

SHORT COMMUNICATION

곤충에 의한 계분의 분해 특성평가에 대한 연구(2)

장우환 · 문상철¹⁾ · 최인학^{2)*}

경북대학교 식품자원경제학과, ¹⁾청도고등학교, ²⁾중부대학교 반려동물학부

A Case Study on Facilitating the Decomposition of Poultry Manure using Insect Larvae(2)

Woo-Whan Jang, Sang-Chul Mun¹⁾, In-Hag Choi^{2)*}

Department of Food and Resource Economics, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

¹⁾Cheongdo High School, Cheongdo 38341, Korea

²⁾Division of Companion Animal Science, Joongbu University, Geumsan 32713, Korea

Abstract

This study was conducted to evaluate the structure and composition (i.e., pH, moisture, total-N, pathogens, and volatile fatty acids) of broiler and duck manure treated with larvae of three insect larvae, namely, *Tenebrio molitor*, *Protaetia brevitarsis seulensis*, and *Ptecticus tenebrifer*. Hatched *Tenebrio molitor* (n=300), *Protaetia brevitarsis seulensis* (n=60), and *Ptecticus tenebrifer* (n=300) were used in this study; specially, the larvae were divided into six treatments with three replicates. The treatments were as follows: T1: 110 g broiler manure + *Tenebrio molitor* larvae (n=50), T2: 110 g duck manure + *Tenebrio molitor* larvae (n=50), T3: 125 g broiler manure + *Protaetia brevitarsis seulensis* larvae (n=10), T4: 125 g duck manure + *Protaetia brevitarsis seulensis* larvae (n=10), T5: 105 g broiler manure + *Ptecticus tenebrifer* larvae (n=50), and T6: 105 g duck manure + *Ptecticus tenebrifer* larvae (n=50). For all the larval treatments, the following results were observed: The moisture content of the duck manure treat with three insect larvae was higher than that of the broiler manure ($p < 0.05$), whereas broiler manure had a higher pH ($p < 0.05$). In addition, the total nitrogen content of broiler manure was higher than that of duck manure ($p < 0.05$). However, the insect larvae did not significantly affect pathogens (*E. coli* and *Salmonella*) and the volatile fatty acids ($p > 0.05$). In conclusion, the use of the three insect larvae to create organic nitrogen compost using poultry manure is feasible.

Key words : *Protaetia brevitarsis seulensis* larvae, *Ptecticus tenebrifer* larvae, Poultry manure, *Tenebrio molitor* larvae, Total nitrogen

1. 서론

축산분뇨나 음식물쓰레기 등은 대부분 유기성 폐기물이다. 따라서 적절한 처리과정을 거치지 않고 토양과 하천으로 배출되거나 매립시 악취유발 및 침수발생으로 인해 심각한 2차 오염을 초래한다. 특히, 축산분뇨의 처

리방향은 퇴비화와 액비화를 통해 문제를 해결하고 있지만 그 처리 방법에는 한계가 있다. 최근에는 환경 측면을 고려하여 사람에게 피해를 주지 않으면서 분해능력 우수성과 안정성이 높아 재활용이 가능한 산업곤충을 자원화하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다(Yang, 2005; Lee, 2009). 특히, 갈색거저리(*Tenebrio*

Received 4 October, 2022; Revised 8 November, 2022;

Accepted 8 November, 2022

*Corresponding author : In-Hag Choi, Division of Companion Animal Science, Joongbu University, Geumsan 32713, Korea
Phone : +82-41-750-6284
E-mail : wicw@chol.com

© 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.

Table 1. The effects of three insects on poultry manure characteristics

Item	Treatment ¹						SEM ²	Significance
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
Moisture (%)	26.6 ^c	58.9 ^a	44.5 ^b	65.6 ^a	27.4 ^c	59.1 ^a	6.92	*
pH	8.4 ^a	7.3 ^b	8.7 ^a	7.2 ^b	8.7 ^a	7.2 ^b	0.31	*
Total-N (%)	3.5 ^b	1.3 ^c	4.6 ^a	0.9 ^d	3.5 ^b	1.0 ^d	0.65	*

^{a-d}Means with different superscripts in the same row differ significantly at $p < 0.05$.

