

# 음식폐기물의 고형연료화를 위한 연소특성 연구

상병찬<sup>a</sup>, 이승정<sup>b</sup>, 이도연<sup>c†</sup>, 엄태인<sup>d‡</sup>

## A Study on Combustion Characteristics for Dry Food Waste

Byoungchan Sang<sup>a</sup>, Seungjeong Lee<sup>b</sup>, Doyeon Lee<sup>c†</sup>, Taein Ohm<sup>d‡</sup>

(Received: Dec. 1, 2022 / Revised: Dec. 5, 2022 / Accepted: Dec. 6, 2022)

**ABSTRACT:** This study analyzed the physicochemical properties and combustion characteristics of dry food waste to evaluate the possibility of using food waste as a solid refuse fuel (SRF). The characteristics of dry food waste as a fuel were analyzed by comparing the difference in properties with SRF, and the combustion characteristics after conversion into fuel were identified. Ultimate analysis, proximate analysis, calorific value analysis, and TGA analysis were conducted using two types of food waste and two types of SRF, and the following results were obtained. The moisture content and ash content of dry food waste were 1.7~10.0 wt.% and 7.8~11.7 wt.%, respectively, which satisfied the quality standards for SRF. The low calorific value of dry food waste was 4,000 ~ 4,720 kcal/kg, which was higher than the quality standard of 3,500 kcal/kg for SRF. As a result of TGA analysis of dry food waste, the combustion reaction started at about 200 °C and the highest burning rate was at about 500 °C. After moisture evaporation between 100 and 200 °C, initial volatile matter, carbon and residual volatile matter were released and burned between 200 and 500 °C. Based on the high calorific value and low moisture and ash content of dry food waste, it is considered that it is possible to convert dry food waste into SRF through the application of efficient drying technology and strict quality standard inspection in the future.

**Keywords:** Food waste, SRF, Combustion characteristics, TGA

**초 록:** 본 연구는 유기성 폐기물 중 음식 폐기물의 고형연료제품으로서의 활용 가능성을 평가하기 위해 건조 음식 폐기물의 물리화학적 성질 및 연소 특성을 분석하였다. 기존 고형연료와의 성상 차이를 비교함으로써 건조음식 폐기물의 연료로서의 특성을 분석 하였으며, 연료화 후 연소 특성을 파악하였다. 음식 폐기물 시료 2종과 고형연료 제조 설비로부터 생산된 고형연료 시료 2종을 이용하여 원소분석, 공업분석, 발열량분석, TGA 분석 실험을 진행 하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다. 건조 음식 폐기물의 수분함량과 회분함량은 각각 1.7~10.0 wt.%, 7.8~11.7 wt.%로 고형연료 품질기준을 만족하였으며, 건조 음식 폐기물의 저위발열량은 4,000~4,720 kcal/kg으로 고형연료의 품질기준인 3,500 kcal/kg보다 높은 것으로 나타났다. 건조 음식 폐기물의 TGA 분석 결과, 연소반응은 약 200°C에서 시작하여 약 500°C에서 연소 속도가 가장 높았다. 100~200°C 사이에서 수분 증발 후, 200~500°C 사이에서 초기 휘발분, 탄소 및 잔류 휘발분의 방출 및 연소가 이루어졌다. 건조 음식 폐기물의 높은 발열량 및 낮은 수분, 회분 함량을 바탕으로 향후 효율적 건조 기술 적용 및 엄격한 품질 기준 검사를 통해 건조 음식 폐기물의 고형연료화가 가능한 것으로 판단된다.

**주제어:** 음식폐기물, 고형연료, 연소특성, 열중량분석

<sup>a</sup> 한밭대학교 환경공학과 박사과정(Ph.D. Course, Department of Environmental Engineering, Hanbat National University)

<sup>b</sup> 한밭대학교 환경공학과 석사과정(Master Course, Department of Environmental Engineering, Hanbat National University)

<sup>c</sup> 한밭대학교 건설환경공학과 조교수(Assistant Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Hanbat National University)

<sup>d</sup> 한밭대학교 건설환경공학과 교수(Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Hanbat National University)

† Corresponding author(e-mail: dylee82@hanbat.ac.kr)

‡ Co-corresponding author(e-mail: tiohm1@hanbat.ac.kr)

