Journal of Environmental Science International
34(9); 553~556; September 2025

pISSN: 1225-4517 eISSN: 2287-3503
https://doi.org/10.5322/JESI.2025.34.9.553

SHORT COMMUNICATION

성장 단계별 갈색거저리 유충을 처리한 산란계분의 조단백질, ADF 및 NDF 함량 특성

김정연*
칼빈대학교 반려동물학과

Characteristics of Crude Protein, ADF, and NDF Contents in Laying Hen Manure Treated with *Tenebrio molitor* Larvae at Each Growth Stage

Joung-Yeon Kim*
Department of Companion Animal Science, Calvin University, Yongin 16911, Korea

Abstract

This study evaluated the crude protein (CP), ADF, and NDF contents in laying hen manure treated with *Tenebrio molitor* (TM) larvae at each growth stage. Two treatments were tested: T1) 250 g of laying hen manure + 50 g of 2nd instar TM larvae and T2) 250 g of laying hen manure + 50 g of 3rd instar TM larvae. Each treatment lasted for 20 days, with three replicates, and samples were collected at 0 and 20 days. The results showed that the pH and moisture contents of laying hen manure treated with 2nd and 3th instar TM larvae increased. The CP content decreased on day 20 compared to day 0 in both groups. In contrast, ADF and NDF contents were higher on day 20 than on day 0. The results suggest that 2nd and 3rd instar TM larvae have similar decomposition abilities on CP, ADF and NDF contents during the composting, likely because TM larvae used in this study were too young. Further, research using studies more than five-instar TM larvae are necessary to verify the decomposition ability of crude protein and fiber through the composting of laying hen manure.

Key words : ADF, Crude protein, NDF, Laying hens manure, *Tenebrio molitor* larvae

1. 서 론

지구온난화로 인한 곡물 자급률 하락은 농축산식품 산업에 직접적으로 큰 위기를 제공하여 극복 대책 마련에 대한 필요성이 제기되고 있다(Jeon et al., 2024). 제시된 대안들 중 하나는 곤충을 단백질 공급원으로서 영양적 가치와 온실가스 배출량, 토지 이용의 효율성 등의 고려할 때 친환경적·경제적이라는 장점이 있어 사료용과 환경정화용으로 활용하는 것이다(Park et al., 2012; Megido et al., 2013). 특히, 갈색거저리(TM; *Tenebrio molitor* L.)는 영양성분 중 단백질이 50% 이상으로 높게 함유되어 있고, 유충 생육 기간이 짧아 사육이 용이하여 산업화에 적합하고 플라스틱을 생분해를 하는 능력이 있어 그 자체로서 가축 및 반려동물 사료로서 뿐만 아니라 환경을 개선하는 있어 활용이 가능한 중요한 곤충자원이다(Kim et al., 2016; Wang et al., 2025). 그러므로 갈색거저리를 다양한 용도로 이용하기 위해서는 상업화를 목적으로 하는 대량 생산 기술을 필요로 하며 많은 연구들을 진행한 결과 2016년에 식품원료로 등록하게 되었다(Jeon et al., 2024).

Received 20 August, 2025; **Revised** 3 September, 2025;
Accepted 3 September, 2025
***Corresponding author** : Joung-Yeon Kim, Department of Companion Animal Science, Calvin University, Yongin 16911, Korea
Phone : +82-31-270-8876
E-mail : adver99@daum.net

Table 1. *Tenebrio molitor* larvae rearing conditions and treatments

Item		Temperature (℃)	Humidity (%)	Light-dark cycle
Tenebrio molitor larvae rearing conditions (2^{nd} and 3^{th} instar)		25±1	50±5	14L:10P
Treatment	T1	250 g of laying hen manure + 50 g of 2^{nd} instar TM larvae		
	T2	250 g of laying hen manure + 50 g of 3^{th} instar TM larvae		

또한, 갈색거저리를 효율적인 대량 사육을 위해 사육시스템 기준과 규격, 온도에 따른 산란 및 유충 발육의 안정성에 대한 다양한 연구가 진행되고 있지만 이들 유충을 산란계분에 적용한 환경 관련 자료와 정보는 부족하다. 예를 들면 퇴비화 과정에서 단백질 함량 변화 및 섬유소 분해하는 능력 등을 들 수 있다.

