316001-03

음식물쓰레기 분해장치 개발 및 이 분해산물을 활용한 농업용 펠렛생산 기술 개발 최종보고서 2019

농림식품기술기획평가원

농림축산식품부

첨단생산기술개발사업 제3차 연도 최종보고서

발 간 등 록 번 호
11-1543000-002721-01

음식물쓰레기 분해장치 개발 및 이 분해산물을 활용한 농업용 펠렛생산 기술 개발 최종보고서

2019. 5. 27.

주관연구기관 / 고등기술연구원

농 림 축 산 식 품 부

농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 "음식물쓰레기 분해장치 개발 및 이 분해산물을 활용한 농업용 펠렛생산 기술 개발"(개발기간 : 2016. 02. 29 ~ 2019. 02. 28)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2019. 05. 27.

주관연구기관명 : 고등기술연구원연구조합 (대표자) 김 덕 중 (인)
협동연구기관명 : (재)전라북도생물산업진흥원 (대표자) 김 동 수 (인)
협동연구기관명 : (주)평강비아이엠 (대표자) 최 길 호 (인)
협동연구기관명 : (주)규원테크 (대표자) 김 규 원 (인)

주관연구책임자 : 송 형 운
협동연구책임자 : 이 승 제
협동연구책임자 : 조 래 일
협동연구책임자 : 정 만 수

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	316001-03	해당단계 연구기간	2017.12.29.~ 2019.02.28	단계구분	3/3
연구사업명	단위사업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	첨단생산기술개발사업			
연구과제명	대과제명	(해당 없음)			
	세부 과제명	음식물쓰레기 분해장치 개발 및 이 분해산물을 활용한 농업용 펠렛생산 기술 개발			
연구책임자	송형운	해당단계 참여연구원 수	총: 24명 내부: 24명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부:560,000천원 민간:186,800천원 계:746,800천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 24명 내부: 24명 외부: 명	총 연구개발비	정부:1,440,000천원 민간: 490,300천원 계:1,920,300천원
연구기관명 및 소속부서명	고등기술연구원 플랜트공정개발센터			참여기업명 (재)전라북도생물산업진흥원 (주)평강비아이엠 (주)규원테크	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명: 전북대학교			연구책임자: 채종찬	
※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음					
연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반 <「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의4에 해당하지 않음>				