## 1. 서론

온실가스 감축을 목표로 화석연료를 대체하기 위한 기술 가운데 폐기물의 에너지화를 목적으로 하는 폐기물 연료화 기술이 큰 관심을 받고 있다.<sup>1)</sup> 폐기물 연료화 기술 중 고형연료(SRF) 활용 기술은 주로 열과 전기를 동시에 공급하기 위한 지역난방용 발전소나 산업용 보일러의 연료 공급을 목적으로 사용된다. 고형연료는 안정적으로 공급 가능한 연료로 기존의 화석연료를 대체할 수 있는 연료라 할 수 있으며, 가연성 폐기물의 고형연료화와 더불어 유기성 폐기물의 바이오가스화 등의 폐기물 에너지화 기술도 온실가스 감축에 유리한 수단으로 각광을 받고 있다. 최근 세계적으로 바이오매스 연료에 대한 관심이 증가되고 있으며, 이는 지구온난화의 원인 물질인 이산화탄소의 저감 및 신재생에너지의 확보라는 두가지 측면에서 중요하다.<sup>2)</sup> 바이오매스는 자연 발생적 탄소로 구성된 유기물로서, 재생에너지로 활용 시 탄소중립 사회 전환에 큰 기여가 가능하다고 판단된다. 하수슬러지, 음식물, 가축분뇨, 농업, 임업 부산물 등의 유기성 폐기물의 경우 혐기성 소화, 퇴비화 등의 기술을 이용하여 에너지 자원으로 활용이 가능하지만 비교적 느린 바이오가스 생산 속도, 지속적인 열원 공급, 유출수의 후처리, 악취 발생 등의 문제를 가지고 있으며, 기질의 성상, 온도, 알칼리도, C/N 비, 유기물부하율, 반응기 구조 등의 조건에 영향을 크게 받아 운전이 어려운 단점이 있다.<sup>3-5)</sup> 국내 음식물류 폐기물은 수분함량과 유기물 함량이 80% 이상으로 매우 높고, 염도가 높아서 수거 및 운송 과정에서 쉽게 부패하여 악취 및 침출수 발생 등의 심미적 악영향을 줄 수 있어 주거단지 내의 쾌적성 저해요인으로 작용하고 있다.<sup>6-8)</sup> 현재 음식 폐기물 처리방안으로는 매립과 소각, 재활용 등이 있는데 2차적인 환경문제를 야기하는 매립과 소각은 점차 줄어드는 추세인 반면 음식폐기물의 재활용은 그 중요성이 커져가고 있다. 음식폐기물은 중금속 등에 의하여 오염되지 않고 가연성 성분 중 휘발분 비율이 높아 착화 및 연소가 잘되어 청정연료로 전환할 수 있다.<sup>9)</sup> 생활폐기물은 소각 및 재활용을 통해 처리되어지고 있으나, 음식폐기물은 재활

용시설의 부족 및 기술적인 어려움으로 처리에 어려움을 겪고 있다.<sup>10)</sup> 최근에는 다양한 유기성 폐기물의 에너지화를 위해 음식 폐기물을 이용한 바이오에너지 생산을 위한 연구가 진행되고 있으며, 음식 폐기물은 다양한 고체 연료 또는 기타 유형의 폐기물과 혼합하여 고형 연료로 활용이 가능하다고 판단된다. 가연성 물질을 고형연료화 하는 경우 수분함량에 따른 발열량 저하 및 원료물질의 종류에 따른 연소 배가스 내의 유해가스 발생 등의 환경적인 문제가 뒤따를 것으로 예상되므로 반드시 연료별 연소특성에 대한 연구가 선행되어야만 한다.<sup>11)</sup> 또한 건조한 음식폐기물을 다른 고체 연료와 혼합 연소하거나 직접 연소하기 위해서는 건조한 음식폐기물의 특성을 분석하는 것은 매우 중요하다.<sup>12-14)</sup> 본 연구에서는 음식 폐기물의 건조를 위해서 건조 공정에서 발생된 수증기를 응축기에서 응축하고 응축되지 않은 수증기를 건조기 내부로 전량 재순환시키는 재순환 시키는 건조 공정을 적용하였다. 건조한 음식폐기물의 고형연료제품으로 활용 가능성에 대한 평가를 위해 공업분석, 원소분석, 발열량 측정을 하였으며, TGA, DTG 분석 실험을 수행하여 음식폐기물의 기초적인 연소 특성을 분석하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 실험장치

