ORIGINAL PAPER 원저

# 지렁이 분말과 음식물쓰레기 부산물을 이용한 해수 사료화 연구

안승렬†

동아대학교 공과대학 환경공학과

(2011년 6월 20일 접수, 2011년 6월 26일 수정, 2011년 6월 27일 채택)

# Study on making feed for sea fish using earthworm powder and foodwaste product

An Seung-Ryul†

Department of Environmental Engineering, Dong-a University

## ABSTRACT

This study was conducted for the purpose of examining stable disposal of foodwaste and possibility of multilateral use of its by-product by mixing earthworm powder and by-product generated from food waste disposal for making feed for sea fish. As a result of the study, content of crude protein (25.93%, 69.72%), crude lipid (16.91%,6.39%) crude ash (15.38%, 5.30%) in by-product of food waste and earthworm powder was higher than that in fish meals manufactured in the country, and it was judged that it is available to make good feed as a source of fatty acid as it contained C18:1n9c, 1n9t and c16:0.

As for stability as a raw material for feed, it was shown that the stability was high when using the product as a raw material for feed not exceeding the standard of test items, and though change of content and ingredients to mixing ratio, it was shown that mixed specimen of fertilizer (S6) was higher, showing that it has great utilization in the future. Also, as it has more content of registered ingredients than any other raw materials for feed manufactured in the country, it is possible to be used as a substitute when manufacturing feed for sea fish. Therefore, it is judged that various studies such as economic analysis and technology of possible manufacturing will be needed in the future.

Keywords : Foodwaste, Earthworm powder, Crude protein, Crude lipid, Crude ash

†Corresponding author : leehangah@hanmail.net

## 초록

본 연구는 지렁이 분말을 이용하여 음식물쓰레기 처리 후 발생되는 부산물과 혼합하여 해수류 어류 사료로 활용하여, 음식물쓰레기 염분문제, 영양소 문제 및 수입사료 대체 효과를 통하여 음식물쓰레기의 안정적 처리와 부산물의 다각도 활용도 가능성을 목적으로 행한 실험결과 음식물쓰레기 부산물 및 지렁이 분말의 조단백질(25.93%, 69.72%), 조지방(16.91%,6.39%) 및 조회분(15.38%, 5.30%) 등이 각각 국내 제조어분의 함량보다 높게 나타났으며 C18:1n9c, 1n9t 및 c16:0등의 함유로 지방산 공급원으로 좋은 원료로 사용 가능 할 것으로 나타났다.

사료원료의 안정성은 검정항목의 기준치 이하로 사료원료 활용시 안정성이 높은 것으로 나타났으며 음식물쓰레기 부산물과 지렁이 분말을 각각 S1=5:5, S2=6:4, S3=9:1, S4=8:2및 S5=7:3의 비율과 음식물쓰레기:지렁이 분말:분변토의 혼합비를 각각7:1:2로 하였을때 부산물 혼합비율에 대한 성분의 함량 변화는 크지 않았으나 조회분, 조섬유 및 조지방 등의 항목에서는 분변토 혼합시료(S6)가 높게 나타나 향 후 분변토 활용도 가능성이 높은 것으로 나타났다. 또한 전체적으로 등록성분의 조단백질, 조지방, 조회분 및 조섬유의 함량이 국내 제조 타 시료원료 보다 성분 함량이 높아 해수 사료 제조시 어분 대체 물질로 가능 한 것으로 나타나 향 후 경제성 분석 및 제조 가능 기술 등 다양한 연구가 필요한 것으로 판단된다.