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호	13	17							22		

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약

[제1세부] 음식물쓰레기 친환경 재자원화 위한 엔지니어링 기반 통합시스템 설계 및 운영 기술 실증

○ 실증 음식물쓰레기 분해소멸시스템 설계 최적화 및 통합시스템 현장 실증

○ 음식물쓰레기 분해산물 펠렛연료 고품위화 기술과 연료 및 연소 특성파악

○ 장기 연속운전 자료 기반 통합시스템 성능 최적화

[제1협동] 유용미생물자원 도출/제형화 및 현장 적용 실증

○ 마이크로 유용자원의 발굴 및 운영시스템 개발

○ 마이크로 제형화 대량 생산 시스템 구축 및 유용 미생물의 현장 실증

○ LCA 분석 및 기술사업화 비즈니스 모델 구축

[제2협동] 음식물쓰레기 수급 체계 구축 및 친환경 분해소멸시스템 현장 실증/사업화

○ 음식물쓰레기 수집 및 활용을 위한 수급체계 구축

○ 실증규모(처리용량 100kg/d) 음식물쓰레기 친환경 분해소멸시스템 현장 실증

[제3협동] 음식물쓰레기 이동형 펠렛성형연료 생산시스템 및 230kW급 농업용 펠렛보일러 요소기술 개발 및 실증/사업화

○ 음식물쓰레기 분해산물 활용 이동형 펠렛성형연료 생산시스템 개발 및 실증

○ 고염분 함유 펠렛연료 활용 농업용 펠렛보일러 요소기술 개발 및 보일러 실증

보고서 면수

416 쪽

<요약문>

연구의 목적 및 내용	[정성적 목표] ■ 유용 미생물자원 도출 및 활용을 통해 음식물쓰레기의 친환경 처리와 부산물 재자원화 기술 실증을 통한 도농복합 자원순환 및 에너지활용 모델 개발 및 사업화 [정량적 목표] ■ 실증규모 음식물쓰레기 분해·소멸 시스템 및 부산물 재자원화 통한 실증 ○ 유용 미생물 자원 도출 및 고농축(≤10^{12} CFU/mL)액상 대량 배양시스템 구축 - 내염성 및 효소활성 유효 균주 확보 20건 및 마이크로 유용균주의 DB 75건/년 구축 - 마이크로 유용자원의 현장 검증 및 마이크로 유용균주 상품화/제형화 ○ 실증규모(처리용량 100kg/일) 발효열 재이용 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 개발 및 실증 - 무게감량 90%이상, 분해·소멸온도 50±5°C, pH 6~9, ATP 100nmol/L이상 - 염분농도 5.0%이하, 발효열에너지 재이용 90%이상 ○ 음식물쓰레기 분해부산물을 활용한 이동형 펠렛성형연료 생산시스템(성형연료 생산능력 100~200kg/hr) 및 중대형 230kW(200,000kcal)급 펠렛보일러 요소기술 개발 및 보일러실증 실증 - 펠렛 연료 사양 : 고밀도 펠렛성형(580kg/m^3), 내구성 95%, 열량 3,500kcal/kg 이상 - 펠렛보일러 열효율 90%이상, 동절기 300평 보일러실증 난방 실증
연구개발성과	[제 1세부] 음식물쓰레기 친환경 재자원화 위한 엔지니어링 기반 통합시스템 설계 및 운영 기술 실증 ○ 실증 음식물쓰레기 분해소멸시스템 설계 최적화 및 통합시스템 현장 실증 ○ 음식물쓰레기 분해산물 펠렛 연료 고품위화 기술과 연료 및 연소 특성 파악 ○ 장기 연속운전 자료 기반 통합시스템 성능 최적화

	[제1협동] 유용미생물자원 도출/제형화 및 현장 적용 실증 ○ 마이크로 유용자원의 발굴 및 운영시스템 개발 ○ 마이크로 제형화 대량 생산 시스템 구축 및 유용 미생물의 현장 실증 ○ LCA 분석 및 기술사업화 비즈니스 모델 구축 [제 2협동] 음식물쓰레기 수급 체계 구축 및 친환경 분해소멸시스템 현장 실증/사업화 ○ 음식물쓰레기 수집 및 활용을 위한 수급체계 구축 ○ 실증규모(처리용량 100kg/d) 음식물쓰레기 친환경 분해소멸시스템 현장 실증 [제 3협동] 음식물쓰레기 이동형 펠렛성형연료 생산시스템 및 230kW급 농업용 펠렛보일러 요소기술 개발 및 실증/사업화 ○ 음식물쓰레기 분해산물 활용 이동형 펠렛성형연료 생산시스템 개발 및 실증 ○ 고염분 함유 펠렛 연료 활용 농업용 펠렛보일러 요소기술 개발 및 보일러실증
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	■ 기대효과 - 유용미생물 확보 및 DB 구축을 통해 생물자원다양성 보존에 기여하며, 수입 미생물을 대체하여 국내 토종 미생물 활용을 통한 로얄티 손실을 연간 10억원 이상 줄이고 국내 미생물 산업 활성화에 기여 - 본 음식물분해소멸장치를 통해 음식물쓰레기를 기존 톤당 150,000원~200,000원에 처리비용을 톤당 90,000원 정도에 처리할 수 있어 처리비용을 40%이상 저감할 수 있고, 부가적으로 분해부산물을 연료로 활용하여 기존 목재펠렛(톤당 400,000원)을 대체한 가격 경쟁력을 갖춘 음식물펠렛성형연료(톤당 120,000원)를 확보함으로 시설원예농가에 광열동력비를 70%이상 절감할 수 있으며, 비수기 퇴비화를 통한 시설원예 및 경종농가에 퇴비로 활용하여 농가에 비료비용을 40%이상 절감할 수 있음 - 또한 이동식 펠렛성형연료시스템의 개발을 통해 지역 내 음식물분해부산물을 활용하여 펠렛 연료 및 퇴비화를 통해 도농복합형 자원순환 및 에너지 활용 체계를 구축함으로 도시와 농촌에 상생발전을 도모하고 지속가능한 농업발전 모델을 도출 ■ 사업화 활용방안 - 국내 생물자원 유래 안정성과 기능성을 가진 균주 개발 및 종균화 기술로 세계적 브랜드와 경쟁할 수 있는 토종 유용발효미생물 확보를 통한 산업화 도모 - 도농복합 자원순환 및 에너지 이용효율 극대화와 에너지 수요처의 특성에 부합하는 에너지 변환체계를 확립하여 전반적으로 활성화 될 수 있는 사업기반을 구축