본 연구에서 사용한 음식 폐기물 건조장치 시스템을 Fig. 1에 나타내었다. 우리나라의 봄, 여름, 가을, 겨울 음식 쓰레기 배출 함수율 범위는 73.3 ~ 83.3%이며, 음식 폐기물 중 채소류 비중이 높아 건조 음식 폐기물의 함수율 변화가 크다. 함수율이 높은 음식물쓰레기의 건조 부산물을 자원화(사료, 비료, 원료) 하기 위해 건조불량(Lack of drying, 15% 이상) 및 과건조(Over-drying, 1%이하)를 방지함과 동시에 음식 쓰레기 감량화 처리기에서 배출된 건조 폐기물을 유기질혼합비료 원료와 가금용 단미사료 원료로 재활용 할 수 있는 품질을 확보하기 위해 폐쇄회로 수증기 재순환공정기술 건조장치를 사용하였다. 본 연구에서의 건조 장치는 전기히터로 건

조기 내통과 외통 사이에 충전된 열매체를 가열시켜 순환하면서 음식 폐기물이 간접 가열된다. 음식 폐기물은 고풍수 폐기물로 건조공정에서 다량의 수증기와 분진이 발생되며, 수증기에는 악취 유발물질이 포함되어 있어서 직접 배출할 경우 문제가 된다. 악취 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 건조공정에서 발생된 수증기를 응축기에서 응축하고 응축되지 않은 수증기를 건조기 내부로 전량 재순환시키는 재순환 공정을 적용하였다. 건조공정에서 발생된 분진과 수증기는 분진필터, 송풍기 및 응축기로 순차적으로 이동하게 된다. 응축된 응축수는 간이탱크를 거쳐 배수되고 응축되지 않은 수증기는

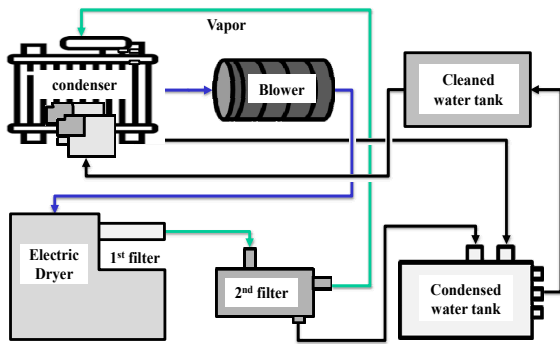


Fig. 1. Drying system for food waste.

전량 건조기 내부로 재순환되어 수증기에 함유된 악취물질이 외부로 배출되지 않는 시스템이다.

음식물류폐기물 건조기 설계사양은 원료 함수율 85%를 운전시간 10 시간 동안 75 kg을 건조 후 10%로 감량될 수 있는 설계조건으로 Table 1에 제시하였다.

## 2.2. 실험방법

Fig. 2에 건조 폐기물 시료 및 SRF 시료 사진을 나타내었으며, 바이오매스의 연소특성을 위한 시료로 A시의 아파트(Fw-1)와 B지역의 읍면단위 주택(Fw-2)에서 음식 폐기물을 수집하였다. 음식폐기물의 경우 수거 장소 및 계절에 따라 함수율 및 발열량의 편차가 크기 때문에 일정한 기간 동안 시료를 수거하여 건조 후 혼합하여 제조하였다. 고형연료 제조설비로부터 생산된 C시의 비성형 SRF(SRF-1)와 D시의 비성형 SRF(SRF-2)를 연소특성의 비교실험을 위하여 함께 사용하였다. 음식 폐기물과 SRF의 비교 분석은 고형연료제품 품질 시험분석방법에 준하여 실시하였으며, SRF의 품질기준을 Table 2에 나타내었다. 시료 4종의 연소 특성을 파악하기 위해서 공업분석, 원소분석, 발열량 측정과, TGA, DTG 분석 실험을 수행하였다. 원소분석은 elemental analyzer

Table 1. Design Conditions for the Food Waste Dryer

Design condition	Unit	Values
Electricity consumption	kWh	60.0
Effective area of heat transfer in dryer	m <sup>2</sup>	0.48
Vapor evaporation rate per surface area	kg/m <sup>2</sup> h	13.0
Volume of dryer	m <sup>3</sup>	0.135
Specific moisture evaporation rate	(kg of water/Mcal)	1.21



Fig. 2. Images of dry food waste and SRF.