핵심용어 : 음식물쓰레기, 지렁이 분말, 조단백질, 조지방, 조회분

## 1. 서 론

2005년 1월 음식물쓰레기 직매립 금지 이 후 최근 분리 배출의 정착화와 국민 생활수준 향상 및 웰빙문화 확산으로 인한 과일 채소류 등의 소비증가로 2005년 12,9770톤/일에서 2009년 14,119톤/일으로 점차적 음식물쓰레기 발생량이 증가하고 있는 추세이다[1]. 그러나 환경법 강화(폐기물관리법)에 의해 2005년부터 음식물쓰레기 매립지의 직매립이 금지되었으며 그 이후 한해 약 165만톤을 바다에 투기하였으며, 해수부는 "해양오염방지법" 시행규칙에 고형물 함량 5% 이상(함수율 95%이하)의 음식물류폐기물은 해양배출 금지 방침과 아울러 2007년 7월 1일부터 시행에 들어가 음식물쓰레기 처리에 어려움을 겪고 있다. 한편 음식물쓰레기는 매립, 소각, 재활용 등으로 처리가 되고 있으며 처리시 재활용 우선 순위를 고려해야 한다. 재활용방법은 사료화(45.2%), 퇴비화(44.9%) 등으로 이루어지고 있으나 사료시 영향 불균등으로 가축사료의 활용도 저하 및 축산농가의 기피 현상과 토양개량제, 퇴비로 재활용시 음식물쓰레기 수분조절을 위한 Bulking Agent 확보 및 염분 문제 등 많은 문제점이 나타나 생산된 퇴비 및 사료는 사용처를 찾지 못해 다시 매립시키는 환경적, 경제적 이중낭비를 초래하고 있는 실정으로 음식물쓰레기 처리 후 생산되는 부산물의 다양한 사용처가 필요한 시점이다[2),3)].

어류양식에 있어 사료비는 어류양식 총 생산비의 50% 이상을 차지하므로 경제적으로 매우 중요하며 양식에 의한 수질오염은 급여되는 사료로부터 유래하기 때문에 생산성과 환경보호 양 측면에서 가장 우선적으로 고려되어야 할 사항이다. 그러나 주요 해산물 어류 어류양식용으로 냉동 생사료를 주로 사용하고 있으므로 연안 어족자원 고갈 및 양식장 주변 수질오염이 심각하다. 또한 국내에서 시판되고 있는 배합사료의 품질이 생사료에 미치지 못하기 때문에 상업적으로 개발된 사료가 있더라도 양식장에서는 대부분 미국, 칠레, 중국 등 수입에 의존하고 있어 가격상승에 따른 어류양식 경쟁력 향상에 막대한 피해를 끼치고 있는 실정이다[4),5)].

이에 본 연구는 음식물쓰레기 처리 후 생성되는 부산물의 안정적 및 다양한 사용처 확보를 목적으로 부산물의 염분 및 영양부족 등의 문제점을 고단백질의 지렁이 분말[6)]을 혼합하여 해수 어류의 사료로 활용, 제조 사료의 특성 분석을 통한 가능성 조사와 음식물쓰레기 부산물과 지렁이 분말의 적정 혼합비 등을 조사하여 고품질 배합사료 시제품 제작의 가능성을 목적으로 본 연구를 수행하였다.