	- 본 개발 기술은 단순히 음식물류 폐기물을 분해소멸하고 부산물을 활용하여 농업용 에너지 대체를 목적으로 하기 보다는 도심과 농촌에 상생 발전을 위한 활력화 모델로서 도농복합형 에너지자립마을의 일환으로 추진, 기술적 안전성과 경제성을 향상시켜 정부 정책을 활성화 안정적인 농촌개발 사업으로 안착 유도				
국문핵심어	음식물쓰레기	미생물	분해·소멸	펠렛성형	펠렛보일러
영문핵심어	Food waste	microorganism	Decomposition -Extinction	Pelletizer	PelletBoiler

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요----------1
1-1. 연구개발 목적----------1
1-2. 연구개발의 필요성 ----------3
1-3. 연구개발 범위----------14
2. 연구수행 내용 및 결과 ----------17
2-1 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계 ----------17
2-2 연구개발성과 ----------42
2-3 사업화성과 및 매출실적 ----------50
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ----------51
3-1. 목표----------51
3-2. 목표 달성여부----------51
4. 연구결과의 활용 계획 등 ----------53
참고 문헌 ----------54
[부록 1] 세부연구수행 결과----------57
I. 마이크로 유용자원 확보 기술개발----------59
1. 마이크로 유용자원의 발굴 및 data base 구축화 ----------51
2. 리그닌 분해 미생물의 분리 및 유전체 분석----------137
3. 마이크로 유용자원의 second metabolites 탐색----------164
4. 마이크로 유용자원의 제형화 시스템 구축----------178
II. 음식물쓰레기 분해산물 통합시스템 구축----------187
1. 처리용량 4kg/일 음식물쓰레기 분해소멸시스템 설계 및 운전----------187
2. 처리용량 4kg/일 음식물쓰레기 분해·소멸장치 장기 운전을 통한 성능 최적화----------224
3. 처리용량 100kg/일 음식물쓰레기 분해소멸시스템 설계 및 운전-------250
III. 음식물쓰레기 분해산물 활용 펠렛성형연료 생산시스템----------284
1. 펠렛성형 연료 안전성을 위한 성형 최적조건 연구----------284
2. 음식물쓰레기 분해부산물 이동형 펠렛성형연료 생산시스템 개발------299

3. 230kW(200,000kcal/h) 음식물쓰레기 펠릿보일러 요소기술 설계 및 시제품 제작----------321
4. 음식물쓰레기 펠릿 성형기 개선 및 펠릿보일러 연소특성 개선---------345
IV. 음식물쓰레기 분해산물 통합시스템 현장 실증----------369
1. 마이크로 유용자원의 현장 적용 실증 연구----------369
2. 실증규모(처리용량 100kg/일) IoT 기술 융합 음식물쓰레기 분해·소멸 시스템 성능 최적화 및 연속 운전----------387
3. 음식물쓰레기 분해산물 펠렛 연료 적용 보일러 실증 테스트----------405

