

TECHNICAL NOTE

한우분에 굴 패각분말을 첨가 시 분의 특성과 미생물에 미치는 영향 - 실험실 연구를 중심으로 -

장홍희¹⁾ · 주영호²⁾ · 서명지¹⁾ · 김지윤¹⁾ · 이성신²⁾ · 최정석³⁾ · 정승민³⁾ · 노현택³⁾ · 김삼철^{1,2,3)*}

¹⁾경상국립대학교 축산학과, ²⁾경상국립대학교 농업생명과학연구원, ³⁾경상국립대학교 응용생명과학부(BK21Four)

Effects of Adding Oyster Shell Powder to Hanwoo Manure on its Quality and Microbial Composition - A Lab Study -

Hong Hee Chang¹⁾, Young-Ho Joo²⁾, Myeong-Ji Seo¹⁾, Ji-Yoon Kim¹⁾, Seong-Shin Lee²⁾, Jeong-Seok Choi³⁾, Seung-Min Jeong³⁾, Hyeon-Tak Noh³⁾, Sam-Churl Kim^{1,2,3)*}

¹⁾Department of Animal Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

²⁾Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

³⁾Division of Applied Life Science (BK21Four), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

Abstract

To improve the environmental management and resources, in this study, we aimed to investigate the effect of adding oyster shell powder to Hanwoo manure on its characteristics and microbial composition during the storage period. Additives were deposited on top of the manure surface at the rate of 0, 0.5, and 1% of oyster shell powder per 200 g of Hanwoo manure in a plastic container with three replicates; however, untreated manure litter served as the control. Manure characteristics (dry matter, organic matter and crude ash) and microbial composition (lactic acid bacteria, yeast, *Bacillus subtilis*, *Salmonella*, and *E.coli*) were evaluated at day 0, 2, 4, and 8. Manure characteristics exhibited an effect on dry matter, organic matter, and crude ash at day 2 and 8 ($p < 0.05$), and not for day 0 and 4 ($p > 0.05$). With the exception of yeast content at day 4 of storage, lactic acid bacteria, yeast, *Bacillus subtilis*, *Salmonella*, and *E.coli* exhibited no significant differences in all conditions during the storage period. Conclusively, addition of 1% oyster shell powder to Hanwoo manure resulted in slightly better manure characteristics; however, its microbial composition remained unchanged.

Key words : Environmental management, Hanwoo manure, Microbial composition, Oyster shell powder, Resource circulation

1. 서론

굴(oyster)은 우리나라에서 전복과 더불어 많이 생산

되고 소비되는 패류 수산물로 알려져 있다. 과거에 비해 굴 양식은 기술 보급을 통해 2019년에는 약 360천 톤이 생산되었다고 보고한 바 있다(Baek and Lee, 2020).

Received 28 June, 2021; Revised 23 July, 2021;

Accepted 23 July, 2021

*Corresponding author: Sam Churl Kim, Division of Applied Life Science (BK21Plus, Insti. of Agric. & Life Sci.), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea
Phone: +82-55-772-1947
E-mail : kimsc@gnu.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.

