

고속건조기에 의한 수산폐기물 완전처리장치 개발

한두희^{1*}

¹청운대학교 건축공학과

Development of Perfect Recycling Equipment for Sea Fish Waste

Doo Hee, Han^{1*}

¹Dept. of Architectural Engineering, Chungwoon University

요 약 수산시장이나 어항에서 발생하는 수산폐기물을 수거하여 처리하는 과정은 긴 시간과 불결한 처리로 악취 발생 및 비위생적인 면이 많아 민원의 대상이 되어 왔다. 이것을 수거하여 완전 처리하는 기술을 적용하면 비위생에 대한 민원이 없어지고 자원재활용의 비율을 확실히 높일 수 있다. 본 논문에서는 지방과 단백질이 풍부한 수산폐기물을 증류건조시켜, 고형물은 가축사료로 활용하고 응축수는 탈취제나 하수처리장의 외부탄소원으로 활용하는 완전 재활용 공법을 소개한다.

Abstract We proposed perfect recycling method of sea waste. The sea waste(rotten sea fish, rotten shell fish etc.) have bad smell and generate waste water, so these waste materials must be treated quickly. If we use speedy dryer, these sea waste can be changed to useful feed and liquid composts. Also this study relates to a method for drying a variety of untreated waste materials in a hermetically sealed state, and subsequently carbonizing the dried waste materials under a reduced pressure, thereby achieving a more stable and economical treatment for the waste materials, and an apparatus for performing the method. This effects of preventing generation of contaminants and environmental pollution while reducing fuel costs, and a carbide, obtained via the drying and carbonization of the waste material, are available into feed for poultry. The condensate water can be used to deodorants.

Key Words : Organic waste, Sea waste, Condensate water, Speedy dryer

1. 서론

수산시장이나 어항에서 발생하는 수산폐기물을 수거하여 처리하는 과정은 긴 시간과 불결한 처리로 악취 발생 및 비위생적인 면이 많아 민원의 대상이 되어 왔다. 이것을 수거하여 완전 처리하는 기술을 적용하면 비위생에 대한 민원이 없어지고 자원재활용의 비율을 확실히 높일 수 있다. 한편 음식물류폐기물 재활용처리시설에서 재활용품으로 생산한 퇴비나 사료는 수급 불균형 및 미숙성, 염분, 독성 등의 이유로 사용을 꺼리는 면이 있으며, 퇴비의 경우 제조 및 판매 허가를 얻어야 처리할 수 있게 되었다[1]. 이렇게 남은 재활용품은 다시 폐기물이

되어[2] 또 다른 처리방법이 필요하게 된다. 최근 청양군 및 횡성군 환경사업소에 소각로 열을 이용한 증류건조식 음식물류폐기물 처리시설이 설치되어 소각로 폐열을 적절히 이용하고, 탈리액 대신 응축수와 건조 탄화된 처리물이 만들어져 재활용할 수 있는 방안이 마련되었다. 또한 수협중앙회 등에서 민원의 대상인 수산폐기물의 악취 문제를 해결하고 완전재활용 할 수 있는 방안을 시범적으로 시행하려는 계획을 추진하고 있다. 본 논문에서는 지방과 단백질이 풍부한 수산폐기물을 증류건조시켜, 고형물은 가축사료로 활용하고 응축수는 탈취제나 하수처리장의 외부탄소원으로 활용하는 완전 재활용 공법을 소개한다.

*교신저자 : 한두희(hanknu@hanmail.net)

접수일 10년 01월 19일

수정일 10년 02월 22일

게재확정일 10년 02월 24일

2. 처리 공정 개선

2.1 종래 처리방법의 문제점

수산시장 등에서 발생하는 수산폐기물은 일부 수거되어 지방질은 분리하여 비누 등의 원료로 사용하고 남은 고형성분은 사료공장에 보내는 방법이 시행되고 있다. 그러나 항구 등의 어선에서 버려지는 불가사리 등의 쓸모 없는 수산폐기물은 경제성이 부족하여 쉽게 버려졌다. 태안군 등에서는 소형 건조장치를 사용하여 불가사리를 건조한 결과 분말 및 응축수로 만드는 과정을 시험하였으나 재활용 등에 대한 대안은 마련하지 못하였다.