## 2. 실험 재료 및 방법

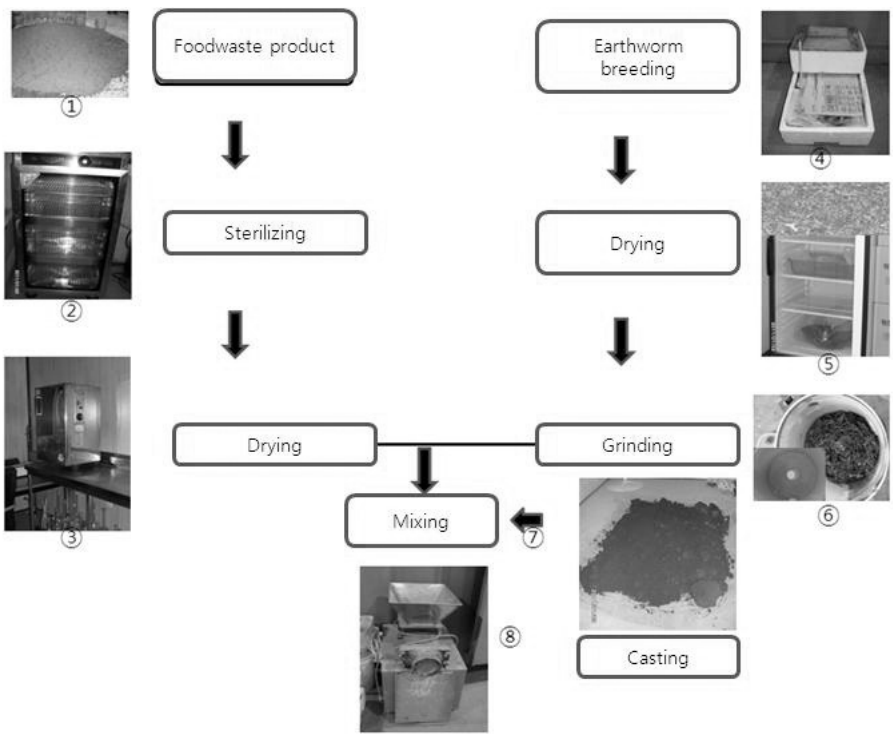
### 2.1 실험재료

본 실험에 사용한 음식물쓰레기는 부산시 D구에서 배출되는 음식물쓰레기를 음식물쓰레기 일 100톤 처리가 가능한 음식물쓰레기 처리 시설에서 투입→저장→이송→자동파쇄 & 선별,교반→미세 파쇄 & 선별→탈수 등의 공정을 거친 음식물쓰레기 부산물([Fig. 1] 공정도 ①)을 사용하였다. 또한 첨가되는 지렁이는 김해 지렁이 양식장에서 사육 후 낚시미끼로 판매되는 지렁이를 풍건 후 분쇄하여 사용하였다([Fig. 1] 공정도 ⑥).

### 2.2 실험 및 분석방법

사료원료는 단백질원료, 탄수화물원료, 지질원료 및 무기질 원료 등으로 분류되며 본 연구에서는 양식용 배합사료에 많이 사용되고 있는 사료 원료의 일반성분(수분, 조단백질, 조지질, 조회분, 조섬유, 열량), 미량영양소(칼슘, 인, 셀레늄, 아미노산, 지방산) 및 안정성성분(크롬, 납, 카드뮴, 비소) 분석을 통하여 음식물쓰레기 부산물 및 지렁이 분말의 이화학적 특성조사를 하였다. 또한 혼합 처리후 제조 사료는 어류 검정기준의 등록성분 중에 조단백질, 조지질, 조회분, 조섬유를 분석하였으며 실험은 [Fig. 1]과 같은 공정으로 행하였다.

시료의 아미노산과 지방산은 각각 전처리 후 Amino acid analyzer S433(Sykam, Germany)와 Thermo Finnigan Trace GC(Made in U.S.A) 기기를 이용하여 분석하였으며 조회분은 직접회화법, 조지방은 1043 Soxtec System HT를 이용한 ether 추출법으로 분석하였다. 또한 조단백질은 FOSS 2200 system을 이용한 Kjeldahl method으로 조섬유는 산, 알칼리 분해법으로 분석하였다. Cd, Pb, As, Cr과 Hg는 각각 사료표준분석법 및 식품공전에 준하여 분석하였다.




[Fig. 1] Flow sheet of experiment method.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 사료원료의 일반성분 특성

배합사료 제조시 중요한 영영성분인 조단백질, 조지방, 조회분의 성분을 분석한 결과 [Table 1]에 나타난 바와 같이 조단백질은 음식물쓰레기 부산물과 지렁이 분말이 각각 25.93%, 69.72%로 나타났으며 지렁이 분말은 일반적으로 국내에서 제조된 어분의 조단백질 함량 범위인 52~56%[7] 보다 높게 나타났다. 한편 명태류를 원료로 제조한 백색어분의 조지방 및 조회분의 함량이 6,62%, 15.14%로 알려져 있는데[8] 음식물쓰레기 부산물의 조지방 및 조회분의 값이 높게 나타나 배합원료 활용시 영양가치가 있을 것으로 판단된다.

### 3.2 사료원료의 미량원소 특성

사료원료의 미량영양소의 아미노산 조성 분석결과 [Table 2]에 나타난 바와 같이 Asp는 높은 함량이 나왔으나 Tys는 함량이 낮게 나타나 사료 혼합시 주의

[Table 1] Physico-camical Properties of Foodwaste Product and Earthworm Powder

| Materials | Foodwaste product | Earthworm powder |
|---|---|---|
| Crude protein(%) | 25.93 | 69.72 |
| Crude Lipid(%) | 16.91 | 6.39 |
| Crude ash(%) | 15.38 | 5.30 |

