

ORIGINAL ARTICLE

갈짚에서 발생하는 가스 및 휘발성지방산에 대한 황산알루미늄과 비교 시 혼합 홍삼박제제의 평가: 축산환경 경영관점에서

최인학*

충부대학교 애완동물자원학과

Evaluation of Mixed Korean Red Ginseng Marc with Aluminum Sulfate on Gas Concentration and VFA in Poultry Litter in Comparison with Aluminum Sulfate: In Terms of Livestock and Environment Managements

In-Hag Choi*

Department of Companion Animal & Animal Resources Sciences, Joongbu University, Geumsan 312-702, Korea

Abstract

This study was conducted to determine the effects of mixed Korean red ginseng marc with aluminum sulfate on gas concentration and volatile fatty acid (VFA) in poultry litter during 4 weeks in terms of livestock and environment managements. A total of 240 broiler chicks were randomly allocated to four treatments in four replications and 15 birds per replicate. The four treatments was mixed to rice hull under each pen at 0, 10 g or 20 g red ginseng marc + 90g aluminum sulfate, and 100g aluminum sulfate per kg poultry litter (rice hulls). Carbon dioxide, methane, acetic acid, and propionic acids were measured weekly. The results that could be available include: First, during the experimental period, carbon dioxide emissions were not remarkably different among treatments. Second, no differences were observed among treatments in methane emissions at 2 weeks through 4 weeks, but at 1 week, the reduction in methane emissions was in following order: 100 g aluminum sulfate > 20 g red ginseng marc + 90 g aluminum sulfate > 10 g red ginseng marc + 90 g aluminum sulfate > control. Third, in spite of statistically differences, treatment with 10 g or 20 g red ginseng marc + 90g aluminum sulfate, and 100g aluminum sulfate reduced acetic acid and propionic acid as a function of time, except acetic acid in aluminum sulfate treatment at 2 and 4 weeks.

In conclusion, the results indicated that like aluminum sulfate, using 10 g or 20 g red ginseng marc with aluminum sulfate was effective in decreasing methane and propionic acid released from poultry litter.

Key words : Red ginseng marc, Aluminum sulfate, Poultry litter, Carbon dioxide, Methane, Volatile fatty acid

1. 서론

우리나라 축산업은 축산경영의 개념보다는 축산환경 경영이라는 패러다임으로 추구되어야 할 시점이다. 환경

경영(environmental management)의 용어는 먼저 1990년대 초 유럽 기업에서 시작되었고 우리나라에서는 2000년 초 대기업을 중심으로 시작 되었지만 두렷한 결실은 이루지 못하고 있다(Lee 등, 2007). Lee 등(2007)

Received 20 February, 2015; Revised 17 March, 2015;

Accepted 17 March, 2015

*Corresponding author: In-Hag Choi, Department of Companion Animal & Animal Resources Sciences, Joongbu University, Geumsan 312-702, Korea

Phone: +82-41-750-6284

E-mail: ihchoi@joongbu.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

에 의하면 환경경영의 최종적인 목적은 수익성과 환경 지속가능성 두 가지를 함께 추구하는 것이며 축산업에서도 이를 바탕으로 변화가 이루어진다면 우리 축산농가에서도 질·양적으로 좋은 결실을 기대 할 수 있다. 그러나 축산업에서는 수익성(profitability)을 우선 추구하는 축산경영은 전반적으로 잘 이루어져 있는 것처럼 보이지만 지속가능성(environmental sustainability)면에서는 조화를 이루지 못하고 있는 실정이다(Kim 등, 2012). 그 이유는 우리나라 축산업의 구조가 영세하면서도 수익성을 중심으로 추구하는 더욱이 축산환경에 대한 중요성을 인지 못하고 있기 때문이다. 따라서 우리나라의 축산업이 국내·외적으로 경쟁력을 갖추기 위해서는 지금까지 추구해온 사양관리기술 개발을 통해 생산성 향상 및 사료비를 절감하는 것도 중요하지만 위에서 언급된 두 가지 측면을 잘 조화될 수 있는 새로운 경영기법 및 고부가가치를 창출할 수 있는 방법이 필요하다 하겠다.