다른 어패류와는 달리 굴의 특성은 먹을 때 시원한 맛과 향미성분을 가지고 있어 굴 소스(oyster sauce)로 개발되거나 증화요리의 맛 성분을 내는 조미료로 널리 사용되고 있다(Hwang et al., 2015). 그러나 문제는 굴 양식에서 생산되는 굴 껍질인 패각의 발생량이 매년 증가되어 제대로 처리되지 않은 채 버려지게 되어 환경오염과 처리 비용을 유발한다는 점에서 이슈화되고 있다(Hwang et al., 2015). 예를 들면, Baek and Lee(2020)에 의하면 굴 패각의 발생은 2017년 267천 톤 < 2018년 276천 톤 < 2019년 289천 톤으로 매년 증가하고 있음을 보고하였다. 이러한 굴 패각 처리방법은 폐수 및 수질정화용, 비료(토양개량제) 등의 두 가지 측면에서 제한적으로 사용되고 있다(Kwon et al., 2009; Seco et al., 2014; Kim et al., 2015). 최근에는 패각류의 자원화를 위해 이들로부터 천연 칼슘소재에 대한 연구가 진행되고 있다. 패각은 주성분이 탄산칼슘(중량당 95~98% calcium carbonate, CaCO₃)과 유기물을 함유하고 있다. 특히 비정형 구조의 얇은 막이 여러 겹으로 둘러싸여 있어 오염 물질의 흡착력이 커 환경오염을 줄일 수 있는 유용성을 가지고 있다(Lee, 2004; Furuhashi et al., 2009). 그러나 굴 패각을 적절한 방법으로 처리하여 굴 패각분말(oyster shell powder)을 이용하여 한우분에 적용하여 퇴비로서 가치를 평가한 연구는 거의 없다.

따라서 본 연구에서는 실험실 연구를 중심으로 굴 패각분말을 한우분에 첨가하여 저장기간에 따라 분의 특성과 미생물에 미치는 영향을 조사하고, 환경경영측면에서 버려지고 있는 굴 패각분을 자원화 방안으로 한우분의 유기질비료(퇴비)로서 가치를 평가하기 위하여 기초자료와 정보를 제공하는 것을 목적으로 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험 설계

본 실험에 사용한 우분은 2020년 10월 경남 사천시 소재 한우 농장에서 채취하였다. 시험에 이용된 패각분은 천연 이온 100% 칼슘파우더로 (주)엔카시스템으로부터 공급받았다. 3시험구는 패각분을 첨가하지 않은 시험구(0%)를 대조구로 하고, 패각분을 0.5%와 1% 첨가한 시험구(0.5%)였다. 시험구 별로 한우분에 200 g씩 3반복하여 총 9개의 샘플을 제조하였으며, 8일간 상온에서

저장한 상태로 유지하였다.

2.2. 한우분 특성 분석

한우분의 특성인 건물, 유기물 및 조회분 함량은 0, 2, 4 및 8일에 5 g의 샘플을 채취하여 분석에 이용하였다. 건물 함량은 먼저 AOAC법(1990)에 준하여 시료를 105°C 건조기(OF-22GW, JEIO TECH, Korea)에서 24시간 동안 건조하여 수분 함량을 측정 후 계산하였다. 조회분과 유기물 함량은 회화로(muffle furnace)를 이용하여 550°C에서 4시간 동안 가열하여 시료 무게 전·후 차이로 계산하였다.

2.3. 미생물 성장 및 발효특성

미생물은 배양 0, 2, 4 및 8일에 채취한 우분 1 g과 멸균 희석액(0.84% NaCl)으로 10진 희석법에 따라 희석 후 균수 측정을 위하여 각 희석 단계의 희석액을 사용하였다. 유산균(LAB, Lactic Acid Bacteria)은 Lactobacilli MRS agar media (MRS, Difco, Detroit, MI, USA)에 희석액 100 µL를 도말하여 30°C에서 48시간 배양 후 균수(log₁₀ cfu/g)를 측정하였다. 고초균(*Bacillus subtilis*)은 Luria bertani agar (LB Agar, Difco Laboratories, MI, USA)를 이용하였고, 효모(yeast)는 Potato dextrose agar (PDA, Difco, Detroit, MI, USA)를 이용하여 분석하였다. 살모넬라(*Salmonella*)와 대장균(*E.coli*)은 SS agar (Difco Laboratories, MI, USA)와 Violet red bile agar (VRB agar, Difco Laboratories, MI, USA)에 희석액 100 µL를 도말하여 유산균과 같은 방법으로 균수(log₁₀ cfu/g)를 측정하였다. 분석은 3반복으로 수행하였으며, 반복들의 평균값은 통계분석에 이용하였다.