2.2 개선 사항

한 번의 공정으로 건조 고형물과 응축수로 완전 분리 처리하도록 하였다. 이 경우 지방질 및 단백질을 그대로 보존하기 때문에 날리지 않는 부드러운 건조물과 유기산을 다량 함유한 응축수를 만든다. 처리 과정은 건조장치가 완전 밀폐형으로 공기 강제순환방식에 의한 건조 방법을 사용하기 때문에 악취 발생을 근본적으로 억제하도록 하였다. 건조 고형물은 영양분이 풍부한 건식 사료로 이용하고, 응축수는 메틸 알콜 등을 섞어 탈취제로 활용하거나 하수처리장에서 외부탄소원으로 활용하여 완전 재활용을 이룰 수 있도록 개선하였다.

전체적으로 밀폐 증류건조 방식을 사용하며 열교환장치 및 응축수 제조장치가 건조의 주된 역할을 한다. 공정의 특징을 요약하면, 외열 증류건조에 의한 불필요한 배기가스가 적고, 응축후 연소공기 이용으로 배기기류 처리 불필요하며, 오염물질은 투명한 응축수로 처리하므로 유지비용이 저렴하다는 것이다.



[그림 1] 고속건조장치 개념도

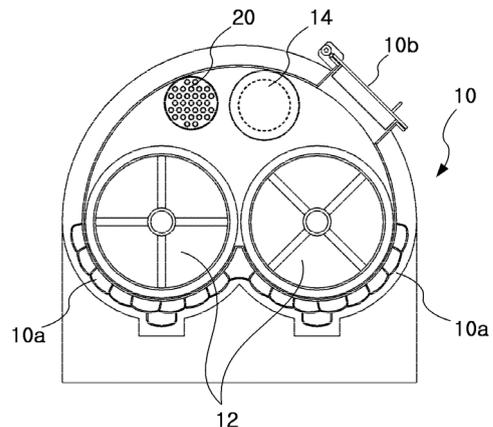
지자체별로 소각로는 많이 설치되어 있기 때문에 수산폐기물 등 유기성폐기물을 효율적으로 처리하는데 알맞은 처리방법으로 여겨진다. 건조된 고형성분은 단미사료의 원료로, 응축수는 탈취제, 액비 등으로 전량 소모될 수 있어 완전 재활용장치로 손색이 없다. 가동 원리는 그림 1에 간단히 설명되어 있다. 열원은 소각로 폐열을 활용한 스팀보일러가 되며 고속 건조장치의 하부로 들어가 저장 호퍼를 나온 음식물류폐기물을 교반 가열한다. 이때 발생

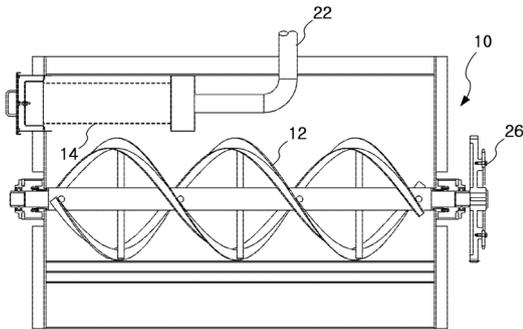
되는 증기는 열교환기 및 응축수 제조 장치를 통과하면서 건조된 공기로 바뀌어 다시 고속건조기로 순환된다. 건조물의 함수율이 5% 미만일 때 까지 계속 교반 및 가열을 시행한다. 충분히 건조된 후 지동스크린 방식에 의한 협잡물 제거장치를 통과하여 고형성분은 20kg 포대에 포장되고, 응축수는 저장 탱크에 저장된다. 전체적으로 밀폐된 공정을 가지고 있어 저장 호퍼 이외에서는 악취가 거의 없다. 여기에 핵심적인 역할을 하는 장치가 고속건조장치인데 회분식 장치로 한번 음식물류폐기물이 들어가면 밀폐된 상태로 운전된다.