¹T1: 110 g broiler manure + *Tenebrio molitor* larvae (n=50), T2: 110 g duck manure + *Tenebrio molitor* larvae (n=50), T3: 125 g broiler manure + *Protaetia brevitarsis seulensis* larvae (n=10), T4: 125 g duck manure + *Protaetia brevitarsis seulensis* larvae (n=10), T5: 105 g broiler manure + *Ptecticus tenebrifer* larvae (n=50), T6: 105 g duck manure + *Ptecticus tenebrifer* larvae (n=50).

²Data are expressed as mean \pm standard error (SEM).

* $p < 0.05$.

molitor)는 좁은 면적에 저 비용으로 사육할 수 있어 식물성 단백질원을 동물성 단백질로 변화하는데 대표적인 곤충으로 알려져 있다(Ramo s-Elorduy et al., 2002; Ooninx and de Boer, 2012). 또한, 약용곤충으로서 알려진 흰점박이꽃무지(*Protaetia brevitarsis seulensis*)는 항산화력을 포함하여 약리적인 효과로서 간 기능 개선 치료에도 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Kang et al., 2001; Kwak et al., 2014). 더욱이 동애등에(*Hermetia illucens*)는 번식능력이 좋아 유기성 폐자원을 지속적으로 활용 가능성이 높아 환경정화의 대표적인 곤충이다(Kim et al., 2017). 예를 들면, 가축 분뇨에 따른 아메리카동애등에(BSF)의 분해능은 유충 마리를 기준으로 돈분(0.5 g) > 우분(0.43 g) > 계분(0.3 g) 순으로 나타나 돈분이 가장 우수한 것으로 보고하였다(Choi et al., 2012). 그리고 가축분뇨 별 아메리카동애등에 유충의 분해능력에 의한 무게 감소는 우분(83.6%) > 돈분(77.0%) > 계분(80%) 순이었다(Choi et al., 2012). 그러나, 갈색거저리, 흰점박이꽃무지 및 동애등에 유충을 계분에 첨가하여 계분의 특성을 비교·분석한 자료는 없다. 따라서 본 연구에서는 3종류의 곤충 유충을 첨가한 육계분과 오리분의 특성, 유해성 병원균 및 휘발성 지방산 함량을 조사하여 이들 곤충산업에 유용한 정보를 제공하고자 사양시험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

곤충에 의한 계분의 특성평가는 중부대학교 동물사양환경학 실험실에서 실시하였다. 먼저 육계분(broiler manure)과 오리분(duck manure)은 각각 정안농장(공주, 충남)과 길흥농장(거창, 경남)으로부터 직접 채

취하여 실험에 이용하였다. 총 300마리 갈색거저리 유충, 총 60마리 흰점박이꽃무지 유충 그리고 총 300마리 동애등에 유충은 난괴법으로 6처리구(처리구 당 3반복)로 배치하였다. 각각의 계분은 저울을 이용하여 무게 정량 후 500 mL 용량의 플라스틱 용기에 넣었고 아래와 같이 제시된 비율로 3종류의 곤충 유충을 넣어 진행하였다.

T1 = 110 g broiler manure +

Tenebrio molitor larvae (n=50)

T2 = 110 g duck manure +

Tenebrio molitor larvae (n=50)

T3 = 125 g broiler manure +

Protaetia brevitarsis seulensis larvae (n=10)

T4 = 125 g duck manure +

Protaetia brevitarsis seulensis larvae (n=10)

T5 = 105 g broiler manure +

Ptecticus tenebrifer larvae (n=50)

T6 = 105 g duck manure +

Ptecticus tenebrifer larvae (n=50).