2.4. 통계처리

본 시험에서 얻어진 결과는 저장기간(0, 1, 2, 4 및 8일)과 첨가수준(0, 0.5 및 1)의 계수를 분석한 후 PROC GLM SAS program(v. 9.1 program, 2002)을 이용하였다. Tukey test (P<0.05)로 처리구 간 유의성 검정을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

Table 1은 굴 패각분말을 한우분에 첨가 시 저장기간에 따라 건물, 유기물 및 조회분 함량 결과를 요약하였다. 굴 패각분말을 처리한 결과는 2일과 8일에서 통계적

Table 1. Effects of oyster shell powder on dry matter, organic matter, and crude ash of Hanwoo manure (% DM)

	Additives (%)			SEM	Significance
	0	0.5	1		
0 day					
Dry matter	26.8	30.3	29.6	1.674	NS ¹
Organic matter	85.0	84.6	83.6	0.762	NS
Crude ash	15.0	15.4	16.4	0.762	NS
2 day					
Dry matter	27.6 ^c	29.8 ^b	31.4 ^a	0.486	*
Organic matter	84.9 ^a	83.9 ^{ab}	83.5 ^b	0.565	*
Crude ash	15.1 ^b	16.1 ^{ab}	16.6 ^a	0.565	*
4 day					
Dry matter	30.8	28.9	31.7	1.133	NS
Organic matter	84.0	83.2	83.3	0.633	NS
Crude ash	16.0	16.8	16.6	0.633	NS
8 day					
Dry matter	28.6 ^b	30.1 ^{ab}	31.3 ^a	0.546	*
Organic matter	85.0 ^a	83.0 ^b	81.6 ^b	0.663	*
Crude ash	15.0 ^b	17.0 ^a	18.4 ^a	0.663	*

^{a-c}Means in the same row with different superscripts differ significantly.

¹NS: not significant.

*P<0.05.

차이가 인정되었으며($p<0.05$), 0일과 4일에서는 영향을 주지 않았다($p>0.05$). 건물과 조회분 함량은 대조구보다 굴 폐각분말의 처리구에서 높았지만, 유기물 함량은 반대의 결과를 보여주었다. 이런 패턴은 모든 처리구에서 저장 기간에 따라 비슷하였다. 일반적으로 퇴비화 과정에서 수분 감소는 미생물 대사열과 밀접한 관련성이 있으며 이를 통해 열 손실이 발생되며 유기물 분해와 연결된다(Miller and Finstein, 1985). 또한 유기물 함량이 높은 경우 축분의 퇴비화를 지연시키는 원인이 되기도 한다. 특히, 본 연구에서 유기물 함량이 감소되는 이유는 굴 폐각분말 처리가 한우분에 함유된 수분의 흡착과 미생물의 상호 작용의 결과로 이는 결국 수분 함량이 감소된 결과로 연계된다.

저장 기간에 따른 굴 폐각분말 처리 시 한우분에 함유된 미생물상의 변화는 Table 2에 제시하였다. 4일에 측정된 효모균을 제외한 나머지 기간에서는 모든 처리구에

서 통계적 유의성이 인정되지 않았다($p>0.05$). 이 결과는 굴 폐각분말 처리는 유산균, 효모균 및 고초균에 크게 영향을 주지 않는다는 것을 의미한다. 우리의 결과는 한우분에서 측정된 0일과 2일에서는 고초균 수가 가장 많았고 그 다음은 유산균과 효모균 순으로 나타났다. 4일과 8일에서는 유산균 수가 가장 많았고 고초균 수, 효모균 수 순으로 나타나 앞의 결과와 반대의 결과를 보여주었다. 이는 퇴비화 과정에서 나타나는 현상으로 미생물들의 상호 경쟁으로 보여진다. Kim et al.(2004)와 EPA (1998)에서는 퇴비 내에서 다양한 미생물이 상호 공존을 통해 토양에 환원할 경우 토양 내 미생물의 대사산물에 의한 효소활성이 증대되어 작물에 유익한 영양분을 제공한다고 보고한 바 있다.