3. 회분식 고속건조장치

3.1 고속건조장치의 설계

회분식 고속건조장치는 교반장치, 가열장치, 열교환 및 응축수 제조장치, 내부기류순환장치 등으로 구성된다. 그림 2는 회분식 고속건조장치의 설계 예를 보여준다. 교반장치(12)는 수산폐기물이 한 쪽으로 몰리지 않도록 두 개의 교반장치가 독립적으로 구동되도록 고안하였으며, 열자켓(10a)을 설치하여 스팀이 거조기 내부를 효율적으로 가열하며 스팀시설이 작동하지 않을 경우 전기 가열을 할 수 있도록 하였다. 열교환장치 및 응축수 제조장치(20,14)는 고온다습한 기체가 통과할 때 급냉시켜 응결을 유도하여 응축수는 외부로 배출하고 고온 건조한 기체는 내부로 재순환시켜 가열을 돕도록 한다. 이런 과정을 계속하면 고형물은 건조가 된다. 내부 가열온도는 80-100℃를 유지하도록 조절한다.





[그림 2] 회분식 고속건조기(상: 정면도, 하: 측면도, 10: 본체, 10a: 스팀자켓, 12: 수평교반기, 14: 분진제거망, 20: 열교환기, 22: 내부기류순환라인, 26: 구동기구)

3.2 시험기기 제작

시험기기는 1회 처리용량 기준으로 100kg/day 및 1ton/day의 설비를 제작하였고 이를 바탕으로 협력업체에 의하여 3ton/day(C군) 및 10ton/day(H군)의 실증 설비가 제작되었다. 이중나선 스크류는 교반을 원활하게 할 수 있도록 단면이 L자 모양을 하도록 하여 건조기 내벽에 찌꺼기가 달라 붙는 것을 방지하였다. 응축수 제조장비는 건조기 외부에 제작하였고 열교환 장치는 내부에 설치하여 건조효율을 높이도록 하였다. 그림 3은 고속건조기 제작에 사용된 부품들의 형상을 보여주고 있으며, 그림 4는 설치된 예를 보여준다.



[그림 3] 고속건조기 부품들



[그림 4] 고속건조기 설치 예(3ton/day)

건조공정을 간단히 요약하면 다음과 같다[5,6,7].

- 1) 음식물류 폐기물 분리수거 용기를 비치하여 수집한 후 수거차량으로 저장장소에 운반한다.
- 2) 수거차량으로 저장용 호퍼에 투입하여 밀폐후 일시 저장한다.
- 3) 투입저장 호퍼내의 음식물류 폐기물을 파쇄시킨다.
- 4) 파쇄기 내의 음식물류 폐기물을 밀폐된 이송기를 통하여 발효탱크로 이송하여 8시간 정도 발효시킨다.
- 5) 예열 저장 발효된 음식물류 폐기물을 고속발효건조기로 이송시켜 함수율을 5% 이하로 낮춘다.
- 6) 배출구를 통하여 선별장치에 이송하여 자동 선별 분리한다.

4. 샘플링 및 성분 검사

4.1 시험 가동

S 수산시장에서 수거한 냉동폐어류 및 내장 등으로 이루어진 수산폐기물을 사용하여 1ton/day 시험기기를 사용하여 건조시험을 실시하였다. 시험가동에는 조개, 소라 등 단단한 껍질을 가지고 있는 것들은 제외하였다. 수산폐기물만 건조할 경우엔 건조과정에서 지방성분의 영향으로 덩어리를 이루어 건조에 실패하였다. 이는 지방을 흡수할 성분이 부족한 것으로 판단되며 섬유질이 풍부한 버섯뿌리 건조분말을 혼합하여 건조하여 8시간 만에 1ton의 수산폐기물을 건조할 수 있었다.

4.2 시험 사료 제조

건조된 수산폐기물 분말을 20kg 포대에 포장하여 일시 보관하였다. 포장하기 전 큰 뼈 등의 이물질은 진동 선별기를 사용하여 제거하였다. 표 1은 건조된 수산폐기물의 화학적 성분을 나타내준다. 습기가 많을 경우 굳는

현상이 있어 보관은 환기가 잘되는 곳이 필요하였다.

[표 1] 수산폐기물 성분 및 열량

구분	화학적 성분(%)							발열량
	C	H	N	O	S	Cl	Ash	
계	41.1	7.1	3.32	33.0	0.45	2.24	13.2	5200cal/g

그림 5는 건조된 수산폐기물의 성상을 보여준다.