또한, 곤충사육조건은 온도 25°C, 상대습도 50%, 광주기(L:D) 16:8로 하여 30일 동안 유지하였다. 곤충사육시험 종료 후, 계분 샘플의 수분(moisture) 함량은 샘플 무게 1 g을 측정 후 건조 전·후 무게 차이로 계산하였다. pH 분석은 1:10의 비율로 각 계분 10 g을 증류수 100 mL에 섞어 2시간 동안 원심·분리하여 상층과 하층이 분리된 상태에서 pH meter(Model 520A,

Table 2. The effects of three insects on pathogen in poultry manure

Item	Treatment ¹						SEM ²	Significance
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
<i>E.coli</i> (log10cfu/g)	5.7	6.1	5.0	6.2	5.4	6.2	0.20	NS ³
<i>Salmonella</i> (log10cfu/g)	ND ⁴	5.1	5.0	5.0	ND	ND	0.03	NS

¹ T1: 110 g broiler manure + *Tenebrio molitor* larvae (n=50), T2: 110 g duck manure + *Tenebrio molitor* larvae (n=50), T3: 125 g broiler manure + *Protaetia brevitarsis seoulensis* larvae (n=10), T4: 125 g duck manure + *Protaetia brevitarsis seoulensis* larvae (n=10), T5: 105 g broiler manure + *Ptecticus tenebrifer* larvae (n=50), T6: 105 g duck manure + *Ptecticus tenebrifer* larvae (n=50).

² Data are expressed as mean ± standard error (SEM).

³ NS: not significant.

⁴ ND: not detect.

*p<0.05.

ORION, USA)를 이용하여 상층부분을 측정하였다. 총 질소(total-N) 함량은 AOAC(1995)방법에 준하여 분석하였다. *E.coli*와 *Salmonella* 측정은 SS agar (Difco)와 MacConkey agar(Difco)를 각각 사용하여 37°C에서 48시간 배양 후 측정하였다. 각각의 평판배지에 생성된 colony는 colony counter를 이용하여 계수하였고 균수는 각 plate의 colony forming unit(cfu)로 계산 후 10진법으로 환산하였다(Kim et al., 2016). 그리고 휘발성 지방산(VFA) 분석은 먼저 샘플 20 g을 증류수 200 mL에 넣어 잘 혼합 되도록 진탕기에서 2시간 동안 흔들어서 주었다. 샘플은 원심분리기에서 6,000 rpm, 15분 동안 작동시켜 분리된 액상부분을 HPLC(Hitachi, Tokyo, Japan)로 측정하였다(Muck and Dickerson, 1988).

모든 통계자료는 SAS(1996)의 GLM procedure를 이용하여 ANOVA분석을 실시하여 p<0.05 수준에서 유의성을 검증하였다. 처리간의 평균은 Duncan's multiple range tests에 의해 유의성 검증을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

Table 1은 3종류의 곤충 유충을 처리한 계분의 특성을 분석·평가한 결과를 제시하였다. 모든 처리구의 수분, pH 및 총 질소 함량은 통계적 차이가 인정되었다(p<0.05). 실험 종료 후 분석된 수분 함량은 3종류의 곤충 유충을 오리분(duck manure)에 처리한 군(T2, T4 및 T6)이 육계분(broiler manure)에 처리한 군(T1, T3 및 T5)보다 높았다. 전체적으로 오리분 처리구가 수분 함량이 높은 이유는 닭보다 오리가 상대적으로 크고 분과 노가 섞인 배설된 형태로 많이 배설되었기 때문이