본 연구는 갈색거저리 유충 2령과 3령을 산란계분(laying hen manure)에 처리하여 일정기간 사육 후 실험 전(0일)·후(20일)로 샘플을 채취하여 영별로 조단백질, ADF 및 NDF 함량을 비교하였다. 이는 산란계분이 퇴비화되는 과정으로 성장 단계별 갈색거저리 유충이 분해를 통해 어느 정도로 영양성분에 영향을 미치는지 알 수 있으므로 이에 대한 기초정보를 수집하는데 있다.

2. 재료 및 방법

본 시험에 이용된 갈색거저리 유충은 2령과 3령으로 울산광역시 울주군에 위치한 ㈜Modnilove로부터 공급받아 칼빈대학교 반려동물학과 곤충 실험실에서 20일간 사양실험을 실시하였다. 산란계분은 경북 의성에 위치한 산란계농장으로부터 공급받아 사용하였다. 갈색거저리 유충은 사각형 모양의 투명플라스틱 상자(15 × 5 × 10 cm) 크기에서 사육되었고 뚜껑에는 공기가 통하도록 4개 곳에 구멍을 뚫어 유충들이 호흡하도록 환경조건을 만들어 주었다. 갈색거저리 유충 사육조건과 두 처리구인 유충과 산란계분의 비율은 Table 1에 제시하였다. 처리구별로 3반복으로 설계되었다.

샘플 수집을 위해 0일과 20일에 처리구별로 라텍스 글로버를 이용하여 샘플 100 g을 측정 후 비닐백에 넣어 즉시 냉장(4℃) 보관하였다. 분석은 pH, 수분(moisture), 조단백질(CP; crude protein), ADF 및 NDF 함량을 측정하고 건물기준으로 평가하였다. pH 측정은 샘플과 증류수의 비율을 1:10로 하여 원심분리기에서 2시간 정도 흔들어 주었다. 상하층이 분리된 상태에서 즉시 pH meter(Mettler Toledo Co., MP230, Küsnacht, Switzerland)로 측정하였다. 수분함량 AOAC(1990) 방법에 준하여 105℃에서 건조하여 무게차로 계산하였다. 조단백질은 켈달증류법을 이용하여 분해, 증류 및 적정의 3단계 과정을 거쳐 분석하였다(AOAC, 1990). ADF와 NDF 함량은 Van Soest et al.(1991) 방법으로 분석하였다. 통계자료는 SAS (Version 9.4) package program을 이용하여 수행하였다. 처리구별 0일과 20일에 분석한 결과의 평균의 유의성을 평가하기 위해 T-test에 의한 양측 검정을 실시하였고 95% 수준에서 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

Table 2는 갈색거저리 유충 2령과 3령을 산란계분에 처리했을 때 pH, 수분 및 조단백질 함량에 대한 결과를 제시하였다. 갈색거저리 유충 2령 처리구(T1)는 수분과 조단백질 함량에 영향을 주었지만($p<0.05$), pH 값에서는 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났다($p>0.05$). 갈색거저리 유충 3령 처리구(T2)에서는 pH와 수분함량을 제외하고 조단백질 함량에만 차이가 있는 것으로 확인되었다($p<0.05$). 갈색거저리 유충 2령과 3령을 산란계분에 처리하여 분석한 결과는 공통적으로 0일과 비교하면 20일에서 pH와 수분함량이 증가되고 조단백질은 감소되었다. 이는 퇴비화 과정을 통해 갈색거저리 유충 2령과 3령이 분해하는 능력이 비슷해 산란계분에 함유된 영양성분이 비슷한 함량으로 분석된 것으로 해석할 수 있다.