예를 들면, 가공산업에서 화학제재인 황산알루미늄(aluminum sulfate, alum) 이용은 지속적으로 축사내 환경오염(토양, 수질 및 대기오염)을 저감시키고 농가에서 경제적 수익성을 향상시키는 대표적인 사례다. 황산알루미늄에 대한 연구는 Moore 등(1995)에 의해 처음 보고 되어, 미국에서는 상용화되어 많은 농가에서 이용되고 있다. 그 이후 염화알루미늄(aluminum chloride)과 액상 염화알루미늄(liquid aluminum chloride)등의 적용이 보고되었다(Smith 등, 2004; Choi와 Moore, 2008). 이들 화학제재와는 달리 홍삼박(red ginseng marc)을 이용하는 것은 홍삼액(liquid red ginseng)을 추출한 부산물로 우리나라에서는 대부분 사료로 이용되거나 버려지고 있는 실정이었다(Bong 등, 2011). 홍삼에 대한 연구는 기능성 식품 및 인간과 가축의 면역력증강이 주를 이루고 있다. 그러나 홍삼을 제품화 한 후 남은 부산물인 홍삼박은 관련산업이 발달함에 따라 그 부산물 양도 필연적으로 증가하지만 지금까지 환경적으로 깔짚이나 축분에 적용된 연구는 거의 없다. 더욱이 홍삼박과 화학제재를 혼합제재로 이용하여 축분 첨가제로 이용된 예도 없다. 이러한 부산물의 활용가치 향상과 자원화 기술로 활용된다면 환경경영에서 추구하고자 하는 목표와 같이 축산환경경영의 패러다임에 큰 변화를 가져올 것으로 기대한다.

본 연구에서는 황산알루미늄과 혼합 홍삼박제재를 깔

짚에 첨가하여 4주 동안 깔짚에서 발생하는 가스 및 휘발성 지방산에 미치는 영향을 황산알루미늄만을 적용한 경우와 비교 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 동물 사양관리 및 혼합제재 처리

본 시험은 경상북도 영주에 위치한 단산농장에서 4주 동안 사양관리 프로그램에 준하여 실시하였다. 1일령 육계 240수(수컷 160수와 암컷 80수, Arbor Acres)를 4처리, 4반복(반복 당 15수)으로 처리구 당 60수로 배치하였다. 사료와 물은 자유급식 하였다. 온도, 점등 및 환기는 사양프로그램에 준하여 자동조절 되게 하였다. 바닥재(bedding material)인 왕겨는 계사 내 5 cm의 깊이로 깔아 사양실험 1주일 전 혼합제재를 왕겨에 첨가하였다. 홍삼박은 홍삼을 추출하고 남은 부산물을 영주에 위치한 유심농장에서 구입하여 건조기(105℃)에서 3일 정도 건조 후 분쇄하여 사용하였다. 본 실험에 이용된 황산알루미늄(Samchun Pure Chemical Corporation, Pyeongtaek, South Korea)은 알칼리성을 중화시키는 특성을 가지는 건조된 흰색가루입자이다. 혼합홍삼박제재의 4처리구는 아래와 같다.

- 1) 대조구(CON) : no treatment
- 2) T1 : 10 g red ginseng marc + 90 g aluminum sulfate/ kg poultry litter
- 3) T2 : 20 g red ginseng marc + 80 g aluminum sulfate/ kg poultry litter
- 4) T3 : 100 g aluminum sulfate/ kg poultry litter

2.2. 샘플 채취와 분석

반복구로부터 깔짚(poultry litter)은 매주 4곳의 다른 지점에서 채취하여 손으로 샘플이 잘 혼합되도록 하였다. 채취한 깔짚은 약 100 g 정도의 무게로 측정하여 샘플용 비닐백 (a plastic bag)에 넣어 분석까지 냉동보관 하였다. 가스 분석은 계사를 방문하여 gas 자동분석기(Yes Plus LGA, Critical Environment Technologies Canada Inc., Delta, Canada)를 이용하여 이산화탄소(CO₂)와 메탄(CH₄)을 매주 측정하였다. 각 가스 측정 위치는 각 처리구의 반복구에서 임의로 5곳을 정하여 깔짚 표면 위에

서 즉시 측정하였다.

휘발성지방산(volatile fatty acid, VFA) 측정은 먼저 샘플 20 g을 증류수 200 mL에 1:10비율로 넣고, 샘플이 잘 혼합되도록 진탕기에서 2시간 동안 흔들어서 주었다. 그리고 샘플을 원심분리기에서 6000 rpm, 15분 동안 작동시켜 두 부분으로 분리하였다. 분리된 액상부분은 HPLC (Hitachi, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다(Muck와 Dickerson, 1988).

