

Research Article

암모니아 및 가성소다 처리가 Mycotoxin 오염 사료용 볏짚의 사일리지 저장 및 반추위 미생물의 섬유소 분해에 미치는 영향

성하균

상지대학교 동물자원학과

The Effect of Ammonia and Sodium Hydroxide Treatment on the Storage and Rumen Microbial Fiber Degradation in Silage of Rice Straw Contaminated Mycotoxin

Ha Guyn Sung

Dept. of Animal Science, Sangji University, Wonju, 26339, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to research on the efficacy of chemical treatment as an effective method for reducing mycotoxin in rice straw silage. As a chemical treatment method, ammonia and sodium hydroxide were treated at 4% level of rice straws contaminated with mycotoxin, and the effects of silage storage on fungal toxin reduction, fermentation quality, and fiber digestion were evaluated.

Aflatoxin B₁, B₂, G₁, G₂ and fumonisin B₁, B₂ as well as deoxynivalenol were not detected in all experimental groups, and ochratoxin A and zearalenone were detected. Ochratoxin A was detected lower in the chemical treatment than control (41.23 g / kg) ($p < 0.05$). Zearalenone showed lower results in sodium hydroxide treatment (297.44 $\mu\text{g} / \text{kg}$) than control (600.33 $\mu\text{g} / \text{kg}$) and ammonia treatment (376.00 $\mu\text{g} / \text{kg}$) ($p < 0.05$). The pH of rice straw silage was the lowest in ammonia treatment and the highest in sodium hydroxide treatment ($p < 0.05$). The lactic acid contents of control and ammonia treatments were similar, but sodium hydroxide treatment was the lowest ($p < 0.05$). Propionic acid was higher in the control than in the chemical treatments ($p < 0.05$), and showed similar contents in the ammonia and sodium hydroxide treatment. Both the rumen microbial degradation rate of NDF and ADF showed the highest in sodium hydroxide treatment, followed by ammonia treatment, and the control showed the lowest level ($p < 0.05$). Therefore, the results of this study are demonstrated to have a good effect on the treatment of ammonia and sodium hydroxide to reduce the mycotoxins and increase the rumen microbial degradation rate in the rice straw silage. Sodium hydroxide treatment was more effective in reducing mycotoxins and improving fiber degradation rate than ammonia treatment, but it is thought to have an inefficient effect on silage fermentation in rice straw silage.

(Key words: Mycotoxin, Ammonia, Sodium Hydroxide, Rice Straw silage)

I. 서론

사일리지 생산은 고대 이집트(1,500-1,000 BC)에 동물 사료로 식물 원료를 저장하였다는 증거로 보아 오랜 전통의 역사를 가지고 있다(Alonso *et al.*, 2013). 사일리지 제조는 온대 지역에서 조 사료를 저장하는 대표적 방법으로 1960년대부터 전 세계적으로 급속히 증가하였다(Cheli *et al.*, 2013). 사일리지는 농가에서 광범위 하게 사용하고 있고, 축우생산 시스템에서 실질적 역할을 하고 있다. 현재, 사일리지의 품질은 화학적 발효 특성에 의하여 평가되고 있다. 그러나 박테리아, 곰팡이 및 이들의 대사산물(mycotoxins)은 가축의 생산과 건강에 영향을 주기 때문에 이들에 대한 고려가 반드시 이루어져야한다.

국내 조사료 확보를 위한 정부의 노력이 지속되는 가운데 가 을 추수한 논에서 볏짚 원형곤포 사일리지가 있는 광경을 보는 것은 그리 어려운 일이 아니며, 이들 사일리지는 농장으로 운송 보관되어 동절기 동안 급여되거나 논에 야적되어 있다가 이듬해 봄에 운송되어 가축에게 연중 급여되기도 한다. 겨울이 지나 따 뜻해진 봄에 이들을 가축에게 급여하기 위해 풀어 해졌을 때 곰팡이에 오염되어 있는 것을 종종 발견할 수 있으며 다소의 오염 된 볏짚 곤포는 그대로 급여하기도 한다. Sung *et al.*(2011)은 곰팡이 발생이 육안 식별이 안 되는 것부터 오염이 심한 것까지 다양한 볏짚을 수거하여 곰팡이를 배양하여 조사한 결과, 볏짚 곤 포사일리지의 곰팡이 오염은 흰색, 재색, 푸른색 및 검은 갈색 등 다양한 곰팡이가 오염된 것을 발견하였다. 그리고 곰팡이 오염도

*Corresponding author: Ha Guyn Sung, Dept. of Animal Science, Sangji University, Wonju, 26339, Korea. Tel: +82-33-730-0536, Fax: +82-33-730-0594, E-mail: haguyn@hanmail.net

는 평균 2.1×10^6 cfu g^{-1} 이었고 시료의 42%가 곰팡이독소에 오염되어 있었다. 특히, 외관상 곰팡이 오염 식별이 안 되는 정상적인 볏짚 곤포사일리지의 시료에서도 오염이 발견되었다는 것이다. Mamun *et al.*(2002)도 방글라데시의 볏짚에 곰팡이 오염과 영양 가치 저하의 심각성에 대하여 보고한바 있다. 또한 Auerbach *et al.*(1998)도 목초 및 옥수수 사일리지에서도 유사한 곰팡이독소의 오염에 대한 위험성을 관찰 하였다.