굴 폐각분말 처리 시 한우분에 함유된 병원성 미생물에 대한 결과는 Table 3과 같다. 전체적으로 살모넬라와 대장균은 굴 폐각분말에 처리했을 경우 통계적 유의성은

Table 2. Effects of oyster shell powder on microbial counts of Hanwoo manure (log₁₀ cfu/g)

	Additives (%)			SEM	Significance
	0.0	0.5	1.0		
0 day					
Lactic acid bacteria	6.58	6.91	6.69	0.197	NS ¹
Yeast	6.32	6.50	6.82	0.165	NS
<i>Bacillus subtilis</i>	7.58	7.41	7.54	0.137	NS
2 day					
Lactic acid bacteria	6.27	6.60	6.37	0.257	NS
Yeast	6.48	6.43	6.46	0.068	NS
<i>Bacillus subtilis</i>	7.41	7.40	7.40	0.170	NS
4 day					
Lactic acid bacteria	7.39	7.67	7.61	0.237	NS
Yeast	5.08	4.55	4.60	0.372	NS
<i>Bacillus subtilis</i>	6.31 ^b	6.66 ^a	6.41 ^b	0.084	*
8 day					
Lactic acid bacteria	7.39	7.50	7.59	0.208	NS
Yeast	5.28	5.24	5.37	0.202	NS
<i>Bacillus subtilis</i>	6.10	6.41	6.13	0.133	NS

^{a-b}Means in the same row with different superscripts differ significantly (P<0.05).

¹NS: not significant.

*P<0.05.

Table 3. Effects of shellfish powder on pathogenic microbial counts of Hanwoo litter (log₁₀ cfu/g)

	Additives (%)			SEM	Significance
	0.0	0.5	1.0		
0 day					
<i>salmonella</i>	5.48	5.35	5.18	0.143	NS ¹
<i>E. coli</i>	4.77	4.79	4.76	0.334	NS
2 day					
<i>salmonella</i>	5.12	5.59	5.37	0.235	NS
<i>E. coli</i>	4.63	4.33	4.12	0.263	NS
4 day					
<i>salmonella</i>	4.25	4.35	3.90	0.397	NS
<i>E. coli</i>	4.30	4.58	4.24	0.562	NS
8 day					
<i>salmonella</i>	4.43	4.48	4.03	0.370	NS
<i>E. coli</i>	4.18	4.49	4.20	0.206	NS

¹NS: not significant.

없었고($p>0.05$) 저장기간 동안 두드러진 특징은 관측되지 않았다. 흥미로운 점은 저장기간에 따라 살모넬라와 대장균 수는 감소되는 경향을 보이고 있으며, 이는 퇴비화 되는 과정의 일부분으로 보여진다.

4. 결론

본 연구에서는 실험실 연구를 통해 환경경영 개선과 자원화를 위해 폐기물로 버려지는 굴 폐각을 분말로 만들어 한우분에 첨가 시 저장기간에 따라 유기질 비료로서 가치를 평가하기 위해 한우분의 특성과 미생물에 어떠한 영향을 미치는지 조사하였다. 저장기간에 따라 분석한 건물과 조회분 함량은 대조구보다 굴 폐각분말 처리구에서 높았지만, 유기물 함량은 반대의 결과를 보여주었다. 이런 경향은 퇴비화 과정과 밀접한 관련성이 있다. 그러나 미생물(유산균, 효모균 및 고초균)과 병원성 미생물(살모넬라와 대장균)의 경우 저장기간에 따라 한우분에 굴 폐각분말 처리는 두드러진 영향을 관측하지 못했다. 결론적으로, 굴 폐각분말 1% 처리는 퇴비화 과정에서 미생물보다 한우분의 특성에 긍정적인 영향을 미쳤다. 그러나 생산성 면에서 굴폐각 처리를 위해 한우분에 적용시 유기질비료로서 가치를 재평가하기 위해서는 첨가 비율, 퇴비화 과정에서 미치는 영향, 악취저감 등 다른 관전에서의 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품기술기획평가원 축산현안대응 산업화기술개발사업(과제번호: 321083-05-1-HD040)의 지원에 의해 이루어졌습니다.

