

음식물 쓰레기의 연속식 진공건조 Sequence Vacuum Dryer for Food Waste

박상호 · 박성진 · 김인수
한국해양대학교 토목환경공학부

I. 서론

음식물폐기물 발생량은 1998년 기준으로 전체 생활쓰레기 발생량 (44,583톤/일)의 26.4%(11,798톤/일)를 차지하고 있으며 이들 음식물쓰레기는 수분함량 75~85%로 높고, 발열량(약 715kcal/kg)이 낮아 소각처리(최소 발열량 : 1000~1300kcal/kg)가 사실상 불가능하며 유기물함량이 80%이상으로 쉽게 부패 할 수 있으므로 운반 및 매립처리시 악취, 병원균, 지하수 오염등 여러 가지 환경오염 문제를 유발시킨다. 우리나라의 경우 현재 음식물 쓰레기의 84.0%가 매립 처리되고 있으며, 재활용되는 양은 하루 1,275톤으로서 전체의 9.8%를 차지한다. 이러한 매립의 경우도 매립지 확보의 문제 등으로 인하여 그 처리·처분을 소각이나, 자원화 형태로 전환하지 않으면 안될 상황이다.

외국의 경우 환경오염 방지와 개발이라는 측면에서 유기성 도시 폐기물의 처리 및 처분에 폐기물의 물리·화학적인 조성의 특성에 따라 소각에 의한 열회수를 비롯하여, 매립지에서 메탄가스추출, 퇴비화 등의 여러 가지 방법들에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

음식물쓰레기를 안정적으로 자원화 하기 위해서는 안정된 자원화기술의 확보가 무엇보다 중요하다. 음식물쓰레기의 자원화 방안으로는 사료화, 퇴비화, 혐기성 소화 등이 있으며 2000년 현재 사료화(62%), 퇴비화방법(38%)이 주를 이루고 있다. 음식물쓰레기에 적절한 bulking agent를 첨가하여 퇴비화하면 감량화, 안정화, 재활용이 동시에 이루어질 수 있게 되며 또는 신선도를 유지한 상태에서 건조하거나 발효시켜 동물의 사료로 재활용할 수도 있어 개략적으로 1톤당 약8만원으로 추산되는 재활용 효과를 기대할 수 있다. 그러나 퇴비화의 경우에는 음식물쓰레기 자체가 가지고 있는 고농도의 염분과 높은 수분 등의 문제점을 내포하고 있으며, 사료화는 상품의 가치 및 경제성 그리고 수요의 문제 등으로 최적의 자원화 방법이 없는 상태이다.

이에 본 연구에서는 음식물쓰레기 사료화의 일환으로 유온감압공정에 의한 진공튀김건조를 연속식으로 수행할 수 있는 장치를 고안하여 그 성능을 실험하였으며 기존의 회분식 유온감압 튀김건조장치와 비교하였다.

본 연구에서 사용된 연속식 진공튀김건조장치는 에젝터 진공방식, 열매체유에 의한 가열방식, 판형운축기를 사용한 운축방식, 스크류 컨베이어에 의한 음식물 이송장치, 쿠키내부의 탈유공정, 음식물 진공투입 및 배출공정 등에서 기존의 회분식과는 완전히 다른 공정으로 구성되었으며 진공의 형성과 파괴 및 기름 가열에 따른 에너지 손실 및 시간 단축 등으로 에너지 비용과 처리성능을 획기적으로 향상시킬 수 있는 새로운 공정으로 음식물 쓰레기뿐만 아니라 슬러지 건조나 기타 유기성 고형폐기물의 건조에 효과적으로 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

[연락처] (우)606-791 부산시 영도구 동삼동 1번지 한국해양대학교 토목환경공학부

김인수 Tel : 051-410-4416, Fax : 051-410-4415, E-mail : iskim@hanara.kmaritime.ac.kr

II. 재료 및 방법

1. 음식물 쓰레기 및 유지

본 연구에서 사용한 음식물쓰레기는 한국해양대학교 구내 식당에서 채취하여 음식물 외의 다른 이물질을 선별하여 사용하였다. TS, VS, TCOD, SCOD, pH 등의 초기시료 특성을 분석하였다. Table 1은 실험에 사용된 음식물 쓰레기의 특성을 보여주고 있다. 실험에 사용된 음식물쓰레기의 주요성분 구성비는 일변화가 컸으나 대체적으로 곡류 39.1%, 채소류 40.1% 및 어육류 20.8% 내외에서 유지되었다.