사일리지를 저장하는 기간 동안 수확한 볏짚, 주변 환경 및 미생물 사이의 복잡한 관계 속에 품질에 영향을 미치는데 영상온도에서 공기와 수분이 존재하는 자연생태환경은 조사료에 *Aspergillus* sp.를 비롯한 여러 종류의 곰팡이 오염과 성장을 일으킨다(Sung *et al.*, 2011; Sebuya and Yourtee, 1990; Nelson, 1993). 이러한 곰팡이 오염은 가축의 사료섭취량 및 효율 저하, 성장 및 생산성 저하, 질병 및 번식 장애 발생 증가를 초래한다. (Fink-Gremmels and Malekinejad, 2007; Morgavi and Riley, 2007; Pestka, 2007; Voss *et al.*, 2007). 그리고 이는 결국 농장의 경제적 손실을 초래한다 (Huwig *et al.*, 2001; Wu, 2004; Wu, 2006),

따라서 우리나라의 한옥우 및 낙농업에서도 양질의 조사료 공급을 위한 곰팡이 발생 및 mycotoxin 오염으로 인한 심각한 피해를 인식하여야 한다. 또한 이들 곰팡이 및 곰팡이독소의 오염을 줄이기 위한 노력이 절실히 필요하다. 본 연구는 대표적 국내 자급 조사료인 볏짚의 보관 과정에서 곰팡이 및 곰팡이 독소의 오염 저감을 위한 효율적 방안을 찾기 위하여 화학적 처리 방법에 따른 효능을 조사하고자 곰팡이가 오염된 볏짚에 암모니아 및 가성소다를 처리 후 사일리지 저장에 따른 mycotoxin 저감, 발효 품질 및 섬유소 소화에 미치는 효과를 알아 보기 위하여 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 곰팡이독소 오염 및 화학처리 볏짚 사일리지 제조

추수직후 볏짚을 2.5-3.0cm로 세절하고 곰팡이독소 분비 곰팡이 배양물을 볏짚의 2% 수준으로 분주하여 실험용 볏짚을 준비하였다. 곰팡이독소 분비 곰팡이 배양물은 볏짚곤포 사일리지에서 분리한 *Fusarium* sp.와 *Aspergillus* sp.를 각각 PDB배지에서 25°C에서 5일간 배양하고 멸균한 배양액을 사용하였다(Sung, 2013).

실험용 볏짚 사일리지는 준비된 곰팡이 독소에 오염된 볏짚에 암모니아수를 이용 암모니아가 4% 수준이 되도록 처리하고, NaOH 용액을 이용 NaOH가 4% 수준이 되도록 각각 처리하였다(Sung, 2014, Shin *et al.*, 1989). 그리고 최종적으로 사일리지의 수분이 65%가 되도록 하여 각각 처리구별 3개씩 용량 70ml 밀폐용 플라스틱 용기에 담압 및 밀폐하여 준비하였으며 4개월 동안 저장 후 개봉하여 분석에 사용하였다.

2. 사일리지의 pH 및 유기산 조사

볏짚 사일리지의 pH 측정은 각 시험시료 25g을 증류수 125ml에 넣어 4°C 냉장 조건에서 24시간 진탕한 후 4중 거즈로 1차 거른 뒤 여과지(Whatman No. 6)를 통과한 추출액을 조제하여 pH 미터측정기(HI 9024; HANNA Instrument Inc., UK)를 이용하여 측정하였다.

유기산 분석은 사일리지 추출액은 0.22 μ m 실린지 필터를 사용하여 여과시킨 다음 Gas Chromatography (6890N, Agilent Co., USA)를 이용하여 Fussell and McCalley (1987)가 제시한 80/120 mesh Carbowax, B-DA/4% Carbowax(Supelco Inc., Bellefonte, PA, Catalog No. 1-1889) 컬럼을 이용하여 분석하였다. 추출액은 분석에 이용할 때까지 -70°C에서 냉동 보관 관리하였다.