[Table 2] Amino Acid Properties of Foodwaste Product and Earthworm Powder

| Materials | Foodwaste product | Earthworm powder |
|---|---|---|
| Asp | 2.17 | 5.87 |
| Thr | 0.99 | 2.74 |
| Ser | 1.04 | 2.69 |
| Glu | 3.39 | 2.67 |
| Pro | 1.56 | 2.35 |
| Gly | 1.82 | 2.71 |
| Ala | 1.67 | 2.91 |
| Val | 1.31 | 3.02 |
| Ile | 1.05 | 2.72 |
| Leu | 1.77 | 4.52 |
| Tys | 0.59 | 1.51 |
| Phe | 1.04 | 2.60 |
| His | 1.06 | 2.07 |
| Lys | 1.44 | 3.64 |
| Arg | 1.38 | 3.65 |
| Total | 22.28 | 50.66 |

[Table 3] PUFA Properties of Foodwaste Product and Earthworm Powder

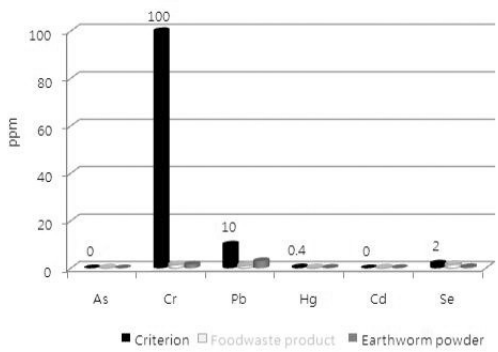
| Materials | Foodwaste product | Earthworm powder |
|---|---|---|
| Butyric acid C4:0 | – | – |
| Caproic acid C6:0 | – | – |
| Caprylic acid C8:0 | – | – |
| Capric acid C10:0 | – | – |
| Undecanoic acid C11:0 | – | – |
| Lauric acid C12:0 | – | 12.464 |
| Tridecanoic acid C13:0 | – | – |
| Myristic acid C14:0 | 2.520 | 7.696 |
| Myristoleic acid C14:1 | – | – |
| Pentadecanoic acid C15:0 | – | – |
| cis-10-Pentadecanoic acid C15:1 | – | – |
| Palmitic acid C16:0 | 21.451 | 9.378 |
| Palmitoleic acid C16:1 | 3.754 | 3.105 |
| Magaric acid C17:0 | 0.452 | 3.675 |
| Magaroleic acid C17:1 | – | – |
| Stearic acid C18:0 | 7.695 | 11.264 |
| Oleic Elaidic acid C18:1n9c,1n9t | 33.840 | 18.502 |
| Linoleic acid C18:2n9c | 20.100 | 10.656 |
| Linoleladic acid C18:2n9t | – | – |
| y-Linoleledic acid C18:3n6,9,12c | 2.762 | 1.533 |
| Linoleledic acid C18:3n9,12,15c | 0.470 | – |
| Arachidic acid C20:0 | – | – |
| Eicosenoic acid C20:1 | – | 8.859 |
| Eicosadienoic Acid C20:2 | – | 2.784 |
| cis-11,14,17-Ecosatrienoicacid C20:3 | 0.540 | 5.830 |
| Arachidonic Acid C20:4 | – | – |
| Heneicosanoic acid C21:0 | 1.977 | 4.255 |
| EPA C20:5 | 1.073 | – |
| Behenic acid C22:0 | – | – |
| Erucic acid C22:1 | – | – |
| cis-13,16-Docosadienoic acid C22:2 | – | – |
| Tricosanoic acid C23:0 | – | – |
| Lignoceric acid C24:0 | – | – |
| Nervonic acid C24:1n15c | 3.364 | – |
| DHA C22:6n3 | | – |
| Total | 100 | 100 |

가 요구된다. 원료별 지방산은 [Table 3]에 나타난 바와 같이 C18:1n9c, 1n9t 및 c16:0 등이 다량 함유하고 있어 어류의 필수 지방산 공급원으로 좋은 원료로 사용 가능 할 것으로 판단된다. 무기물 성분 중 칼슘과 인은 1% 이하로 낮은 함량을 보였으며 셀레늄은 지렁이 분말에서 5,926ppb로 일반적 식물성 원료의 0.5ppm보다 높게 나타났다[Table 4].