예를 들면, 퇴비화 과정에서 pH, 수분 그리고 단백질은 중요한 역할을 한다(Soares et al., 2017; Shin et al., 2020). 특히, 단백질은 갈색거저리 유충의 먹이원과 더불어 미생물의 활동 촉진으로 인해 산란계분을 분해하게 된다. 퇴비화가 진행되는 초기 동안에는 단백질과 암모니아 함량 변화에 따라 pH 증가하면서 안정기

Table 2. Comparison of pH, moisture and crude protein contents of laying hen manure treated with *Tenebrio molitor* larvae at each instar stage

Item[1]	Day	pH	Moisture (%)	CP (%)
T1	0	7.52±0.15	15.85±0.22	47.39±0.54
	20	7.78±0.12	17.42±0.29	45.22±0.16
	Significance	NS[2]	*	*
T2	0	7.88±0.06	16.65±0.46	46.79±0.43
	20	8.02±0.08	17.86±0.26	45.05±0.23
	Significance	NS	NS	*

Data are expressed as mean± the standard error of the mean (SEM)
[1]T1 = 250 g of laying hen manure + 50 g of 2nd instar TM larvae; T2 = 250 g of laying hen manure + 50 g of 3th instar TM larvae
[2]NS: not significant
*$p<0.05$

Table 3. Comparison of ADF and NDF contents of laying hen manure treated with *Tenebrio molitor* larvae at each instar

Item[1]	Day	ADF (%)	NDF (%)
T1	0	12.62±1.06	28.72±1.21
	20	12.78±0.33	31.61±0.86
	Significance	NS[2]	NS
T2	0	11.39±0.57	29.29±0.61
	20	12.59±0.54	29.90±0.52
	Significance	NS	NS

Data are expressed as mean± the standard error of the mean (SEM)
[1]T1 = 250 g of laying hen manure + 50 g of 2nd instar TM larvae; T2 = 250 g of laying hen manure + 50 g of 3th instar TM larvae
[2]NS: not significant

에 도달하면 7~8정도 범위에 도달하는 것으로 보고되고 있다(Jimenez and Garcia, 1989; Francou et al., 2005). 일반적으로 퇴비더미의 적정 수분함량은 50~65% 범위로 나타나지만(Yang et al., 2017), 우리의 결과는 다소 차이가 있다. 그 이유는 본 연구에 이용된 계분은 산란계사 시설에 계분이 배설하면 바닥에 떨어져 바로 건조장치에 의해 건조되기 때문이다. 따라서 퇴비화 과정에서 수분함량도 축분의 성상에 따라 달라진다는 것을 알 수 있다.

Table 3은 갈색거저리 유충 2령과 3령을 산란계분에 처리시 ADF와 NDF 함량 결과를 요약하였다. 0일과 20일에서 결과를 비교하면 ADF와 NDF 함량에는 통계적 유의성에 큰 영향을 주지 않는 것으로 확인하였다 ($p>0.05$). 현재의 연구에서 0일에서 분석된 결과보다 20일에서 ADF와 NDF 함량이 증가되었다는 점은 갈색거저리 유충 2령과 3령이 어린 상태이므로 산란계분을 분해하는 것이 다소 어려운 것으로 판단된다. 다시 말하면, ADF와 NDF 함량이 낮아지는 것은 가축과 곤충의 소화율과 섭취량이 증가와 관련이 있다. 한 예로 축분, 음식물쓰레기와 같은 유기성 폐기물의 구성물질 중 단백질, 당, 전분은 분해가 쉬워 퇴비화 과정이 원만히 진행되지만, ADF, NDF, 셀룰로오스 등의 섬유소 성분은 분해가 어려워 퇴비화 진행이 늦어진다(Ku and Kim, 2016).