3. 사일리지내 곰팡이독소 분석

볏짚 사일리지의 mycotoxin 오염조사는 냉장보관 시료를 HPLC (UltiMate™ 3000 UHPLC System, Thermo Scientific™, USA)를 이용하여 9종의 mycotoxin 즉, aflatoxins(B₁, B₂, G₁, G₂), zearalenone, deoxynivalenol, fumonisin (B₁, B₂), ochratoxins A 등을 분석하여 곰팡이 독소의 오염실태를 조사하였다.

시료를 건조 및 분쇄하고 10g을 20ml의 acetonitrile을 사용하여 30분간 진탕 추출한 후 5분간 원심분리한 뒤 상층액 10ml을 취해 Oasis® HLB SPE cartridge(200mg, 6cc)를 사용하여 추출액을 정제하고, 증류수로 세척한 후 시료를 6ml의 100% methanol을 사용하여 용출시켰다. 용출된 시료를 50°C에서 N₂ gas를 사용하여 건조하고 1ml의 methanol/ammonium acetate(10 mmol/L)(1:1, v/v)의 혼합용매로 다시 용해시킨 후 분석에 사용하였다. 시료의 aflatoxin, ochratoxin, zearalenone, fumonisin 분석은 HPLC를 이용한 선행연구(Hammond *et al.*, 2004; Akiyama *et al.*, 2001; Caloni *et al.*, 2000; Li *et al.*, 1997; Xiao *et al.*, 1996; Visconti and Pascale, 1998)에서 사용한 방법을 기초로 fluorescence detector를 사용하여 측정하였다. DON은 Mateo *et al.* (2001) 및 Visconti and Battalico(1983)이 사용한 HPLC 방법을 기초로 UV detector를 사용하였다.

4. NDF 및 ADF의 *in situ* 소화율 분석

In situ 실험을 위하여 반추위에 캐놀라가 설치된 550 kg 거세 홀스타인종을 사용하였고, NDF 및 ADF의 *in situ* 소화율을 평가 하였다. *In situ* 소화율 시험은 nylon bag technique(Mehrez and Orskov, 1977)을 개량하여 100 mesh (0.149 mm) 나일론 천을 9 × 15 cm 크기로 제작한 nylon bag에 4.0 g 정도의 시료를 넣고 입구를 봉하여 준비하였다. 그리고 준비된 nylon bag 시료는 공식축의 rumen fistula를 통하여 반추위 후부 깊숙이 넣어

0, 12, 24, 48 및 72시간까지 방치하였다. 시간대별 회수한 nylon bag은 흐르는 멸균 증류수에 맑은 물이 나올 때까지 가볍게 세척 후 냉동 건조하였다.

NDF 및 ADF 소화율은 *in situ* 실시 전과 후의 시료의 NDF 및 NDF 함량 차이를 백분율로 환산하여 평가 하였으며, NDF와 ADF 함량은 Van Soest *et al.*(1991)과 Goering and Van Soest(1970)의 방법으로 분석하였다.

5. 통계처리

본 실험에서 얻어진 모든 자료에 대한 통계분석은 Statistical Package for the Social Sciences(SPSS, 2017)를 이용하였으며, 처리 평균치 간의 유의성 분석은 Duncan(1955)의 Multiple Range Test에 의거하여 5% 수준에서 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 곰팡이독소 저감에 대한 효과

본 실험은 조사료로서 볏짚의 곰팡이 독소 오염 저감을 위한 효율적 방안을 연구하기 위하여 볏짚 사일리지 제조과정 중 화학적 처리 방법을 도입 수행하였다. 화학적 처리로서 암모니아 및 가성소다를 이용 곰팡이독소에 오염된 볏짚의 4% 수준으로 각각 처리하고 사일리지 저장에 따른 곰팡이독소 함량을 측정된 결과 Table 1과 같다.

화학적 처리 없이 사일리지를 담근 대조구, 암모니아를 처리 후 사일리지를 담근 암모니아 처리구 및 가성소다 처리 후 사일리지

를 담근 가성소다 처리구 모두에서 Aflatoxin B₁, B₂, G₁, G₂ 그리고 Fumonisin B₁, B₂ 뿐만 아니라 Dexynivalenol은 검출되지 않았다. 그러나 Ochratoxin A는 대조구의 41.23±5.05µg/kg에 비하여 암모니아 처리구는 19.25±4.97µg/kg 및 가성소다 처리구는 11.20±1.34µg/kg으로 더 낮은 함량을 나타냈다(*p*<0.05). Zearalenone는 암모니아 처리구가 대조구의 62.63% 수준으로 낮은 경향을 보였다. 그리고 가성소다 처리구는 대조구의 45.55% 수준의 매우 낮은 zearalenone함량을 나타내었다(*p*<0.05).