### 3.3 사료원료의 안정성 성분 특성

양식사료의 검정항목은 등록성분과 안정성 관련성분 및 기타성분으로 분류 되어 있다. 본 연구에서는 안정성 관련성분을 검정항목의 기준과 비교평가를 위하여 As, Cr, Pb, Hg, Cd 및 Se을 분석한 결과 음식물쓰레기 부산물과 지렁이 분말이 각각 0, 1.42, 1.04, 0.1, 0 및 1.5ppm와 0, 1.6, 3.01, 0.2, 0.1 및 0.5pp의 범위로 [Fig. 2]에 나타난 바와 같이 전체적으로 기준치 이하로 나타나 사료원료로 활용시 안전성이 높은 것으로 판단된다.

### 3.4 사료 원료비의 혼합비에 따른 특성변화




[Fig. 2] Safety elemental properties of foodwaste product and earthworm powder.

사료원료의 혼합비에 따른 시제품의 영양소 변화와 향 후 적정 혼합비율 파악을 목적으로 음식물쓰레기 부산물과 지렁이 분말을 각각 S1=5:5, S2=6:4, S3=9:1, S4=8:2및 S5=7:3의 비율로 혼합하였고 S6은 분변토의 미생물학적 특성 활용 가능성 파악 및 수분 조절제 용도를 목적으로[9] 음식물쓰레기 부산물:지렁이 분말:분변토를 7:1:2 비율로 혼합 제조 후 사료 검정항목에 등록성분인 조단백질, 조지질, 조회분 및 조섬유를 분석한 후 국내 시판되고 있는 타 시료 원료와 비교 검토하였다. 조단백질은 [Fig. 3]에 나타난 바 같이 혼합비율에 따라 51.59(S1)~30.28(S6)%의 범위로 음식물쓰레기 혼합비율이 높을수록 높게 나타났으며 수입원료(70%)보다는 낮지만 국내 원료보다 높은 것으로 나타났다. 조지방은 [Fig. 4]에 나타난 바 같이 15.06(S3)~9.06(S1)%의 범위로 혼합 비율에 따른 편차는 낮은 것으로 나타났으며 전체적으로 평균 11.89%의 범위로 타 시료원료 보다 높을 것으로 나타났다. 조회분은 [Fig. 5]에 나타난 바 같이 평균 13.48%로 타시료보다 대체로 낮으나 S6의 시료의 함량은 수입원료의 함량보다 높은 것으로 나타났다. 이는 분변토의 혼합에 따른 것으로 판단된다. 조섬유는 [Fig. 6]에 나타난 바 같이 6.33(S6)~2.48(S1)%의 범위로 분변토가 혼합된 시료의 함량이 높은 것으로 나타났으며 조섬유 함량이 평균 4.23%로 타원료의 함량보다 높은 것으로 나타났다. 전체적으로 혼합비율에 따른 각 성분 비율은 변화가 크지 않았으나 일부 분변토 혼합 시료의 조회분, 조섬유 및 조지방의 함량이 높게 나타나 분변토의 활용도가 필요할 것으로 판단되며 성분 함량 분석을 통하여 사료 원료의 대체가 가능한 것으로 판단된다.

## 4. 결론

[Table 4] Inorganic Matter Properties of Foodwaste Product and Earthworm Powder

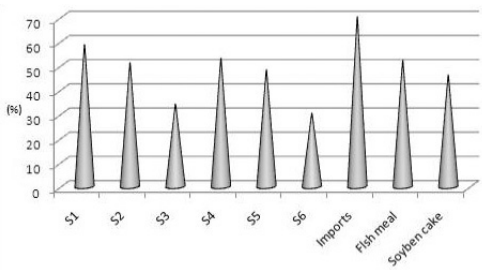
| Materials | Foodwaste product | Earthworm powder |
|---|---|---|
| Ca(%) | 1.25 | 0.46 |
| P(%) | 0.38 | 0.89 |
| Se(ppb) | 151.51 | 5926.31 |

본 연구는 지렁이 분말을 이용하여 음식물쓰레기 처리 후 발생되는 부산물과 혼합하여 해수류 어류 사료로 활용하여, 음식물쓰레기 염분문제, 영양소 문제 및 수입사료 대체 효과를 통하여 음식물쓰레기의 안정적 처리와 부산물의 다각도 활용도[10] 가능성을 목적으로 행한 실험결과 다음과 같다.