주 의

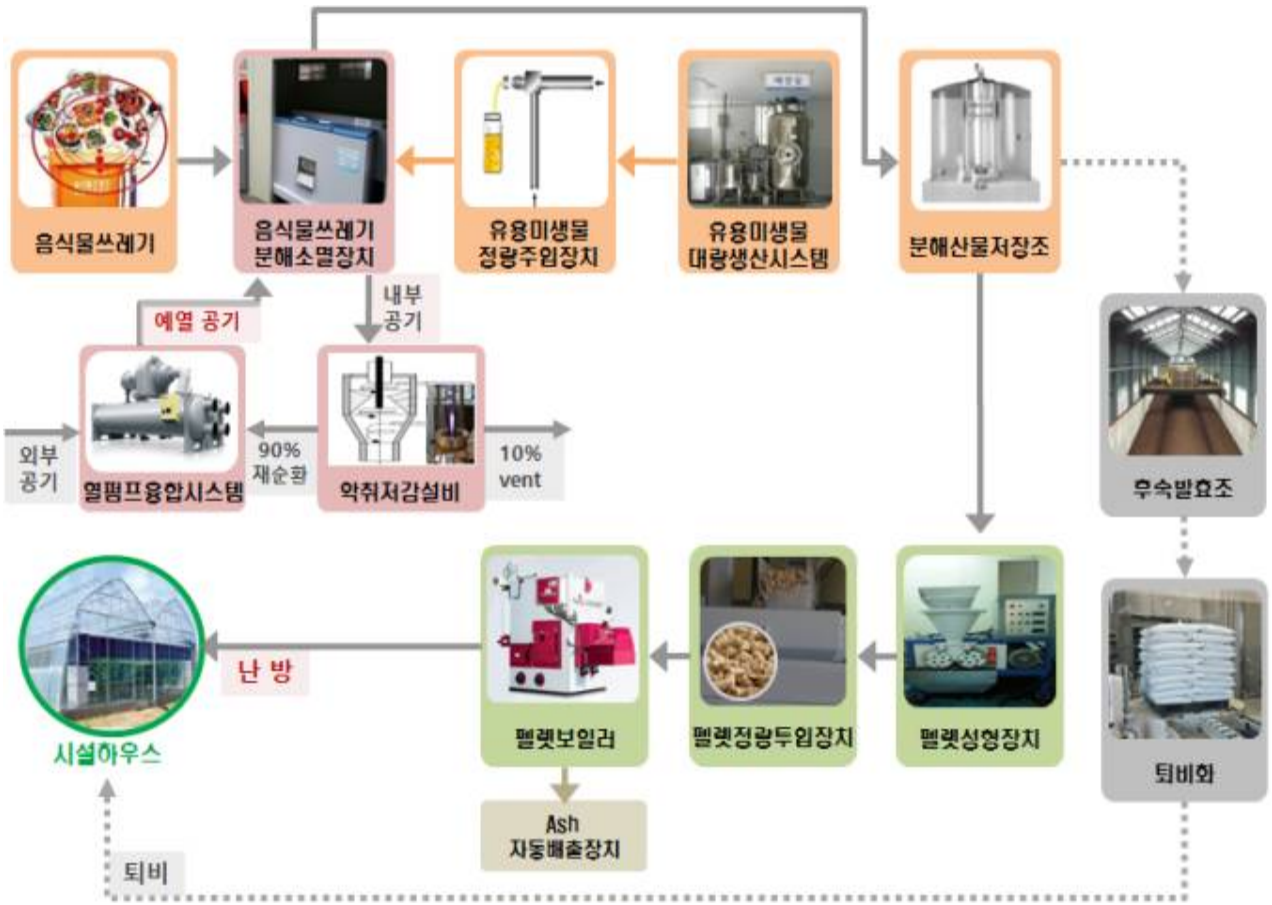
1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발 목적