사일리지에 사용하는 조사료 원료들은 효모 및 곰팡이와 자연적 접촉이 이루어지며, 사료 작물포에서 자주 오염이 발생할 뿐만 아니라 수확, 운송 및 저장 기간 동안에도 발생 할 수 있다 (Alonso *et al.*, 2013). 그리고 사일리지는 혐기조건에서 유산발효에 의하여 저장되어지는 사료 저장시스템으로 물리적, 화학적 또는 생물학적 첨가 및 처리에 따라 품질과 영양적 가치가 달라질 수 있는 인위적 생태시스템이라 할 수 있다(Alonso *et al.*, 2013). Atanda *et al.*(2013)은 곰팡이독소를 제거하기 위하여 가장 효율적 방법으로 화학적 처리방법이 사용되어오고 있음을 보고하였고, 암모니아, 가성소다 및 중탄산나트륨을 사용한 알카리 조건에서 ochratoxin A, tichothecenes, zeaalenone, rubratoxin 등의 분자가 파괴될 수 있음을 보고하였다. 그리고 Brekke *et al.* (1977)은 ammonia gas 또는 ammoniumsalt을 이용하였고, Mashaly *et al.*(1983)과 Moerch *et al.*(1980)은 NaOH를 이용하여 유사한 연구결과를 보고한바 있다.

이상의 연구 결과에서와 같이 본 실험에서 검출된 곰팡이독소 ochratoxin A와 zearalenone의 함량이 암모니아 및 가성소다 처리구에서 감소됨을 고찰할 때 암모니아 및 가성소다 처리가 볏짚 사일리지의 오염 곰팡이독소 저감에 도움이 되는 것으로 사료된다.

Table 1. The effects of ammonia and sodium hydroxide on mycotoxin contents in silage of rice straw contaminated mycotoxins

Item	Control	Ammonia	NaOH
Aflatoxin B ₁	ND	ND	ND
Aflatoxin B ₂	ND	ND	ND
Aflatoxin G ₁	ND	ND	ND
Aflatoxin G ₂	ND	ND	ND
Ocharatoxin A	41.23±5.05 ^b	19.25±4.97 ^a	11.20±1.34 ^a
Fumonisin B ₁	ND	ND	ND
Fumonisin B ₂	ND	ND	ND
Deoxynivalenol	ND	ND	ND
Zearalenone	600.33±125.34 ^b	376.00±65.99 ^b	297.44±53.06 ^a

ND: not detected
^{a,b,c} means with different superscripts in same row differ significantly (*p*<0.05)

2. 볏짚 사일리지의 유기산 발효에 미치는 영향

화학처리에 따른 볏짚 사일리지의 pH 및 유기산 함량의 변화는 Table 2와 같다. pH는 대조구가 4.63±0.00, 암모니아 처리구가 4.55±0.01 및 가성소다 처리구가 8.19±0.02로 암모니아 처리구가 가장 낮았고 가성소다 처리구가 가장 높았다($p<0.05$). Lactic acid는 대조구와 암모니아 처리구가 각각 10.85±0.51 및 10.98±1.01mM로 유사한 수준을 보였으며, 가성소다 처리구가 8.80±0.45mM로 대조구 및 암모니아 처리구에 비하여 낮은 수준을 나타내었다($p<0.05$). 이상의 실험 처리구별 pH 및 lactic acid 함량의 결과는 대조구 및 암모니아 처리구가 가성소다 처리구에 비하여 사일리지 발효가 다소 효과적으로 일어났음을 시사한다고 사료되며, 가성소다 처리구의 pH는 가성소다의 영향에 의하여 나타난 현상으로 사료된다.

Lee (2000)은 당밀첨가 볏짚 사일리지의 pH는 4.3 및 4.2로 본 연구 결과보다 다소 낮았고, Jo *et al.*(2000)은 사과박 첨가 볏짚 사일리지의 품질 연구에서 사과박 첨가량 증가에 따라 pH 3.9까지 낮아지는 것을 보고하였으나 대조구의 pH는 4.6으로 본 연구의 대조구와 유사한 수준을 나타내었다. 그리고 Kim *et al.*(2004)는 생볏짚의 부위별 원형곤포사일리지에서 pH6.4에서 5.5까지 다양한 범위의 결과를 보고된바 있다. Lactic acid 함량은 당밀 첨가에 의하여 1.74% 이상 나타났고(Lee, 2000), 사과박 첨가량이 40%이상에서는 1.03% 이상을 나타내었으나 무첨가 및 20% 첨가에서는 각각 0.02 및 0.05%로 상당히 낮은 수준의 결과를 보고한바 있다(Jo *et al.* 2000).