2.3. 통계처리

모든 자료는 난괴법으로 SAS(1990) package 프로그램을 이용한 ANOVA 분산분석으로 평가하였다. 각 처리평균간의 유의성 검정 5% 유의수준에서 Tukey's HSD test로 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 이산화탄소와 메탄에 미치는 영향

Table 1과 2는 혼합 홍삼박제제를 깔짚에 첨가 시 이산화탄소와 메탄 발생량에 미치는 영향을 나타내었다. Table 1에서 이산화탄소 발생량은 1주와 4주에서 통계적 유의성은 있었지만($p < 0.05$), 2주와 3주에서는 아무런 영향을 주지 않았다($p > 0.05$). 대조구(Control)의 경우 측정 시간에 따라 이산화탄소 발생량은 1주에서 3,225.88 ppm, 2주에서는 다시 1,817.81 ppm으로 감소되었다. 3주에서 4주로 가면서 4,398.13 ppm에서 5,411.13 ppm으로 다시 증가되었다. 황산알루미늄 처리구(T3)의 이산화탄소 발생량은 1주에서 4주까지 3,750.94 ppm~

Table 1. Influence of Korean red ginseng marc with aluminum sulfate on carbon dioxide emissions (ppm) as a function of time

Treatment ¹	Time (week)			
	1	2	3	4
Control	3225.88 ^c	1817.81	4398.13	5411.13 ^b
T1	3711.94 ^b	2491.88	4795.56	5792.50 ^a
T2	4191.94 ^a	2621.50	4270.06	5080.75 ^b
T3	3750.94 ^b	2244.25	4319.94	4120.19 ^b
SEM ²	54.87	94.18	88.81	95.90
p value	0.0045	0.1597	0.2485	0.0014

^{a-c}Means, in a given column, followed by the different superscript letter differ significantly ($p < 0.05$).

¹CON: no treatment; T1: 10 g red ginseng marc + 90 g aluminum sulfate/kg poultry litter; T2: 20 g red ginseng marc + 80 g aluminum sulfate/kg poultry litter; T3: 100 g aluminum sulfate/ kg poultry litter

²Values are means±SEM.

Table 2. Influence of Korean red ginseng marc with aluminum sulfate on methane emissions (%) as a function of time

Treatment ¹	Time (week)			
	1	2	3	4
Control	0.90 ^a	ND ³	ND	ND
T1	0.60 ^b	ND	ND	ND
T2	0.30 ^c	ND	ND	ND
T3	0.13 ^d	ND	ND	ND
SEM ²	0.01	-	-	-
p value	0.0045	-	-	-

^{a-d}Means, in a given column, followed by the different superscript letter differ significantly ($p < 0.05$).

¹CON: no treatment; T1: 10 g red ginseng marc + 90 g aluminum sulfate/kg poultry litter; T2: 20 g red ginseng marc + 80 g aluminum sulfate/kg poultry litter; T3: 100 g aluminum sulfate/ kg poultry litter

²Values are means±SEM.

³ND: Not detected.

4,120.19 ppm이었다. 혼합 홍삼박제재 처리구(T1과 T2)는 측정시간에 따라 2,491.88 ppm~5,792.50 ppm의 범위로 다른 처리구보다 이산화탄소 발생량이 높은 경향을 보여주었다. 전체적인 결과를 보면 이산화탄소 발생량은 모든 처리구에서 두드러진 차이가 없었다.

메탄 발생량은 통계적 유의성이 1주에서 혼합 홍삼박제재 처리구가 대조구보다 감소되는 경향을 보였다(Table 2). 1주에서 각 처리구와 비교하면 황산알루미늄 처리구(0.13%)가 메탄발생량이 가장 낮게 발생했고, 그 다음은 혼합 홍삼박제재 처리구인 T2(0.30%), T1(0.60%) 그리고 대조구(0.90%) 순이었다($p < 0.05$). 그러나 2주에서 4주까지의 메탄발생량은 모든 처리구에서 발생하지 않았다. 일부 연구에서는 온실 효과에 영향을 주는 것이 메탄이므로, 축분(animal manure)에 화학제재를 처리했을 경우 메탄 발생량이 20~60% 감소된다고

보고하였다(Anderson 등, 2014).

일반적으로 화학제재인 염화알루미늄(aluminum chloride), 황산알루미늄(aluminum sulfate), 황산(sulfuric acid) 및 염화제이철(ferric chloride) 등을 계분이나 깔짚에 첨가하는 이유는 깔짚에서의 산성화(acidification of poultry litters)을 통해 환경오염원을 제어·감소시키기 위하여 사용되었다(Anderson 등, 2014). 이들 화학제재의 경우도 각각의 특성이 있어 축분의 종류에 따라 적합한 것을 선택해야 하는 단점도 있다.

