kim, G.S., Woo, J.H., Lee, J.W. and Sung, K.I. 2004. Chemical composition and fermentation characteristics of storage sections of the round bale silage of fresh rice straw at Yonchon of Gyeonggi-do. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 24:253-260.
- Kim, W.H., Kim, K.Y., Jung, M.W., Ji, H.J., Lim, Y.C., Seo, S., Kim, J.D., Yoon, B.K. and Lee, H.W. 2011b. Dry matter yield and forage quality at mixture of annual legumes and Italian ryegrass on paddy field. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 31:33-38.
- Moore, J.E. 1970. Procedure for the two-stage *in vitro* digestion of forage. Univ. of Florida, Department of Animal. Science.
- Ramos, A.L., Torello, C.O. and Queiroz, M.L. 2010. Chlorella vulgaris modulates immunomyelopoietic activity and enhances the resistance of tumor-bearing mice. *Nutrition Cancer*. 62:1170-1180.
- Valan Arasu M., Ilavenil S., Jane M., Kim, D.H., Lee K.D., Park, H.S. and Choi, K.C. 2014a. Effect of addition of chlorella with *Lactobacillus plantarum* on quality, microbial contents and fermentation metabolites of barley and pea silages. *Journal of Pure and Applied Microbiology*. 8:4017-4023.
- Valan Arasu M., Ilavenil, S., Kim, D.H., Gun, R.S., Lee, J.C. and Choi, K.C. 2014b. *In vitro* and *in vivo* enhancement of adipogenesis by italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) in 3T3-L1 cells and mice. *PLoS One*. 9:e85297.

(Received May 7, 2015 / Revised June 2, 2015 / Accepted June 3, 2015)