Propionic acid는 대조구가 0.55±0.13mM로 암모니아 및 가성소다 처리구에 비하여 높은 수준을 보였다($p<0.05$). 그러나 acetic acid, butric acid, total VFA 및 Lc/Total acid에서는 처리구간 수치적 차이는 있었으나 큰 의미는 발견되지 않았다.

당밀 첨가 볏짚 사일리지의 propionic acid는 0.36-0.41%의 수준을 나타내었고(Lee, 2000), acetic acid 및 butyric acid는 미

생물 첨가 사일리지에서는 각각 0.23-0.38% 및 0.05-0.09% 수준을 보였다(Kim *et al.* 2008), 그러나 생볏짚 원형곤포사일리지에서 acetic acid는 0.00-0.01% 수준을 나타내었고 propionic acid와 butric acid는 모두 0.00%로 보고된바 있다(Kim *et al.* 2004).

따라서 사일리지 발효 지표인 pH 및 유기산관련 본 연구의 결과는 가성소다 처리구 비하여 무처리 및 암모니아 처리구가 다소 유기산 발효가 진행된 결과를 보여주었다. 그러나 더 좋은 효율적 발효를 위하여 암모니아 및 가성소다의 처리 농도 및 발효 증진 물질에 대한 복합적 연구가 지속적으로 이루어져야한다고 사료된다.

3. 반추위 미생물의 NDF 및 ADF 분해에 미치는 영향

화학처리에 따른 볏짚 사일리지의 반추위 미생물의 NDF 및 ADF의 분해율은 반추위 *in situ* 실험을 통하여 배양 시간의 경과(0, 12, 24, 48, 72시간)에 따라 측정하였을 때 Fig. 1 그리고 2와 같다.

반추위 미생물에 의한 NDF 분해율은 모든 처리구에서 배양 시간이 경과함에 따라 증가 하였으며, 화학적 처리구가 대조구에 비하여 높은 분해율을 보이며 증가하였다. 가성소다 처리구가 가장 높은 수준의 분해율을 유지하였고, 다음으로 암모니아 처리구가 높았으며 대조구가 가장 낮은 수준을 유지하였고 배양 12시간 이후 모든 시간대에서 통계적 유의차를 나타내었다($p<0.05$)

ADF 분해율도 배양시간 동안 NDF 분해율과 같은 경향을 나타냈으며, 배양 시간 전 구간에서 가성소다 및 암모니아 처리구 모두가 대조구에 비하여 유의적으로 높은 수준의 분해율을 보였다($p<0.05$). 그리고 가성소다와 암모니아 처리구간에는 배양 24시간 이후부터 가성소다 처리구가 암모니아 처리구에 비하여 유의적 차이를 보이며 높은 분해율을 나타내었다($p<0.05$).

볏짚의 소화율이 낮은 이유는 조섬유 중 95%을 cellulose와 hemicellulose가 차지하고 있으며 소화가 안되는 silica와 lignin 등이 다량 함유되었기 때문이다(Han and Garrett, 1986). 그동안 많은 연구 결과에 의하면 화학 처리에 의하여 고간류 조섬유, 조단백

Table 2. The effects of ammonia and sodium hydroxide on pH and organic acid in silage of rice straw contaminated mycotoxins

Item	Control	Ammonia	NaOH
pH	4.63±0.00 ^b	4.55±0.01 ^a	8.19±0.02 ^c
Lactic acid (mM)	10.85±0.51 ^b	10.98±1.01 ^b	8.80±0.45 ^a
Acetic acid (mM)	3.14±0.58	4.95±0.15	5.63±3.36
Propionic acid (mM)	0.55±0.13 ^b	0.09±0.01 ^a	0.07±0.00 ^a
Butric acid (mM)	0.37±0.02	0.67±0.11	0.39±0.41
Total VFA (mM)	4.06±0.56	5.71±0.10	6.09±3.42
Lc/Total acid	0.73±0.03	0.66±0.02	0.61±0.13

Lc/Total: lactic acid/total acid

^{a,b,c} means with different superscripts in same row differ significantly ($p<0.05$)

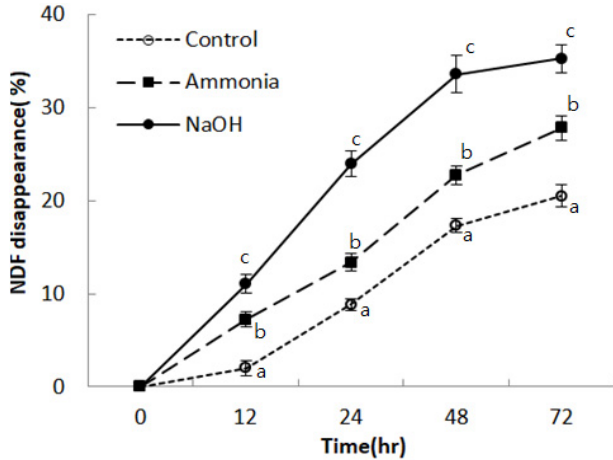


Fig. 1. The effects of ammonia and sodium hydroxide on NDF disappearance by the rumen *in situ*.