Table 2. Quality Standards for General SRF

Item	Unit	Densified	Fluff
shape and size	mm	50X100 below	50X50 below
water	wt.%	10 below	25 below
Low heating value	kcal/kg		3,500 or more
Ash	wt.%		20 or less
Cl	wt.%		2.0 or less
S	wt.%		0.6 or less
Heavy metal	Hg		1.0 or less
	Cd	mg/kg	5.0 or less
	Pb		150 or less
	As		13.0 or less

1112 (Thermo Fisher Scientific), 공업분석은 TGA-701 Proximate Analyzer (LECO. Co.)를 이용하였으며 3회 반복 분석을 실시하였고, 저위발열량 분석은 calorimeter (Parr 1261 EA)를 이용하여 3회 측정된 후 평균값을 취하였다. TGA 분석은 온도에 따른 시료의 무게감량을 체크하여 열적감량곡선을 확인 할 수 있는 분석법으로 일반적으로 폐기물의 열적처리 또는 열화학반응공정에 적용하기에 앞서 분석되어야 할 중요한 항목 중 하나이다. 연소 실험은 최종 온도 900 °C 까지 산화 분위기에서 승온 속도 10 °C/min로 설정하여 3회 분석하였으며, TGA/DSC1/1600 LF (Mettler Toledo)를 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 시료 분석

연료 특성을 분석하기 위해 수집된 고탍수 음식 폐기물을 1일 100 kg 용량의 건조기를 이용하여 건조하였으며, 건조 조건 및 최종 함수율을 Table 3에 나타내었다. 본 연구에 사용된 시료의 기본적인 물리화학적 특성을 파악하기 위해 고탍연료제품 품질 시험분석법에 의해 분석한 시료 4종의 공업분석 및 원소분석과 발열량 분석결과 Table 4와 Table 5에 나타내었다. SRF의 품질기준은 비성형과 성형 SRF가 수분을 제외하고 동일하다. 비성형 SRF 수분은 25.0 wt.%, 성형 SRF 수분은 10.0 wt.%이하 이며, 저위발

열량은 3,500 kcal/kg 이상이며 회분은 20 wt.% 이하, 염분은 2.0 wt.% 이하, 황분은 0.6 wt.% 이하 이다. 크기는 가로×세로 50×50 mm 이하이나, 직접 사용하기 위해 동일한 부지에서 제조하는 경우 120×120 mm로 제조할 수 있다. SRF를 제조하는 방법은 크게 파쇄와 선별 과정이다. 성형제품의 경우 제품화된 비성형 제품을 성형기를 거쳐 제조한다. 본 연구에서 사용한 SRF 시료 2종은 비성형 제품이다. 음식 폐기물 2종 (Fw-1, Fw-2), RF-1, SRF-2의 수분량은 각각 6.2 wt.%, 2.6 wt.%, 10.0 wt.%, 1.7 wt.%로 식당에서 수거한 음식 폐기물의 수분량이 가장 낮았다. Fw-1은 A지역 아파트에서 수거된 음식 폐기물로 대단지 아파트 음식물 전용 수거함에 수분과 함께 배출하는 특성상 수분함량이 높았고 Fw-2는 감량의무 사업장인 대형 식당으로 음식 폐기물을 압축하여 수분이 감소되었기 때문이다. SRF-2의 수분량이 1.7 wt.%로같은 비성형 SRF-1의 10.0 wt.% 보다 낮았으며 이는 SRF를 제조하는 공정이나 계절, 시료 보관 상태에 따라서 수분량의 차이가 매우 크기 때문으로 판단된다. 탄화물을 연료로서 평가하는 데 가장 중요한 기준은 휘발분과 고정탄소이다. 시료 4종의 고정탄소는 각각 12.1 wt.%, 14.3 wt.%, 14.1 wt.% 11.7 wt.% 으로 측정되었으며, 휘발분은 각각 73.9wt.%, 77.3 wt.%, 66.9 wt.%, 75.1 wt.%로 나타났다. 건조 음식 폐기물의 저위발열량은 각각 4,160 kcal/kg, 4,000 kcal/kg이며 SRF-1, SRF-2의 저위발열량은 각각4,030 kcal/kg, 4,720 kcal/kg이며 이는 SRF 품질기준인 3,500 kcal/kg 이상의 기준을 만족하였다. Table 4에 나타