4. 결 론

본 연구는 갈색거저리 유충 2령과 3령을 산란계분(laying hen manure)에 처리하여 조단백질, ADF 및 NDF 함량 특성을 평가하였다. 전체적으로 0일과 비교하면 20일에서는 pH와 수분함량이 증가되고 조단백질 함량이 감소되는 것은 갈색거저리 유충 2령과 3령을 산란계분에 처리한 구에서 공통적으로 나타났다. 또한 ADF와 NDF 함량 증가는 0일에서 분석된 결과보다 20

일에서 나타나 갈색거저리 유충 2령과 3령을 산란계분에 처리한 구에서 관측되었다. 이는 퇴비화 과정을 통해 갈색거저리 유충 2령과 3령이 분해하는 능력이 비슷하다는 것을 의미한다. 추가적으로 산란계분의 퇴비화 과정을 통한 조단백질과 섬유소에 분해 능력에 대한 입증을 위해 갈색거저리 유충 5령 이상을 대상으로 하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 2025년도 칼빈대학교 학술연구비 지원에 의하여 이루어진 것이며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

AOAC, 1990, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., USA.

Francou, C., Poitrenaud, M., Houot, S., 2005, Stabilization of organic matter during composting: Influence of process and feedstocks, Compost Sci. Util., 13, 72-83.

Jeon, J. H., Jung, S. E., Hong, Y. K., Lee, D. H., Shin, T. S., 2024, Influence on the physico-chemical qualities of emulsified sausages added different levels of *Tenebrio molitor* L. powder, J. Agri. Life Sci., 58, 51-60.

Jimenez, E. I., Garcia, V. P., 1989, Evaluation of city refuse compost maturity: A Review, Bio. Wastes., 27, 115-142.

Kim, S. H., Kim, J. C., Lee, S. J., Kim, J. S., 2016, Establishment of optimal rearing conditions for the production of *Tenebrio molitor* larvae, Korean J. Appl. Entomol., 55, 421-429.

Ku, H. H., Kim, S. H., 2016, Effect of pig manure compost or sucrose application on recovering chinese cabbage from ammonium toxicity, Korean J. Soil Sci. Fert., 49, 282- 286.

Megido, R. C., Sablon, L., Geuens, M., Brostaux, Y., Alabi, T., Blecker, C., Drugmand, D., Haubruge, E., Francis, F., 2013, Edible insects acceptance by Belgian consumers: Promising attitude for entomophagy development, J. Sensory. Stud., 29, 14-20.

Park, Y. K., Choi, Y. C., Lee, Y. B., Lee, S. H., Lee, J. S., Kang, S. H., 2012, Fecundity, life span, developmental periods and pupal weight of *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae), J. Seric. Entomol. Sci., 50, 126-132.

Shin, J. H., Park, S. H., Kim, A. L., Son, Y. H., Joo, S. H., 2020, Changes in physical, chemical, and biological traits during composting of spent coffee grounds, Korean J. Environ. Agric., 39, 178-187.

Soares, M. A., Quina, M. J., Reis, M. S., Quinta-Ferreira, R., 2017, Assessment of co-composting process with high load of an inorganic industrial waste, Wast. Manag., 59, 80-89.

Van Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. A., 1991, Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharide in relation to animal nutrition, J. Dairy Sci., 74, 3583-3597.

Wang, X., Du, R., Henriquez, F. N., Liu, H., Chan, S. Y., Leong, C. M., Lui, M. Y., 2025, Enhancing plastic decomposition in mealworms (*Tenebrio molitor*): The role of nutritional amino acids and water, Adv. Energy Sustainability Res., 6, 2400378.

Yang, I. S., Ji, M. K., Jeon, B. H., 2017, A Review on efficient operation technology of compost depot, Clean Technol., 23, 345-356.

• Professor. Joung-Yeun Kim
Department of Companion Animals, Calvin University
adver99@daum.net