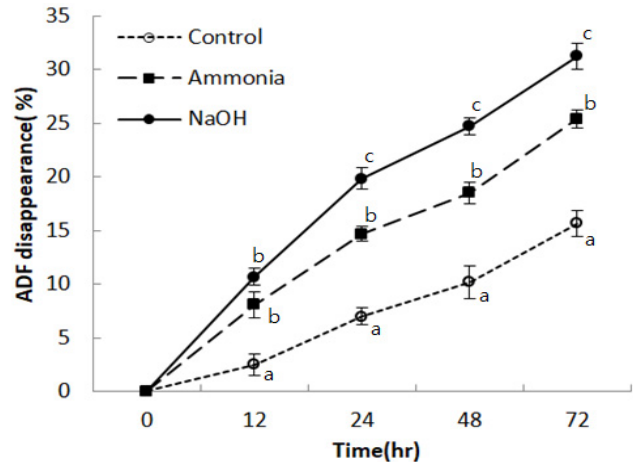


Fig. 2. The effects of ammonia and sodium hydroxide on ADF disappearance by the rumen *in situ*.

질 및 ADF 등의 소화율이 증가되었다고 보고되어 왔다(Herrera-saldana *et al.*, 1982; Sung, 2014). Lee(2000)는 볏짚의 암모니아 및 가성소다와 같은 화학처리가 한우 반추위내 NDF 및 ADF 분해율 증가를 보고하였다고 보고하였다. 또한 사일리지의 발효 및 효율적 발효가 볏짚 사일리지의 섬유소의 반추위 미생물 분해율에 좋은 영양을 주었다고 보고하였다(Jo *et al.*, 2000; Lee, 2000). 이와 같은 연구들은 사일리지의 발효 작용이 볏짚의 섬유소 소화에 영향을 주지만 본 연구의 NDF 및 ADF관련 반추위 *in situ* 분해율의 높은 결과는 사일리지 제조하기 전에 암모니아 및 가성소다의 처리가 볏짚 사일리지의 소화율 향상에 좋은 영향을 주었음을 명확히 설명한다고 사료된다.

IV. 요약

본 연구는 볏짚 사일리지의 곰팡이 독소 저감을 위한 효율적 방안으로 화학적 처리 방법에 따른 효능에 관한 진보적 연구 자료를 제공하고자 실시하였다. 화학적 처리 방법으로 암모니아 및 가성소다를 이용 곰팡이독소에 오염된 볏짚의 4% 수준으로 각각 처리하고 사일리지 저장에 따른 곰팡이독소 저감, 발효 품질 및 섬유소 소화에 미치는 영향을 평가 하였다.

모든 실험구에서 Aflatoxin B₁, B₂, G₁, G₂ 그리고 Fomonisin B₁, B₂ 뿐만 아니라 Dexynivalenol은 검출되지 않았으며, Ochratoxin A와 Zearalenone이 검출되었다. 그리고 Ochratoxin A는 대조구(41.23g/kg)보다 화학적 처리구에서 낮게 검출되었다($p < 0.05$). Zearalenone은 대조구(600.33 μ g/kg) 및 암모니아 처리구(376.00 μ g/kg)에 비하여 가성소다 처리구(297.44 μ g/kg)가 더 낮은 결과를 나타내었다($p < 0.05$).

볏짚 사일리지의 pH는 암모니아 처리구(4.63)가 가장 낮았고, 가성소다 처리구가 가장(8.19) 높았다($p < 0.05$). lactic acid 함량은 대조구와 암모니아 처리구(10.85와 10.98mM)는 유사한 수준이었으나 가성소다 처리구(8.80mM)가 가장 낮았다($p < 0.05$). Propionic acid는 대조구(0.55mM)가 화학처리구에 비하여 높았으며($p < 0.05$), 암모니아와 가성소다 처리구간(0.09와 0.07mM)에는 유사한 함량을 나타내었다.

화학처리에 따른 볏짚 사일리지의 반추위 미생물의 NDF 및 ADF의 분해율 모두 가성소다 처리구가 가장 높은 분해율을 보였고 다음으로 암모니아 처리구이었으며, 대조구가 가장 낮은 수준을 나타내었다($p < 0.05$).