Table 1. Characteristics of food waste and seed sludge

Contents	pH	TS(mg/l)	VS(%)	TCOD(SCOD) (mg/l)	alkalinity (mg/l)	TKN (mg/l)
Food waste	4.55	120,539	93.3	230,400 (94,843)	1,020	2,800
Grain(39.1%), Vegetable(40.1%), Meat and fish (20.8%)						

본 실험에 사용한 열매체로서의 유지는 국내 H사에서 생산, 시판하는 대두유를 사용하였으며 그 일반적인 특성은 Table 2와 같다.

Table 2. Analytical data of fresh soybean oil for experiment

Item	Acid value (A.V)	Peroxid Value (Po.V)	Carbonyl value (Co.V)	Iodine Value (I.V)	Thiobarbituric acid(TBA)
Value	0.09	2.34	7.8	132.5	1.6

2. 실험장치 및 방법

본 연구에서는 Fig.1에서 보여주는 것과 같이 Vacuum system, Cooker system, 증발 응축시스템, 탈유시스템, 진공투입 및 배출 시스템, Oil system 으로 구성되어 있다. 하루 2ton의 처리용량을 가진다.

① Vacuum System

냉각수응축형 에젝터 진공방식으로 5 HP 3단에젝터용 냉각수펌프에 의한 5 Kg/cm² 압력으로 system 의 진공도를 10분에 90%, 30분에 100%로 유지할 수 있다.

② Cooker system

쿠커는 외경 400mm 길이 1800mm 의 원통과 하부의 장방형 순환유실 및 원통내부의 스크류컨베이어로 구성되어 있다. 스크류컨베이어는 축봉장치를 통하여 외부의 구

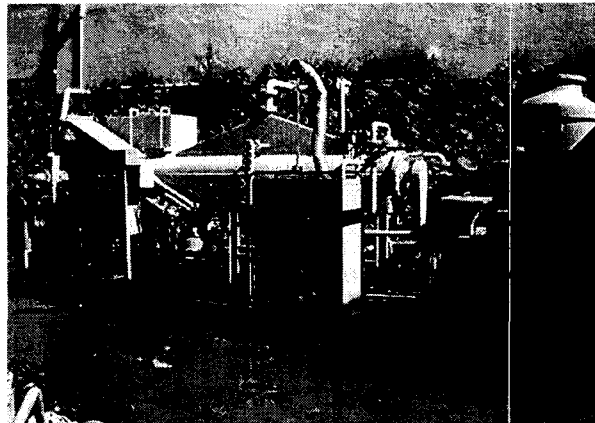


Fig. 1 A Pilot Plant with Consecutive CYCLOREX the Used in this Study

동모터로 0.5 rpm 으로 회전하며 유입된 음식물을 교반하고 반대방향으로 이동시킨다. 시스템에 순환하는 튀김유는 총 600 liter 이며 두 개의 오일 스트레이너를 거쳐 기름 순환 펌프에 의해 보일러로 순환되어 쿠커내부의 온도를 유지시킨다.

③ 중발수 응축시스템

음식물에서 응축된 수증기는 수증기필터를 거쳐 판형응축기에 유도되고 에젝터펌프에 의해 순환되는 냉각수가 진공하에서 응축시킨다. 응축된 물은 응축기 하부에 설치된 응축수 탱크에 모이고 응축수 배출펌프에 의해 외부로 배출된다.

④ 탈유시스템

튀겨진 음식물은 스크류 컨베이어에 의해 투입구의 반대편에 모이고 이것은 20도의 경사를 가진 벨트컨베이어에 의해 탈유되면서 암착유압배출기로 보내진다. 회전하는 벨트컨베이어는 스틸와이어재질이며 잔존음식물제거용 브러쉬가 달려있다.

⑤ 진공투입 및 배출시스템

진공유압투입장치는 직경100mm stroke 30 cm 의 투입용 유압램과 실린더 및 유압밸브로 구성되어 분당 2회 작동하며 1회에 약 1 kg의 음식물을 투입시켜 1일 5톤의 음식물을 쿠커내부로 이송할 수 있도록 설계되어 있다.