Table 3. Drying Conditions and Results

Sample	Input (kg)	Output (kg)	Final Water Content (%)	Initial Water Content (%)	Operating Time (h)	Drying Speed (kg/m <sup>2</sup> h)
Fw-1	20.0	5.2	6.6	75.7	7.5	3.3
Fw-2	20.0	3.5	2.4	82.9	12.2	2.3

Table 4. Result of Proximate Analysis of Food Waste (Dry Base)

content	Fw-1 (Apartment)	Fw-2 (Restaurant)	SRF-1	SRF-2
Water(wt.%)	6.2	2.6	10.0	1.7
Ash(wt.%)	7.8	11.7	9.0	11.5
Volatile matter (wt.%)	73.9	72.0	66.9	75.1
Fixed carbon (wt.%)	12.1	13.7	14.1	11.7
Fuel ratio (FC/VM)	0.16	0.19	0.21	0.16
LHV (kcal/kg-wet)	4,160	4,000	4,030	4,720

Table 5. Result of Ultimate Analysis of Food Waste (Dry Base)

content	Fw-1 (Apartment)	Fw-2 (Restaurant)	SRF-1	SRF-2
C(wt.%)	52.7	53.6	50.7	53.2
H(wt.%)	7.1	7.0	6.8	7.2
O(wt.%)	34.9	33.0	37.6	34.0
N(wt.%)	3.6	4.6	3.4	3.6
S(wt.%)	0.3	0.3	0.6	0.7
Cl(wt.%)	1.4	1.5	0.9	1.3
C/H	7.4	7.7	7.5	7.4

낸 연료비(FC/VM)를 보면 0.16, 0.19, 0.21, 0.16이며 Table 5에 나타난 C/H비는 각각 7.4, 7.7, 7.5, 7.4이다. C/H비가 클수록 연소 시 그을음의 발생량이 많아진다. 일반적으로 무연탄의 연료비가 12이며 갈탄의 연료비는 1 이하, 석탄의 C/H비는 10-30, 가스연료의 C/H비는 3 정도이다. SRF 시료는 석탄에 비하여 연료비가 갈탄보다는 높으나 무연탄보다는 매우 낮고 C/H비 또한 10이하로 낮다. 연료비와 C/H 비가 낮은 이유는 4종의 시료 모두 고정탄소 함량이 낮고 휘발분의 함량이 높기 때문이다. 따라서 연소

시 조기 착화 및 연소시간이 짧아지는데 이는 SRF의 전형적인 특성이다. 원소 분석은 폐기물을 구성하고 있는 주요 원소인 탄소와 수소, 황, 산소, 염소 등을 산화, 분해 및 환원반응을 사용하여 정량적인 분석값을 구하는 것이다. 이러한 원소 분석 결과를 통해 배가스의 조성을 유추해내고, 폐기물을 자원화 및 기술의 선정, 설계 및 운전에 활용하게 된다. 수분과 회분을 제외한 가연분의 화학적 조성은 탄소(C)가 50.7~53.6%, 산소(O)가 33.0~37.6%로 대부분을 차지하였으며 탄화과정에서 악취를 유발할 수

있는 황(S)의 경우 아주 미미하게 검출되었다. 염소 농도를 보면 1.4 wt.%, 1.5wt.%, 0.9 wt.%, 1.3 wt.%로 시료 4종 모두 고품연료제품 기준에는 만족하였다. Cl 성분이 높으면 연소 시 HCl 가스를 다량 배출하게 되며 다이옥신을 배출할 수도 있다. 또한 연소 시 화염억제를 할 수 있기 때문에 연소성에도 영향을 줄 수 있다.