<표 1> 개발기술 혁신 및 차별성

핵심기술	기존 기술	개발 기술
유용미생물	◦ 내염분 2%, 중온미생물(30˚C) ◦ 배양농축(≤10^8 CFU/mL)	◦ 내염분 5%, 호열미생물(50˚C) ◦ 배양농축(≤10^{12} CFU/mL)
분해소멸장치	◦ 온도모니터링 및 단순제어	◦ 미생물활성기반 모니터링/제어 ◦ 발효열 재이용 90%이상 ◦ 콘덴싱융합시스템
펠렛성형기술	◦ 펠렛성형(4급펠렛연료수준) ◦ 고정식펠렛제조시스템	◦ 펠렛성형(3급펠렛연료수준) - 고밀도 580 kg/m^3 ◦ 이동식펠렛제조시스템
보일러요소기술	◦ 목재펠렛연료 전용보일러 (화격자 STS304소재 사용) ◦ 수동재처리 / 열효율 80% ◦ 음식물부산물연료 적용 불가능	◦ 고염펠렛연소기술 (화격자 내부식성소재 Ni-CR 합금소재) ◦ 자동재처리 / 열효율 90%

1-2. 연구개발의 필요성

■ **도농(도시-농촌)복합형 자원순환 및 에너지 활용 위한 음식물쓰레기 처리 및 재자원화 시스템 필요**

○ 유기성 폐기물의 해양배출 금지에 따라 음식물류 폐기물의 처리 및 자원화 이슈는 2014년도 사회현안문제 해결을 위한 10대 다부처 과제로 선정될 정도로 중요한 국가적 현안 문제임.

○ 국내 음식물쓰레기는 수분함량과 유기물 함량이 80% 이상으로 매우 높고, 염도가 높아서 저장, 수거 및 운송과정에서 쉽게 부패하여 악취와 침출수 등의 심미적 악영향으로 주거단지 내에서 쾌적성 저해요인으로 작용하고 있음.

○ 그러므로 발생원에서부터 원천적으로 음식물쓰레기의 적정 처리에 대한 효과적 기술 개발 필요성이 증대되고 있으며, 공동주택에서 발생하는 음식물쓰레기는 발생량, 성상이 거의 일정하여 생물학적 처리 후 활용이 용이하여 유용한 에너지 자원으로 기대되고 있음.

○ 또한 국내외 폐기물 처리 및 자원화 시설들은 감량화/자원화 방식으로 주로 대형·집중형 형태로 운영되고 있으나 다양한 기술적·사회적·경제적 한계를 내포하고 있음. 음식물종량제 추진 등 다양한 정책이 추진되고 있으나 자원순환 인식 및 실천부족으로 효과는 미미한 수준이며, 정부차원의 소규모·지역밀착형 유기성 폐기물 처리시설 및 주민 주도 운영을 통한 문제 해결 노력이 필요.

○ 전체 생활폐기물 중에서 음식물쓰레기는 약 20% 전후로 나타났으며, 2004년도 22.0%까지 감소하였지만, 2005년부터 증가추세를 보이면서 2008년에는30.1%로 급격한 증가추세를 나타냈고, 2009년 이후에는 26.6%이상의 추세를 유지하고 있음. 이러한 추세는 2005년도부터 시행된 음식물쓰레기의 직매립 금지가 발생량 증가를 유발하였으며, 생활폐기물에서 음식물쓰레기의 분리수거가 철저하게 이루어진 것이 원인으로 판단됨.

○ 음식물쓰레기와 같은 유기성 폐자원은 잠재적 에너지가 큼으로 이를 활용하여 안정적인 친환경 처리와 동시에 농촌의 보일러실증 농업시스템에 에너지로 활용하기 위한 기술 개발이 필요.

■ **신규 생물자원(유용미생물) 확보 및 데이터베이스 구축을 통한 생물자원다양성 관리필요**

○ 유용 생명자원 선점을 위하여 세계는 생물다양성 협약(CBD), 세계생물다양성정보기구(CBIF), OECD, 세계생물자원센터네트워크(GBRCN) 등을 통한 생명자원의 전략화 강화 추세이며 생명공학기술의 발달로 천연신약, 유용생물소재 발굴, 종자개량, 우전연구 등에 있어 생명자원의 활용가치가 증가하고 있음으로 생물자원다양성 관리 필요.