[그림 5] 수산폐기물 건조물

4.3 사료의 시험 적용

인근 축산 농가의 시험용 닭 5마리를 사용하여 사료를 적용하여보았다. 30일간 사용한 결과 폐사된 닭은 없었고, 발육이 왕성한 것을 확인하였다. 사료의 용도에 따른 최적화는 후후 추가적인 연구가 필요하다.



[그림 6] 시험용 닭

4.4 응축수 제조 실험

열교환기와 결합된 응축기는 정상적인 동작을 하였고 이와 아울러 제습기의 동작으로 응축기의 효과를 증대시켰다. 결과물로 나온 응축수는 유기산 함량이 풍부한 탄소원으로 탈취효과가 특히 뛰어나며 액비 및 하수처리시

설에서 외부탄소원으로 활용할 수 있다. 하지만 하수로 무단 방류하면 문제를 야기한다. 마치 소주를 정화하기 위하여 많은 물이 필요한 것과 같다[4,5]. 표 2와 표 3은 응축수의 성상을 나타내 준다.

[표 2] 수산폐기물 응축수 성분

폐물류	시안	크롬	용해성철	아연	구리(동)	카드뮴	수은	비소	납(연)	6가크롬	용해성망간	BOD	COD
불검출	불검출	0.1이하	2이하	1이하	0.01이하	불검출	불검출	불검출	0.01이하	0.1이하	0.01이하	5이하	10이하

[표 3] 응축수의 수질 분석

항목	응축수	비고
TCODcr(mg/L)	20,340	
SCODcr(mg/L)	20,067	
T-N(mg/L)	81	
NH3-N(mg/L)	73	
NO3-N(mg/L)	2-3	
T-P(mg/L)	10	
Ortho-P(mg/L)	10	
SS(mg/L)	ND	
VSS(mg/L)	ND	
TVFAs aas COD(mg/L)	9,340	

5. 응축수의 이용

5.1 탈취제 및 액비로 이용

조류독감으로 인하여 많은 양의 가금류가 매립되는 매립장에서 나는 악취를 해결한 것이 음식물류폐기물로부터 얻은 탈취제였다. 또한 김포 매립지에서도 많은 양의 탈취제가 사용되고 있다. 그림 7은 탈취제의 한 예를 나타내 준다.

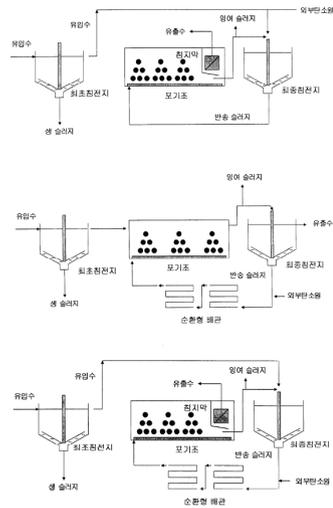


[그림 7] 탈취제 제품 예

또한 액비로도 사용이 가능하며, 일본 등에서는 이미 실용화 되어 있다. 표 4는 음식물류폐기물에서 얻은 액비의 성분을 나타내 준다. 이 경우 외부 첨가물에 의한 영양분 조절이 필요하다.

5.2 하수처리장의 외부탄소원으로 활용

국내 하수처리의 전반적인 상황을 고려할 때, 기존의 시설을 이용하면서도 강화된 방류수 수질 기준을 준수할 수 있는 방법이 있다면, 새로운 고도하수처리시설을 설치하고 운영하는 데 소요되는 비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라, 기존 시설을 간단한 개선 작업을 통하여 재사용함으로써 하수처리 효율을 극대화할 수 있는 일석이조(一石二鳥)의 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 기존 하폐수처리장 표준화슬러지공법을 개선하고 외부로부터 탄소원을 첨가하여 질소 및 인 제거 효율을 향상시키는 하·폐수의 처리장지에 응축수를 외부탄소원으로 활용할 수 있다. 공정 개선을 통하여 기존 하폐수처리장에서 별도의 고도처리 공정의 추가 없이도 유기물과 더불어 질소 및 인 등의 부영양화 원인 물질을 경제적이고 효율적으로 동시에 제거하여 수 처리 비용을 절감시키고, 강화된 방류수 수질을 준수할 수 있는 대안을 제시하며, 국내 환경오염 문제를 경감하는데 기여할 수 있다. 그림 8은 외부 탄소원 적용 모델들이다[8].