3.2. 휘발성 지방산에 미치는 영향

혼합 홍삼박제재를 깔짚에 첨가 시 시간에 따른 휘발성 지방산인 아세트산(acetic acid)과 프로피오닉산(propionic acid)의 변화를 Table 3과 4에서 나타내었다. 깔짚에서 분석된 아세트산에서 통계적 유의성은 0, 2 그리고 4주

Table 3. Influence of Korean red ginseng marc with aluminum sulfate on acetic acid (% of DM) as a function of time

Treatment ¹	Time (week)				
	0	1	2	3	4
Control	0.15 ^a	0.14	1.05 ^a	1.65	1.76 ^{ab}
T1	0.05 ^b	0.20	0.33 ^b	0.64	1.69 ^b
T2	0.05 ^b	0.10	0.54 ^b	1.14	1.71 ^b
T3	0.05 ^b	0.17	1.13 ^a	0.73	2.11 ^a
SEM ²	0.01	0.03	0.08	0.67	0.09
p value	0.0072	0.3142	0.0419	0.0679	0.0366

^{a-b}Means, in a given column, followed by the different superscript letter differ significantly ($p < 0.05$).

¹CON: no treatment; T1: 10 g red ginseng marc + 90 g aluminum sulfate/kg poultry litter; T2: 20 g red ginseng marc + 80 g aluminum sulfate/kg poultry litter; T3: 100 g aluminum sulfate/ kg poultry litter

²Values are means±SEM.

Table 4. Influence of Korean red ginseng marc with aluminum sulfate on propionic acid (% of DM) as a function of time

Treatment ¹	Time (week)				
	0	1	2	3	4
Control	ND ³	3.69 ^a	4.07 ^a	30.80	29.50 ^a
T1	ND	1.94 ^b	1.18 ^c	16.80	12.10 ^b
T2	ND	1.82 ^b	2.12 ^b	23.90	14.60 ^b
T3	ND	1.98 ^b	1.91 ^b	23.20	6.72 ^b
SEM ²	-	0.09	0.08	7.69	3.57
p value	-	$p < 0.0001$	0.0033	0.4361	0.0445

^{a-b}Means, in a given column, followed by the different superscript letter differ significantly ($p < 0.05$).

¹CON: no treatment; T1: 10 g red ginseng marc + 90 g aluminum sulfate/kg poultry litter; T2: 20 g red ginseng marc + 80 g aluminum sulfate/kg poultry litter; T3: 100 g aluminum sulfate/ kg poultry litter

²Values are means±SEM.

³ND: Not detected.

에서는 처리구 간에 유의성이 인정되었지만($p < 0.05$), 1주와 3주에서는 아무런 영향을 주지 않았다. 전체적으로 아세트산의 변화는 시간의 변화에 따라 모든 처리구에서 증가되는 경향이였다. 시간에 따른 처리구 간의 비교에서도, 혼합 홍삼박제제 처리구의 T1은 0.05(0주)~1.69%(4주), T2는 0.05(0주)~1.71%(4주)로 0.15(0주)~1.76%(4주)로 측정된 대조구보다 감소되었다. 예외적으로 황산알루미늄 처리구(T3)는 2주(1.13%)와 4주(2.11%)에서 다른 처리구보다 아세트산 함량이 높게 나타났다. 화학제재인 황산알루미늄의 이용은 아세트산 함량을 감소시켜줄 것으로 예상했지만, 이에 대한 차이는 정확하지 않다.

프로피오닉산의 함량의 경우 0주의 모든 처리구에서는 관측되지 않았고, 3주에서는 통계적 유의성이 인정되지 않았다($p > 0.05$). 1, 2, 및 4주에서는 각 처리구간에 영향을 주었다($p < 0.05$). 대조구의 경우 프로피오닉산은 1주 3.69%, 2주 4.07%, 3주 30.80%, 그리고 4주에서는 29.50%로 나타났다. 시간에 따른 혼합 홍삼박제제와 황산알루미늄 처리구간의 프로피오닉산의 함량은 1.18%~23.90%로 다양하며 이들 처리구 간에는 큰 영향을 주지 않았다. 이는 혼합 홍삼박제제를 깔짚에 첨가는 것이 황산알루미늄의 효능과 동등한 값을 가진다는 것을 의미한다. 다시 말해, 홍삼박을 이용한 혼합제제가 깔짚의 산성화(acidified litter)로서 작용했다는 것으로 설명된다.

휘발성지방산은 미생물의 혐기성 발효에 의하여 일어나므로 깔짚 내 적절한 환경조건이 만들어 지지 않도록 하여 악취발생을 억제하는 것이 중요하다. 이러한 특성을 이용하는 것이 축분 첨가제인 화학제제이므로 깔짚 내 병원성 미생물의 성장 및 번식을 억제하는 효과가 있다고 보고되었다(Line, 2002).