○ 미국, 일본, 유럽연합 등의 선진국들은 생명자원의 효율적 활용을 위한 국가 관리 육성 체제를 강화하여 생명자원을 지속적·전략적으로 확보하고 있음.

<그림 1> 유용 미생물자원 연구필요성

■ **고유가 및 기후변화 대응 시설채소 등 재생에너지 활용 농업시스템 구축 필요**

○ 현재 세계적인 저성장에 영향으로 유가가 배럴당 $20내외로 지속적으로 하락하고 있지만 중국, 인도를 비롯한 신흥 재개발 국가들의 경제가 살아나고 세계 경기가 회복되면 이로 인한 에너지 수요급등으로 기인, 유가상승이 지속적으로 진행될 것으로 판단됨.

○ 유가상승은 시설채소 경영비중 광열동력비의 비중 증가 영향.

<표 2> 시설채소작물의 유가기준 광열동력비

시설채소작물	유가기준 광열동력비 비중 (%)			
	2007년 ($68.4)	시나리오I ($85.4)	시나리오II ($94.2)	시나리오III ($102.8)
시설고추	42.0	47.2	49.5	51.6
시설오이	39.1	46.1	48.3	50.1
시설토마토	27.6	42.4	44.5	46.5
시설호박	25.4	28.9	31.9	34.4
시설딸기	8.5	12.5	13.7	15.2

주 : 시설오이, 시설토마토, 시설딸기는 촉성 기준임, 광열동력비를 제외한 나머지 경영비는 변동하지 않는 것으로 가정하고 기상여건은 평년수준으로 가정 함.

자료 : 농촌경제연구원, "유가상승이 시설채소 농가에 미치는 영향", 2008

○ 유가상승은 농가 경영비의 증가 및 소득 감소 초래 영향.

<표 3> 시설채소작물의 농가경영비 및 소득변동 시나리오

시설채소작물	2007년기준 유가 상승 시나리오별 경영비 및 소득 변동(%)							
	2007년 ($68.4)		시나리오I ($85.4)		시나리오II ($94.2)		시나리오III ($102.8)	
	경영비	소득	경영비	소득	경영비	소득	경영비	소득
시설고추	9,232	9,223	9.9	△9.8	15.0	△14.9	19.8	△19.7
시설오이	11,904	14,311	13.1	△10.9	17.7	△14.7	22.0	△18.3
시설토마토	6,564	8,712	8.3	△6.3	12.4	△9.4	16.6	△12.5
시설호박	4,612	4,578	4.9	△5.0	9.6	△9.6	13.8	△13.9
시설딸기	5,784	7,387	4.6	△3.6	6.1	△4.8	8.0	△6.2

주 : 시설오이, 시설토마토, 시설딸기는 촉성 기준임, 광열동력비를 제외한 나머지 경영비는 변동하지 않는 것으로 가정하고 기상여건은 평년수준으로 가정 함.

자료 : 농촌경제연구원, "유가상승이 시설채소 농가에 미치는 영향", 2008

○ 유가상승으로 인한 시설채소 농장의 경영악화는 주요 시설채소 작물의 재배면적 감소, 생산 단수 감소를 초래하고, 나아가 농산물 수급불균형 및 물가상승으로 경제전반에 악영향을 초래.