REFERENCE

- Baek, E. Y., Lee, W. G., 2020, A Study on the rational recycling of oyster-shell, *J. Fish. Bus. Adm.*, 51, 071-087.
- EPA., 1998, An Analysis of composting as an environmental remediation technology, EPA530-R-98-008, Washington, DC.
- Furuhashi, T., Schwarzingler, C., Miksik, I., Smrz, M., Beran, A., 2009, Molluscan shell evolution with review of shell calcification hypothesis, *Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol.*, 154, 351-371.
- Hwang, Y. S., Kim, S. H., Shin, T. S., Cho, J. H., Lee, I. S., Oh, K. S., 2015, Volatile flavor constituents of cooked oyster sauce prepared from individually quick-frozen oyster *crassostrea gigas* extract, *Korean J. Fish. Aquat. Sci.*, 48, 668-673.
- Kim, J. S., Jung, N. Y., Jang, S. J., Lee, H. J., Park, S. H., Kim, M. J., Heu, M. S., 2015, Characteristics of the shells and calcined powders from the butter clam *Saxidomus purpuratus* and littleneck clam *Ruditapes philippinarum* as a natural calcium resource, *Korean J. Fish. Aquat. Sci.*, 48, 168-177.
- Kim, T. I., Song, J. I., Yang, C. B., Kim, M. K., 2004, Studies on a factor affecting composts maturity during composting of swine manure, *J. Anim. Sci. & Technol.*, 46, 261-272.
- Kwon, Y. T., Lee, C. W., Yun, J. H., 2009, Development of vermicast from sludge and powdered oyster shell, *J. Clean Prod.*, 17, 708-711.
- Lee, H. S., 2004, A Study on calcinations characteristics of *corbicula japonica* and *ostrea virginica*, *Kor. J. Env. Hlth.*, 30, 427-431.
- Miller, F. C., Finstein, M. S., 1985, Materials balance in the composting of wastewater sludge as affected by process control. *J. Wat. Pollut. Contr. Fed.*, 57, 122-127.
- SAS, 2002, SAS/STAT Software for PC. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Seco, N., Fernandez-Sanjurjo, M. J., Nunez-Delgado, A., Alvarez, E., 2014, Spreading of mixtures including wastes from the mussel shell treatment industry on an acid soil: effects on the dissolved aluminum species and on pasture production, *J. Clean Prod.*, 70, 154-163.
- Professor. Hong-Hee Chang
Department of Animal Science, Gyeongsang National University
hhchang@gnu.ac.kr
- Doctor's course. Young-Ho Joo
Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University
wn5886@gmail.com
- Undergraduate. Myeong-Ji Seo
Department of Animal Science, Gyeongsang National University
audwltj@naver.com

-
- Undergraduate. Ji-Yoon Kim
Department of Animal Science, Gyeongsang National University
in42869@naver.com
 - Graduate student. Seong-Shin Lee
Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University
seongshin73@gmail.com
 - Master's course. Jeong-Seok Choi
Division of Applied Life Science (BK21Four), Gyeongsang National University
x47677105@gmail.com
 - Master's course. Seung-Min Jeong
Division of Applied Life Science (BK21Four), Gyeongsang National University
tmdals8077@naver.com
 - Master's course. Hyeon-Tak Noh
Division of Applied Life Science (BK21Four), Gyeongsang National University
nht1647@gmail.com
 - Professor. Sam-Churl Kim
Division of Applied Life Science (BK21Plus, Insti. of Agric & Life Sci.), Gyeongsang National University
kimsc@gnu.ac.kr