며 실험 당시 농장에서 가져온 오리분 자체가 위의 내용을 증명한다. 3종류의 곤충 유충을 처리한 계분의 pH는 오리분 처리구보다 육계분 처리구에서 높게 나타났다. 이는 각 곤충 유충들이 계분을 분해는 과정에서 오리분 처리구에서 암모니아 발생량이 적었지만, 육계분 처리구에서는 암모니아 발생량이 높게 나타나 암모니아의 특성이 반영된 결과로 보여진다. 특히, 암모니아는 pH가 8 이상일 때 발생량이 높게 나타나는 것이 특징이다(Sa, 2010). 총 질소 함량은 오리분에 3종류의 곤충 유충을 처리한 군과 비교하면 육계분 처리구에서 높았다. 그 이유는 다른 축분보다 육계분은 질소함량이 높고 각 곤충 유충들이 효율적으로 분해하며 영양분으로 질소 이용율이 높았기 때문이다. 예를 들면, 축분에 아메리카 동애등에(*Hermetia illucens*)를 이용하면 단백질과 지방이 풍부한 바이오매스(biomass)로 32~43% 전환할 수 있다(Gold et al., 2018).

Table 2는 3종류의 곤충 유충을 계분에 첨가 시 병원성 미생물에 대한 결과를 요약하였다. 육계분과 오리분에 첨가된 3종류 곤충 유충은 *E.coli*와 *Salmonella*에 큰 변화가 없는 것으로 나타났다(p>0.05). 측정된 *E.coli* 값은 오리분 처리구에서 육계분 처리구보다 약간 높게 나타났다. *Salmonella*의 경우 육계분에 갈색 거리 유충 처리구(T1), 육계분에 동애등에 유충 처리구(T5) 및 오리분에 동애등에 유충 처리구(T6)는 검출이 되지 않았다. 그러나, 나머지 처리구(T2, T3 그리고 T4)의 *Salmonella* 값은 비슷한 경향이였다.

3종류의 곤충 유충을 계분에 첨가 시 휘발성 지방산에 대한 결과는 Table 3에 제시하였다. 모든 처리구는 acetic acid와 iso-butyric acid 함량에 큰 영향을 주지 않았다(p>0.05). Acetic acid와 iso-butyric acid

Table 3. The effects of three insects on volatile fatty acid in poultry manure

Item	Treatment ¹						SEM ²	Significance
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
Acetic acid (%)	5.1	ND ³	4.8	ND	3.2	ND	0.59	NS ⁴
Iso-butyric Acid (%)	2.3	ND	2.1	ND	3.1	ND	0.31	NS

¹ T1: 110 g broiler manure + *Tenebrio molitor* larvae (n=50), T2: 110 g duck manure + *Tenebrio molitor* larvae (n=50), T3: 125 g broiler manure + *Protaetia brevitarsis seulensis* larvae (n=10), T4: 125 g duck manure + *Protaetia brevitarsis seulensis* larvae (n=10), T5: 105 g broiler manure + *Ptecticus tenebrifer* larvae (n=50), T6: 105 g duck manure + *Ptecticus tenebrifer* larvae (n=50).

² Data are expressed as mean ± standard error (SEM).

³ NS: not significant.

⁴ ND: not detect.

* $p < 0.05$.

함량은 육계분에 처리한 3종류 곤충 유충 처리구(T1, T3 및 T5)에서만 나타났고, 오리분 처리구(T2, T4 및 T6)에서는 측정되지 않았다. 이러한 결과는 30일 동안 3종류 곤충 유충이 다른 형태의 계분을 분해하는 과정에서 작용하는 환경이 달랐기 때문이며 병원성 미생물과 휘발성 지방산 분포에 대해 다양한 패턴을 보여주는 것으로 해석할 수 있다.