배출장치는 투입장치와 동일하며 투입된 양에 관계없이 유압실린더가 일정량이상(0.785 Liter) 음식물을 80 kg/cm² 으로 압축될 때 출구유압밸브가 열리도록 설정되어 있다. 시스템의 진공손실을 막기 위해 밸브와 램사이에는 20 cm 의 압축된 음식물이 잔재한다. 이러한 일련의 작동은 PLC 에 의해 자동으로 조작되며 사용된 유압밸브는 투입구에 불 게이트 밸브를 사용하고 배출부에는 자체개발한 특수게이트밸브를 사용한다.

⑥ Oil System

기름가열시스템은 폐열을 사용하는 경우와 외부가열원을 이용하는 경우 및 양자를 동시에 사용하는 경우로 나눌 수 있다. 폐열을 이용하는 경우에는 가열효율을 높이기 위해 기름을 순환시키지 않고 쿠커내부에 스티프코일을 원통형으로 배치하는 방식을 고려하였으나 실험 장치의 경우 외부가열형이므로 순환유펌프로 열매체 보일러에 직접 가열하여 쿠커내부로 순환되도록 설계하였다.

본 연구에서는 연속식 진공건조장치의 성능을 실험하였으며 기존의 회분식 유온감압 튀김건조장치와 비교하였다. 연속적인 시료의 주입을 통하여 반응기 내의 압력변화를 관찰하였다.

III. 실험결과 및 결론

본 실험에서 최적의 운전조건은 700mmHg 이상의 압력에서 반응온도는 100℃ 이며 반응시간을 30분간 유지한다. 연속식 진공건조장치에서는 에젝트방식을 이용해서 진공을 유지하는데 완전진공까지 떨어지는 시간은 30분이 걸린다. 진공펌프를 이용하는 회분식 유온감압 장치보다 더 효율이 높고 경제적이다. 연속식 진공건조 장치는 음식물 쓰레기를 건조하는데 30분이 소요되지만 회분식 유온감압 장치는 다시 압력을 떨어뜨리고 올리는 시간의 소요로 연속식 시스템은 회분식보다 73%의 효율의 증대를 가져온다. 위의 Fig. 2와 3에서 연속식과 회분식의 시간에 따른 압력의 변화를 나타내었다. 완전진공하에서 연속적으로 음식물을 투입할 수 있도록 진공투입 및 배출 시스템을 사용하였다. 배출시스템에서 음식물 쓰레기를 80 kg/cm²으로 압축하면서 기름을 제거하므로 후단에 탈유시스템을 다시 만들 필요가 없어 경제적이다.

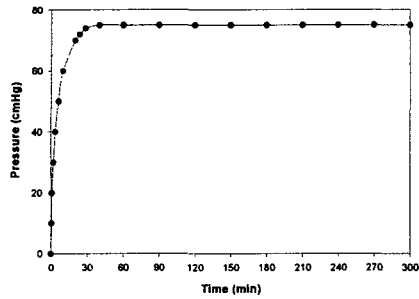


Fig. 2 Series vacuum dry equipment

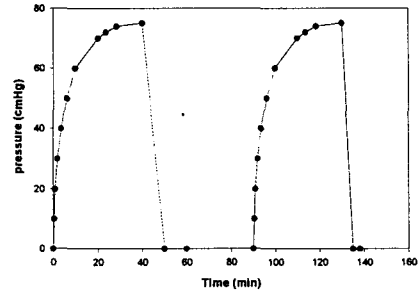


Fig. 3 Discontinuous vacuum dry equipment

IV. 참고문헌

1. 축산기술연구소, "남은음식물 사료화 이용기술", p8~17, 농촌진흥청, 1999.
2. 문수범, "생체 건조용 대형 저온진공건조기의 열적 특성에 관한 연구", 석사학위논문, p13~20, 2000.
3. 장성호, "유온감압탈수법에 의한 하수슬러지의 처리에 관한 연구", 박사학위논문, p1~32, 1995.
4. Baker, E.G., et al., "Catalysis of Gas-phase Reaction in Steam Gasification of Biomass", In Fundamentals of Thermochemical Biomass Conversion. R.P.Overend, et al.,(Eds.), Elsevier Applied Science Publishers, P. 863, 1985.
5. Bayer E. and Kutubuddin M., "Low Temperature Conversion of Sludge and Waste to Oil", Proceedings of the International Recycling Congress, p314, Berlin, West Germany, 1982.