### 3.2. 연소 특성

TGA (Thermogravimetric Analysis) 분석법은 가열에 따른 물질의 열적 안정성과 상태변화의 과정을 연구하는데 있어 광범위하게 이용되고 있다. 가열에 따른 시료의 중량변화를 관찰함으로써 시료의 물리적·화학적 변화를 1차적으로 이해할 수 있고 가열이 수반되는 여러 현상을 이해하기 위한 수단으로도 사용된다. 또한 DTG (Differential Thermogravimetric Analysis) 그래프를 구하여 온도 구간별 연소 속도 변화를 알 수 있다. TGA는 3단계의 기본적인 메카니즘을 가지고 있다. 1단계는 건조, 2단계는 탈휘발화, 3단계는 char 연소과정이다. 음식폐기물 시료 2종과 SRF 시료 2종의 연소 특성을 비교·분석하기 위해 TGA 분석 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 운반 가스는 공기를 사용하였으며 온도 상승 속도는 10°C/min이며 900°C까지 온도를 상승하였다. 일반적으로 승온 속도가 증가함에 따라 최대 열분해 속도가 나타나는 온도가 상승한다. 이는 승온 속도가 증가함에 따라 시료 표면에 열이 가해지는 시간이 짧

아지게 되어 시료의 내부까지 열분해에 필요한 열이 충분히 전달되지 않기 때문에 최대 반응 속도를 갖는 온도가 점차 고온으로 전이되는 것으로 이해될 수 있다. 건조 음식 폐기물 2종의 시료가 초기 50~200°C 부근에서의 수분이 증발되어 건조를 통한 무게감량을, 200~300°C 사이에서 열분해반응 시작에 의한 무게감량을, 그리고 300~500°C 사이에서 열분해물질의 연소개시에 의한 무게감량을 보여주고 있으며, 500~900°C 사이에서 본격적인 열분해 및 char의 연소에 의한 무게 감량을 나타내고 있다. 따라서 연소반응은 약 200°C에서 시작하여 약 500°C에서 최고 반응 속를 보이고, 약 900°C에서 연소반응이 종료됨을 알 수 있다. 100~200°C 사이에서 수분이 증발되며, 200~500°C 사이에서 초기 휘발분, 탄소 및 잔류 휘발분의 방출, 연소가 이루어진다. 일반적으로 150°C까지는 부착 수분이 감량되며, 200°C 이상부터 탈휘발화 반응이 일어난다. 200~500°C 사이에서 급격하게 무게가 감량되는데 이는 고분자 물질의 depolymerization 반응과 휘발분이 연소되기 때문이다. 음식물폐기물의 탄화를 위해 최소한 500°C 이상의 온도가 유지되어야 함을 예측할 수 있다. 본 연구에서 사용한 건조 음식 폐기물은 500°C 이후에는 분해가 거의 완료되어 무게 감소가 거의 없는 것을 알 수 있다. 500°C 이상의 구간에서 더 이상의 질량변화가 없는 것은 건조 음식 폐기물이 산화 분위기에서 대부분의 수분과 휘발분이 제거된 후 남은 고정탄소와 ash만이 이 온도구간에 존재하기 때문이며 결과적으로 수분 건조를 제외한 대부분의

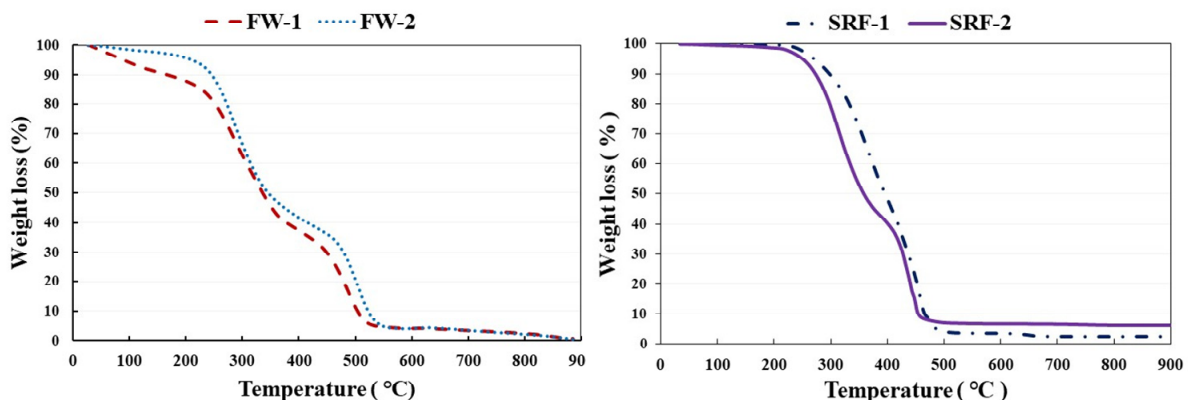


Fig. 3. TGA curves of food wastes and SRF (heating rate : 10°C/min, carrier gas : air).