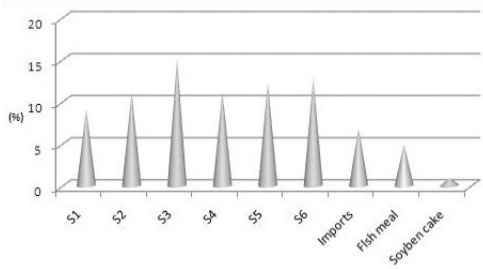
1. 실험에 사용한 음식물쓰레기 부산물 및 지렁이 분말의 조단백질, 조지방 및 조회분 등이 국내 제조어분의 함량보다 높게 나타나 해수 어류의 사료 제조시 기존 사용되고 있는 어분 사료의 대체가 가능한 것으로 나타났다.
2. 사료원료는 어류의 필수 지방산 공급원으로 좋은 원료로 사용 가능 할 것으로 나타났으며 무기물 성분 중 칼슘과 인은 1% 이하, 셀레늄은 지렁이 분말에서 5,926ppb로 일반적 식물성 원료의 0.5ppm보다 높게 나타났다
3. 사료원료의 안정성은 검정항목의 기준치 이하로 사료원료 활용시 안정성이 높은 것으로 나타났으며 음식물쓰레기 부산물과 지렁이 분말의 혼합비율에 대한 등록성분의 조단백질, 조지질, 조회분 및 조섬유 함량 변화는 크지 않았으나 분변토 혼합시료(S6)가 높게 나타나 향 후 분변토 활용도 가능성이 높은 것으로 나타났다. 또한 전체적으로 등록성분의 함량이 국내 제조 타 시료원료보다는 함량이 높아 해수 사료 제조시 대체 물질로 가능 한 것으로 나타나 향 후 경제성 분석 및 제조 가능 기술 등 다양한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

## 참고문헌

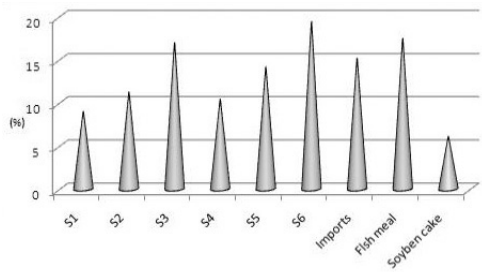

1. 국립과학원, 2010년 전국폐기물발생통계조사, (2010).
2. 축산기술연구소, 남은음식물사료화심포지움, (1999).
3. 배재근, 음식물류폐기물퇴비화시설의 운영현황과 발전방향, pp. 51~74 (2004).
4. 국립수산과학원, 해산어 영양 연구 및 실용배합사료 개발, (2007).
5. Vinson, J. A., The functional food properties of figs. Cereal Food World 44, 82~87 (1999).
6. 한국지렁이산업협의회, 지렁이를 이용한 친환경 녹색기술 심포지움, pp. 1~195(2010).

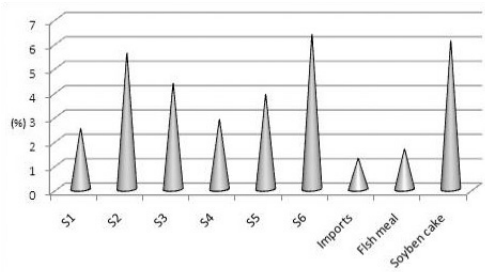

[Fig. 3] Crude protein.




[Fig. 4] Crude lipid.




[Fig. 5] Crude ash.




[Fig. 6] Crude fibre.

7. 농림수산식품부, 고효율 배합사료 개발 및 실용화 연구 - I ,(2009).
8. 김강웅 외3인, 넙치성어기 배합사료 및 생사료 사육효과 비교, 한국양식학회지, Vol. 19(3) pp. 173~177(2006).
9. 한국지렁이산업협의회, 지렁이를 이용한 친환경 심포지움, (2009).
10. Stavric, B. Chemopreventive agents in foods, InFunctionality of Food Phytochemicals; Johns, T, Romeo, J. T., Eds; Plenum press, New York. pp. 53~87 (1997).