따라서 본 연구결과는 볏짚 사일리지 제조공정에서 암모니아 및 가성 소다 처리가 곰팡이 독소 저감 및 볏짚 사일리지의 반추위 미생물 분해율 증진에 좋은 영향을 주는 것으로 사료되며, 가성소다 처리는 암모니아 처리에 비하여 곰팡이 독소 저감 및 섬유소 분해율 증진에 더 효율적이었으나 사일리지 발효에는 비효율적 영향을 준 것으로 사료된다.

V. 사사

본 연구는 안전한 축산물 생산을 위한 조사료의 효율적 저장 및 이용을 위한 친환경 축산을 위해 수행되었으며, 이 논문은 2018년 상지대학교 교내 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

VI. REFERENCES

- Akiyama, H., Goda, Y., Tanaka, T. and Toyoda, M. 2001. Determination of aflatoxins B1, B2, G1 and G2 in spices using a multifunctional column clean-up. *Journal of Chromatography*. 932:153-157.
- Alonso, V.A., Pereyra, C.M., Keller, L.A.M., Dalcero, A.M., Ros, C.A.R., Chiacchiera, S.M. and Cavaglieri, L.R. 2013. Fungi and mycotoxin in silage: An overview. *Journal of Applied Microbiology*. 115:637-643.
- Atanda, S.A., Pessu, P.O., Aina, J.A., Agoda, S., Adekalu, O.A. and Ihionu, G.C. 2013. Mycotoxin management in agriculture. *Greener Journal of Agricultural Sciences*. 3:176-184.
- Auerbach, H., Oldenburg E. and Weissbach F. 1998. Incidence of Penicillium roquiforti and Roquefortine C in silages. *J. Sci Food Agric*. 76:565-572.
- Brekke, O.L., Sinnhuder, R.O., Peplinski, A.J., Wales, J.H., Putnam, G.B., Lee, D.J. and Ciegler, A. 1977. Aflatoxin in corn, ammonia inactivation and bioassay with rainbow trout. *Applied and Environmental Microbiology*. 34:34-37.
- Caloni, F., Spotti, M., Auerbach, H., Op den camp, H., Fonk G.J. and Pompa, G. 2000. *In vitro* metabolism of fumonisin B1 by ruminal microflora. *Veterinary Research Communications*. 24:379-387.
- Cheli, F., Campagnoli, A. and Dell'Orto, V. 2013. Fungal populations and mycotoxins in silages: From occurrence to analysis. *Animal Feed and Technology*. 183:1-16.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*. 11:1-42.
- Fink-Gremmels, J. and Malekinejad, H. 2007. Clinical effects and biochemical mechanisms associated with exposure to the mycoestrogen zearalenone. *Animal Feed Science and Technology*. 137:326-341.
- Fussel, R.J. and McCalley, D.V. 1987. Determination of volatile fatty acids(C2-C5) and lactic acid in silage by gas chromatography. *Analyst*. 112:1213-1216.
- Goering, H. and Van Soest, P.J. 1970. Forage Fiber Analysis. *Agric. Handb.* 379. US Department of Agriculture, Washington, DC.
- Hammond, B.G., Campbell, K.W., Pilcher, C.D., Degooyer, T.A., Robinson, A.E., McMillen, B.I., Spangler, S.M., Riordan, S.G., Rice, L.G. and Richard, J.L. 2004. Lower fumonisin mycotoxin levels in the grain of Bt corn grown in the United State in 2000-2002. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52:1390-1397.
- Han, I.K. and Grrett, W.N. 1986. Improving the dry matter digestibility and voluntary intake of low quality by various treatment: A review. *Korean Journal of Animal Sciences*. 28:199-207.
- Herrera-saldana, R., Church, D.C. and Kellem, R.D. 1982. The effect of ammonia treatment on intake and nutritive value of wheat straw. *Journal of Animal Science*. 54:603-608.
- Huwig, A., Freimund, S., Kappeli, O. and Dutler, H. 2001. Mycotoxin detoxication of animal feed by different adsorbents. *Toxicology Letters*. 122:179-188.
- Jo, I.K., Hwangbo, S., Lee, Y.K., Ahn, J.H., Kim, H.J. and Lee, J.S. 2000. The effect of addition of apple pomace on quality and *in situ* degradability of rice straw silage. *Journal of the Korean Society of Grassland Science*. 20:295-302.
- Kim, J.G., Ham, J.S., Chung, E.S., Yoon, S.H., Kim, M.J., Park, H.S., Lim, Y.C. and Seo, S. 2008. Evaluation of fermentation ability of microbes for whole crop rice silage inoculant. *Journal of the Korean Society of Grassland Science*. 28(3):229-236.
- 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 *Yonchun* of *Gyeonggi-do*. *Journal of the Korean Society of Grassland Science*. 24:253-260.
- Lee, S.C. 2000. Effects of chemical treatments and ensiling on the chemical composition and degradation rate in the rumen. *Journal of the Korean Society of Grassland Science*. 20:177-184.
- Li, S., Marquardt, R.R., Frohlich, A.A., Vitti, T.G. and Crow, G. 1997. Pharmacokinetics of ochratoxin A and its metabolites in rats. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 145:82-90.
- Mamun, M.A., Akbar, M.M.A. and Shahjalal, M. 2002. Rice straw, It's quality and quantity as affected by storage system in Bangladesh. *Pakistan Journal of Nutrition*. 1:153-155.
- Mashaly, E.D., Ismail, A.A. and Youssef, A. 1983. Effect of some chemical treatments on detoxification of aflatoxins in cotton seed meal. *Proc. Int. Symp. Mycotoxins*, Sept. 6-8th, 1981, Cairo, Egypt, the General Organization for Govt. pp. 515-522.
- Mateo, J.J., Liorens, A., Mateo, R. and Jimenez, M. 2001. Critical study of and improvements in chromatographic methods for the analysis of type B trichothecenes. *Journal of Chromatography*. 918:99-112.
- Mehrez, A.A. and Orskov, E.I. 1977. A study of the artificial bac technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *The Journal of Agricultural Science*. 88:645-652.
- Moerch, K.E., McElfresh, P., Wohlman, A. and Hilton, B. 1980. Aflatoxin destruction in corn using sodium bisulfite, sodium hydroxide and aqueous ammonia. *Journal of Food Protection*. 43:571-574.
- Morgavi, D. and Riley, R.T. 2007. An historical overview of field disease outbreaks known or suspected to be caused by consumption of feeds contaminated with fusarium toxins. *Animal Feed Science and Technology*. 137:201-212.
- Nelson, C.E. 1993. Strategies of mold control in dairy feeds. *Journal of Dairy Sciences*. 76:898-902.
- Pestka, J.J. 2007. Deoxynivalenol: Toxicity, mechanisms and health risks. *Animal Feed Science and Technology*. 137:283-298.
- Sebunya, T.K. and Yourtee, D.M. 1990. Aflatoxigenic aspergilli in foods and feeds in Uganda. *Journal of Food Quality*. 13:97-101.
- Shin, K.J., Lee, B.D., Cha, Y.H., Lee, G.S. and Kim, K.S. 1989. Nutritive value of ammoniated rice straw in ruminants. I. Effect of various levels of ammonia treatment on consumption, digestibilities and nitrogen retention of rice straw in sheep. *Korean Journal of Animal Sciences*. 31:434-442.
- SPSS. 2017. Statistical package for the social sciences. IBM® SPSS® Statistics 25.0, IBM Now York USA.
- Sung H.G. 2013. The studies on real condition of mycotoxin contamination in the fields before harvest and by the storage of rice straw using as roughage in Korea. *Journal of The Korean Society of Grassland Science*.