4. 결론

본 연구는 축산환경경영관점에서 황산알루미늄과 혼합 홍삼박제제를 깔짚에 첨가하고 4주 동안 깔짚에서 발생하는 가스와 휘발성 지방산에 미치는 영향을 황산알루미늄과 비교하여 평가하였다. 실험은 240수 1일령 육계를 4처리구, 4반복으로 처리구 당 60수로 배치하였다. 4처리구는 대조구와 깔짚(poultry litter) 1 kg당 10 g 또는 20 g을 홍삼박(red ginseng marc)으로 처리한 두 처

리구, 그리고 100 g 황산알루미늄(aluminum sulfate)이었다. 이에 대한 결과는 다음과 같다.

첫째, 실험기간 동안, 이산화탄소(CO_2) 발생량은 모든 처리구 간에 큰 차이가 없었다.

둘째, 메탄(CH_4) 발생량은 2주에서 4주까지 모든 처리구에서 발생하지 않았지만, 1주에서는 황산알루미늄 처리구가 메탄발생량이 가장 낮게 발생했고, 그 다음은 20 g 혼합 홍삼박제제, 10 g 혼합 홍삼박제제 처리구 그리고 대조구 순이었다.

셋째, 통계적 차이에 상관없이 휘발성지방산의 경우, 10 g과 20 g 혼합 홍삼박제제 그리고 황산알루미늄 처리구의 아세트산과 프로피오닉산 함량은 대조구보다 전체적으로 감소되었다. 예외적으로 2주와 4주에서의 황산알루미늄 처리구는 다른 처리구보다 아세트산 함량이 높게 나타났다.

결론적으로, 10 g과 20 g 혼합 홍삼박제제의 깔짚 첨가는 메탄의 발생량과 프로피오닉산 함량을 감소시켜 황산알루미늄의 효능과 동등한 결과를 보여주었다. 따라서 홍삼관련 산업부산물의 깔짚 첨가는 축산환경 오염저감제로서 매우 의미 있는 방안을 시사한다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청의 산학연협력 도약기술개발사업(No. C0150527)의 연구비를 지원 받아 연구가 수행되었습니다.

REFERENCE

Anderson, D. S., Harmon, J. D., Hoff, S. J., Rieck-Hinz, A., 2014, Manure storage and handling - acidification. Application: used to reduce ammonia and methane emissions from manure storages, Iowa State University Extension & Outreach, August, available at: <http://www.agronext.iastate.edu/ampat/storagehandling/acidification/homepage.html>.

Bong, M. H., Ji S. Y., Park, J. C., Moon, H. K., Lee, S. C., Lee, J. H., Hong, J. K., 2011, Effect of feeding plum and red ginseng marc on vital reaction in broiler stress, Korean J. Poult Sci., 38, 213-223.

Choi, I. H., Moore, P.A. Jr., 2008, Effects of liquid aluminum chloride additions to poultry litter on broiler

- performance, ammonia emissions, soluble phosphorus, total volatile fatty acids, and nitrogen contents of litter. *Poult. Sci.*, 87, 1955-1963.
- Kim, C. M., Choi, J. H., Choi, I. H., 2012, Development conformity of the management and educational program through application and analysis for Hanwoo education programs-samples in Gyeongbuk areas-, *J. Environ. Sci. Int.*, 21, 647-654.
- Lee, B. W., Seong, B. S., Choi, S., Lee, K. H., 2007, A study on activating environment management education and research, The final reports of the Ministry of Environment.
- Line, J. E., 2002, *Campylobacter and Salmonella* populations associated with chickens raised on acidified litter, *Poult. Sci.*, 81, 1473 - 1477.
- Moore, P. A. Jr., Daniel, T. C., Edwards, D. R., Miller, D. M., 1995, Effect of chemical amendments on ammonia volatilization from poultry litter. *J. Environ. Qual.*, 24, 294-300.
- Muck, R. E., Dickerson, J. T., 1988, Storage temperature effects on proteolysis in alfalfa silage. *T. ASABE.*, 31, 1005-1009.
- SAS, 1990, *SAS/STAT user's guide*. Version 6. 4th ed. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Smith, D. R., Moore, P. A. Jr., Haggard, B. E., Maxwells, C. V., Daniel, T. C., VanDevander, K., Davis, M. E., 2004, Effect of aluminum chloride and dietary phytase on relative ammonia losses from swine manure, *J. Anim. Sci.*, 82, 605-11.