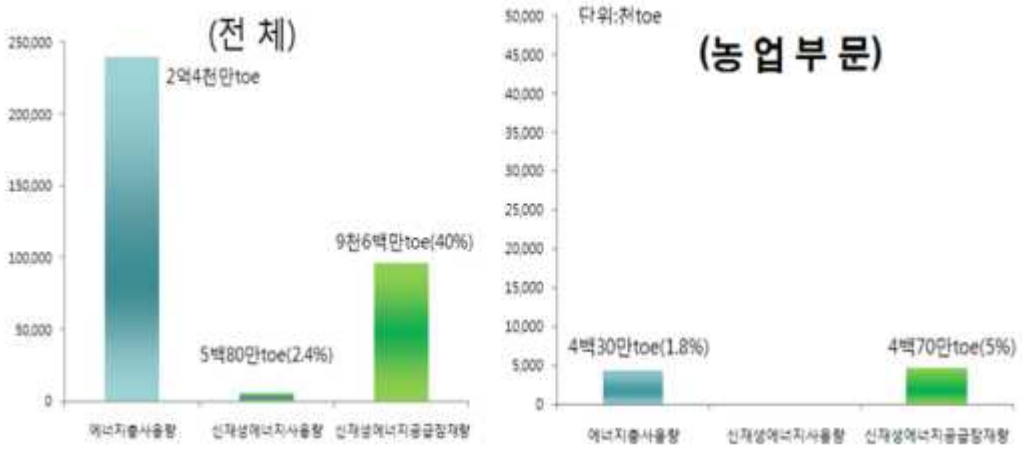
○ 국가차원의 보일러 실증가스 저감 노력에 부응하고 농업부문에서도 보일러실증가스를 감축하고 유가상승에 대응하여 안정적인 시설채소 농가 경영기반 확립하기 위하여 음식물쓰레기를 활용한 농업용 에너지 생산을 통한 신재생에너지로 대체하는 친환경적인 바이오에너지 농업 시스템의 도입이 필요.

■ 음식물쓰레기 등 유기성폐자원 활용을 통한 농업생산부문 에너지자립 가능

○ 근래 농업기계화, 시설원예작물 재배면적 증가 등으로 우리나라 농업의 에너지 의존성이 증가, 농림어업 분야의 에너지 소비량은 1981년 75만 8,000 TOE에서 2008년 286만 TOE로 3.8배 증가, 면세유 기준 농업용 유류 사용량은 1990년 64만 9,399 톤에서 2008년에 197만 5,412톤으로 3배가 증가(Kim et al., 2010).

○ 2009년 기준 농업부문에서 사용되는 에너지는 국가 전체 에너지 사용량의 1.8% (4,300천 TOE) 수준이며, 석유류가 79.4%, 전력이 15.4%, 신재생에너지는 0.0001% (2,400 TOE) 수준임.

○ 농업용 에너지의 사용용도는 시설재배 45.4%, 농기계 19.2%, 건조용 6.4%, 기타 10.0% 이며, 어업용이 10.0%, 농가용이 8.9%로 보고(Park and Kim, 2010), 특히, 우리나라 재생에너지 공급 잠재량은 9천 600만 TOE이며, 국내 에너지 총사용량 2억 4천만 TOE의 40%에 해당, 따라서 농업부문의 에너지 사용량은 430만 TOE로 재생에너지 공급 가능량의 5%를 이용하면 농업부문의 에너지 자립이 가능(Park and Han, 2011).



<그림 2> 국가 에너지소비량과 농업부문 재생에너지 공급 잠재량

■ **음식물쓰레기 활용 에너지의 농업부문 실증 기술체계 확립 필요**

○ 농업, 농촌 부문에서 재생에너지 생산 및 이용체계 확립을 위해서는 지역고유의 특성을 반영하는 도농 연계형 음식물류 폐기물을 활용한 신재생에너지 시스템의 확립이 요구되며, 도농에 자원을 최대한 활용함으로 에너지 자원순환형 농업은 이산화탄소를 경감시킬 뿐만이 아니라 에너지 안보를 높이고, 지역경제의 활성화, 일자리 창출, 환경보호 등 전후방 연관 효과를 창출.

○ 최근까지 농업활동에 활용할 수 있는 재생에너지원은 지열, 공기열 히트펌프, 농축산 바이오매스를 이용하는 바이오가스화 및 목재팰릿 등이 있으며, 이들 에너지원은 경제성, 생산성, 환경성 측면에서 직간접적인 편익을 발생시키는 대체에너지원으로 평가되고 있음.

○ 근래까지는 에너지 생산 공정기술, 전력변환 이용기술, 농가 에너지 자립마을 실증연구에 치중되었으나 농가 에너지 수요가 농업부문에너지의 10%에 불과하고 농사용 에너지의 수요가 90%를 차지하는 점을 고려할 때 농업현장 중심의 농사용 에너지 자립 및 에너지 수요처 특성별(재배작물, 작물재배형태, 에너지 수요형태, 에너지 수요량 등) 맞춤형 재생에너지 시스템의 기술체계 확립이 필요.