4. 결론

본 연구는 3종류의 곤충 유충을 첨가한 계분의 특성을 분석한 결과를 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 오리분에 처리한 3종류의 곤충 유충은 수분 함량이 육계분 처리구보다 높았으며, pH는 오리분보다 육계분 처리구에서 높게 나타났다. 총 질소 함량은 오리분에 3종류의 곤충 유충을 처리한 군과 비교하면 육계분 처리구에서 높아 유기질 질소 퇴비로 이용할 가능성이 높았다. 그 이유는 다른 축분보다 육계분은 질소함량이 높고 각 곤충 유충들이 효율적으로 분해하며 영양분으로 질소 이용율이 높았기 때문이다. 그러나, 3종류의 곤충 유충을 첨가한 육계분과 오리분은 병원성 미생물과 휘발성 지방산에 크게 영향을 주지 않았다. 이러한 결과는 3종류 곤충 유충이 다른 형태의 계분을 분해하는 과정에서 작용하는 환경의 차이로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 경상북도 교육청 “2020년 제16회 미래과 학자양성프로그램 운영 계획” 연구사업의 지원에 이루어진 것입니다.

REFERENCES

- AOAC., 1995, Official method of analysis. 16th ed. Gaithersburg (MD): Association of Official Analytical Chemists.
- Choi, Y. C., Lee, S. B., Park, K. H., Nam, S. H., Kim, J. G., Kim, W. T., Choi, J. Y., 2012, Artificial multiplication of the Black Soldier Fly (BSF), *Hermetia illucens* (Diptera: Stratmyidae) using the livestock feces, *J. Seric. Entomol. Sci.*, 50, 63-70.
- Gold, M., Tomberlin, J. K., Diener, S., Zurbrugg, C., Mathys, A., 2018, Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: a review, *Waste Manag.*, 82, 302-318.
- Kang, I. J., Chung, C. K., Kim, S. J., Nam, S. M., Oh, S. H., 2001, Effects of *Protaetia orientalis* (Gory et Perchlon) larva on the lipid metabolism in carbon tetrachloride administered rats, *Appl. Microsc.*, 31, 9-18.
- Kim, H. Y., Kim, S. C., Lee, H. J., Choi, I. H., Song, Y. M., 2016, Effect of replacing corn meal with barely on fecal microbial, gas emission, and volatile fatty acid (VFA) concentration in growing pig, *J. Environ. Sci. Int.*, 25, 1207-1212.
- Kim, T. Y., Kwon, J. H., Park, G. H., Kim, J. Y., 2017, Study on organic waste treatment efficiency and larval growth according to input amount of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*), *J. Korea SOC Waste Manag.*, 34, 276-281.
- Kwak, K. W., Han, M. S., Nam, S. H., Choi, J. Y., Lee, S. H., Choi, Y. C., Park, K. H., 2014, Detection of insect pathogen *Serratia marcescens* in *Protaetia brevitarsis seulensis* (Kolbe) from Korea, *Int. J. Indust. Entomol.*, 28, 25-31.
- Lee, S. H., 2009, Development of manure solids

- conversion system using the Black Soldier Fly (BSF), Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
- Muck, R. E., Dickerson, J. T., 1988, Storage temperature effects on proteolysis in alfalfa silage, Trans. ASABE., 31, 1005-1009.
- Oonincx, D. G. A. B., de Boer, I. J. M., 2012, Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans - A Life Cycle Assessment, PLOS ONE., 7, e51145
- Ramos-Elorduy, J., Avila Gonzalez, E., Rocha Hernandez, A., Pino, J. M., 2002, Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens, J Econ Entomol., 95, 214-220.
- SAS., 1996, User's guide: statistics. Cary: Institute SAS.
- Sa, J. H., 2010, Ammonia flux from cow manure in relation to the environmental factors in livestock facilities, J. Korean Soc. Atmos. Environ., 26, 432-442.
- Yang, C. O., 2005, Organic processing technique by bot, Korea Organic Resources Recycling Association, Autumn, Symposium and Poster Presentation, pp. 277-280.
-
- Professor. Woo-Whan Jang
Department of Food and Resource Economics,
Kyungpook National University
wwjang@knu.ac.kr
 - Teacher. Sang-Chul Mun
Cheongdo High School
st19945032@daum.net
 - Professor. In-Hag Choi
Division of Companion Animal Science, Joongbu
University
wicw@chol.com