[그림 8] 응축수의 외부 탄소원 적용 모델

6. 결론

6.1 고형 성분의 사료화

음식물류폐기물과 같은 유기성폐기물의 재활용은 퇴비의 사용이 상대적으로 많았는데, 사료값의 인상과 더불어 새로운 대체사료의 개발이 필요한 때이다. 여기에 부응하여 폐어패류를 효과적으로 건조처리하여 양질의 사료로 활용한다면 폐기물 처리와 자원화를 동시에 이룰 수 있다. 건조장치의 열원은 종전에는 석유류를 많이 사용하였으나 유가 상승으로 인하여 부적당하며, 상대적으로 저렴한 심야전기를 활용하거나 소각로의 폐열을 이용한 스팀 보일러에 의한 건조가 유용하다. 밀폐식 고속건조기를 사용하여 수산폐기물을 외부 섬유질 재료의 첨가를 통하여 효과적으로 건조분말을 만드는데 성공하였다. 이것은 건조과정에서 나는 악취를 근본적으로 막을 수 있었으며 규격포장을 통하여 효과적으로 사료화 할 수 있는 가능성을 보여주었다. 가금류에 의한 시험사육에서 뚜렷한 장애요인을 발견하지 못하였고 발육상태도 기존 사료를 사용할 때와 비교하여 부족하지 않았다.

6.2 응축수의 활용

응축수는 탈취제, 하수처리장의 외부탄소원, 액비 등으로 활용할 수 있다. 따라서 밀폐형 고속건조기를 활용한 증발에 의한 고액분리방법을 사용하면 수산폐기물의 완전 재활용을 이룰 수 있다.

[표 4] 액비 성분

시험항목	결과	분석 방법
수분	88.1%	
철	26.4ppm	흡광광도법
칼슘	2,150ppm	과망간산칼륨용량법
나트륨	1,100ppm	원자흡광광도법
마그네슘	280ppm	원자흡광광도법
염소	1,880ppm	소산은상정법
동	0.05ppm	원자흡광광도법
아연	4.25ppm	원자흡광광도법
TN	0.42%	데바르타함금-유산법
TP	0.01%	바나트모리브덴산암모늄법
TK	0.3%	원자흡광광도법
기타	5.7%	

참고문헌

- [1] 농림부 보도자료, “비료관리법 개정안(2003. 3. 19) 2003.
- [2] 김두환, “음식물류 폐기물 관리정책 방향”, 음식물쓰레기 분리수거 자원화 현황 및 개선방향 세미나 자료집, 한국폐기물학회, 2005.
- [3] 한두희, “탈리액 방출 없는 음식물류폐기물 완전 재활용 공법 개발”, 충남환경기술개발센터 최종보고서, 2007.
- [4] 한두희, “음식물류폐기물 열분해 연소 에너지 재활용 방안 연구”, 산학협동재단 연구과제 최종보고서, 2008.
- [5] 한두희, “회분식 건조와 수직형 탄화장치에 의한 유기성폐기물 처리방치 개발”, 충남환경기술개발센터 최종보고서, 2009.
- [6] 한두희, “고속건조시스템의 응축수 공정 개선에 관한 연구”, 한국산학기술학회 추계 학술발표논문집, 2009.
- [7] 한두희, “수직형 음식물류폐기물 가연성 가스 발생장치 개발”, 한국산학기술학회 추계 학술발표논문집, 2009.
- [8] 한두희, “탈리액 방출 없는 음식물류폐기물 완전 재활용 공법 개발”, 충남환경기술개발센터 최종보고서, 2009.

한 두 희(Doo Hee Han)

[중신회원]



- 1994년 2월 : 경북대학교 대학원 물리학과 (이학박사)
- 1996년 8월 ~ 1999년 12월 : 한국전자통신연구원 방문연구원
- 1996년 3월 ~ 현재 : 청운대학교 건축공학과 교수

<관심분야>

물리응용, 폐기물재활용, 신재생에너지, 열환경