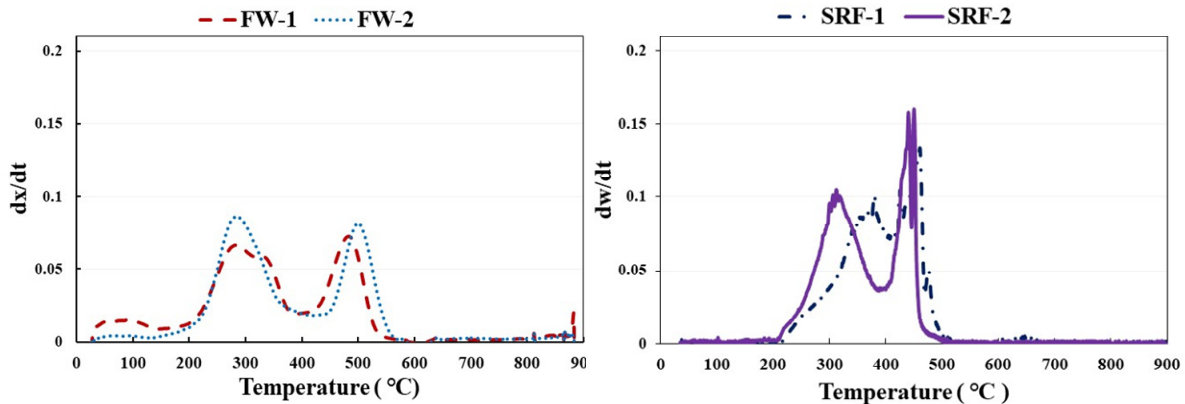


Fig. 4. DTG curves of food wastes and SRF (heating rate : 10°C/min, carrier gas : air).

탄화반응은 500°C에서 종료될 것으로 예상된다. Fig. 4에 DTG (Differential Thermogravimetric Analysis) 곡선을 나타내었다. DTG 곡선은 각각의 시료 샘플들에 대한 무게 감량 변화 속도를 온도에 따라 나타낸 것으로 연소 특성을 좀 더 명확하게 판단할 수 있다. DTG 곡선의 피크가 낮으면 무게 감량 변화가 적고, 피크 높이가 높을수록 해당 온도에서 시간당 무게 감량이 크다는 것을 의미한다. 본 연구의 DTG 결과를 보면 건조 음식폐기물 시료 2종의 피크가 250°C와 500°C에서 2번 나타나며 SRF 2종의 시료는 250-450°C에서 2번의 피크를 나타내었다. 음식폐기물 2종과 SRF 2종의 시료는 500°C 이후에는 무게 감량이 일어나지 않고 반응이 완료됨을 알 수 있다.

#### 4. 결론

건조한 음식 폐기물의 고형연료제품으로의 활용 가능성에 대한 평가를 위해 공업분석, 원소분석, 발열량 측정과, TGA, DTG 분석 및 건조 음식 폐기물의 기초적인 연소 특성 결과를 실험적으로 도출하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

음식폐기물 시료 2종과 비성형 SRF 2종의 수분은 각각 6.2 wt.%, 2.6 wt.%, 10.0 wt.%, 1.7 wt.%이며, 연료비(FC/VM)를 보면 0.16~0.21이고, 탄소/수소비(C/H)는 7.4~7.7이다. 휘발분이 고정탄소량에 비해 상대적으로 높아서 착화시간과 연소시간이 짧은 특성이 있다. 또한 저위발열량은 각각 4,160 kcal/kg, 4,000 kcal/kg,

4,030 kcal/kg, 4,720 kcal/kg으로 비성형 SRF-2의 발열량이 가장 높았다.

연소과정에서 다이옥신 생성 물질이며 장치의 부식을 촉진하는 Cl의 농도는 0.9~1.5 wt.%로 현재 고형연료로 사용되고 있는 SRF의 Cl함량 기준치인 2.0 wt.% 이하로 분석되었다.