- Science. 33:1-10.
- Sung, H.G. 2014. Study on roughage degradation and adhesion of rumen fibrolytic bacteria by Real-Time PCR. *Journal of the Korean Society of Grassland Science*. 34:60-67.
- Sung, H.G., Lee, J.K. and Seo, S. 2011. Studies on fungi contamination and mycotoxins of rice straw round bale silage. *Journal of the Korean Society of Grassland Science*. 31:451-462.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle: Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74:3583-3597.
- Visconti, A. and Pascales, M. 1998. Determination of zearalenone in corn by means of immunoaffinity clean-up and high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Journal of Chromatography A*. 31:133-140.
- Voss, K.A., Smith, G.W. and Haschek, W.M. 2007. Fumonisin: Toxicokinetics, mechanism of action and toxicity. *Animal Feed Science and Technology*. 137:299-325.
- Wu, F. 2004. Mycotoxins risk assesment for the purpose of setting international regulatory standard. *Environmental Science & Technology*. 38:4049-4055.
- Wu, F. 2006. Economic impact of fumonisin and aflatoxin regulations on global corn and peanut markets. In: D. Barug, D. Bhatnager, H.P. Van Egmond, J.W. Van der Kamp, W.A. Van Osenbruggen and A. Viscinti (Eds.), *The mycotoxin factbook*. Food & Feed Topics. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.
- Xiao, H., Marquardt, R.R., Abramson, D. and Frohlich, A.A. 1996. Metabolites of ochratoxins in rat urine and a culture of *Aspergillus ochraceus*. *Applied and Environmental Microbiology*. 62:648-655.

(Received : April 2, 2020 | Revised : May 8, 2020 | Accepted : May 28, 2020)