음식폐기물의 TGA 분석결과는 연소반응은 약 200°C에서 시작하였으며 약 500°C에서 최고 연소 속도를 보였다. 100~200°C 사이에서 수분이 증발되며, 200~500°C 사이에서 초기 휘발분, 탄소 및 잔류 휘발분의 방출, 연소가 이루어진다.

본 연구결과, 건조 음식 폐기물의 높은 발열량 및 낮은 수분, 회분 함량을 바탕으로 향후 효율적 건조 기술 적용 및 엄격한 품질 기준 검사를 통해 건조 음식 폐기물의 고형연료화가 가능한 것으로 판단된다.

#### 사 사

이 논문은 환경부의 폐자원에너지화 특성화대학원사업에서 지원받았습니다.

#### References

1. Hyeon, W., Jin, Y., Jo, E., Han, H., Min, S. and Yeo, W., "Characteristics of the Co-Combustion of Coal

- and Bio-Solid Fuel using Biomass as an adjunct”, *Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association*, 28(2), pp. 49~57. (2020).
2. Lee, W. J., “Study on Torrefaction Characteristics of Solid Biomass Fuel and Its Combustion Behavior”, *Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association*, 23(4), pp. 86~94. (2015).
  3. Cha, J., Cheon, A., Yang, H., Kim, M., Park, B., Bae, J. and Jun, H., ”Post-treatment Efficiency Evaluation of Anaerobic Digestion Effluent through Bio-electrochemical Biochemical Methane Potential Test”, *Journal of Korea Society of Waste Management*, 39(5), pp. 470~476. (2022).
  4. Wang, H., Zhang, Y. and Angelidaki, I., “Ammonia inhibition on hydrogen enriched anaerobic digestion of manure under mesophilic and thermophilic conditions, *Water Research*, 105, pp. 314~319. (2016)
  5. Rajagopal, R., Masse, D. I. and Singh, G., “A critical review on inhibition of anaerobic digestion process by excess ammonia”, *Bioresource Technology*, 143, pp. 632~641 (2013).
  6. Oh, J. I. and Lee, H. J., “Experimental Evaluation and Resident’s Assessment of Zero Food Waste System in Multifamily Housing Estates”, *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 37(12), pp. 674~681. (2015).
  7. Yoon, E. J., Oh, J. I. and Yoon, J. H., “Evaluation of Food waste-compost Maturity with the Seed Germination Index of Plants”, *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 36(10), pp. 667~671. (2014).
  8. Jeong, C. J., Park, S. and Song, H., “High-Grade Characteristics of Solid Refuse using Food Waste Fermentation Product”, *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 40(9), pp. 372~377. (2018).
  9. Son, H., Park, Y. and Kim, S., “A Study on Combustion Characteristics of Pulverized Fuel Made from Food Waste”, *J. of Korean Society for New and Renewable Energy*, 4(4), pp. 37~43. (2008).
  10. Kim, S., Rho, J., Lee, S., Lee, J., Choi, A., Lee, S., Park, Y., Park, M., Park, J. and Seo, D., “Effect of Pyrolysis Temperature on Physicochemical Properties of Food Waste Biochar”, *Proceedings of the Korean Society of Environmental Agriculture Conference*, p. 173. (2022).
  11. Gu, J. and Oh, S. C., “Combustion Characteristics of Biomass and Refuse Derived Fuel”, *Applied Chemistry for Engineering*, 23(5) pp. 456~461. (2012).
  12. Lee, J., Choi, J., Chae, J., Joo, J. C. and Ohm, T., “An optimization study on the drying system for the food waste with the closed vapor recirculation system”, *Journal of Korea Society of Waste Management*, 36(4), pp. 375~384. (2019).
  13. Białowieca, A., Pulka, J., Stępień, P., Manczarski, P. and Gołaszewski, J., “The RDF/SRF torrefaction: An effect of temperature on characterization of the product Carbonized Refuse Derived Fuel”, *Waste Management*, 70, pp. 91~100. (2017).
  14. Iacovidou, E., Hahladakis, J., Deans, I., Velis, C. and Purnell, P., “Mechanical properties of biomass and solid recovered fuel (SRF) co-fired with coal: Impact on multi-dimensional resource recovery value”, *Waste Management*, 73, pp. 535~545. (2017).