(1) 정책적 측면

■ **국가 에너지 기본 계획에 부합하는 농업부문 신재생에너지 보급 확대 방안 확립**

○ 제3차 신재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획(2009~2030)(지경부, 2008) 달성을 위한 바이오에너지 분야 전략적 기술 개발·보급·이용 방안 도출이 요구.

○ 정부는 2008년 636만TOE에서 2030년 3,303만 TOE로 신·재생에너지 보급목표 수립.

○ 바이오 분야 2008년 8.1%에서 2030년 31.4%로 신·재생에너지 비중 확대, 2030년까지 신·재생에너지 이용·보급 목표 달성을 위해서는 바이오에너지 분야의 전략적인 기술 개발·보급·이용 방안 수립이 요구.

<그림 3> 국가 신재생에너지 기본계획(지경부, 2008)

■ **생명자원의 지속적·전략적 확보를 통한 생물다양성 확보**

○ 환경부는 생물다양성 협약 부속인 나고야의정서의 국내 이행을 위해 마련한 '유전자원 접근 및 이익공유에 관한 법률' 제정안이 10월 14일 국무회의를 통과됨.

○ 한국환경정책평가연구원은 나고야 의정서가 발효되면 내년 국내 바이오산업계에 136억에서 최대 639억원의 추가 비용이 생길 것으로 추정했고 산업계서는 연간 3500억~5000억까지 추가 비용이 발생할 것으로도 전망하고 있는 상황임. 한국은 이미 해외 생물자원 사용대가로 매년 1조 5000억 원의 로열티를 지급하고 있는 상황으로 이에 대한 정부 정책 지원이 시급함.

■ **부처별 신재생에너지 확대 보급 정책에 부합하는 실질적인 보급 확대 방안 확립**

○ 농식품부 등 정부부처는 음식물류폐기물 및 농축산 등 유기성 바이오매스를 활용하는 바이오에너지 설치 시범 사업을 추진하고 있으나, 신재생에너지 생산 중심의 사업 일변으로 에너지 활용 및 이용을 통한 파급효과가 미흡함.

<표 4> 재생에너지 보급 관련 부처별 주요 사업 및 대책

구분	사업/대책	주요내용
농식품부	가축분뇨 에너지 자원화 사업 (2009. 9)	- 가축분뇨 공동자원화 시설 설치사업의 일환으로 2020년까지 100개소 설치를 위한 실행계획 수립 (2010년 3개소 시범사업 추진, 2011년 3개소 추진 중)
환경부	폐자원 에너지화 종합대책 수립 (2008. 5)	- 가연성/유기성 폐기물 에너지화 시설 확충 등 재생에너지 시설을 집약한 환경·에너지타운 조성
부처 통합 사업	폐자원 및 바이오매스 에너지 대책 실행계획(2009. 7)	- 농촌형·도시형·도농복합형·산촌형 바이오매스 에너지 자립형 마을 조성 (농식품부, 환경부, 지경부, 행안부, 산림청 등 7개 부처 합동)

○ 국내 신재생에너지를 활용하는 저탄소 녹색마을 사업을 지식경제부, 환경부, 행정안전부, 농림수산식품부, 산림청이 협력하여 추진하고 있으며 환경부 2개소, 행정안전부 2개소, 농림수산식품부 1개소, 산림청 2개소가 진행 중에 있으나 사업 추진 실적 극히 미흡.

○ 특히 모든 부처별 사업이 농가형 에너지 자립을 목표로 하고 있으며, 바이오매스 에너지를 이용한 전력생산 중심으로 에너지전환의 효율성이 낮아 경제성 및 사업의 파급효과가 미미.

○ 재생에너지 농업 시스템을 통한 농업용 에너지 대체 및 수요처에 부합하는 직접열원 활용을 통한 에너지 효율 제고로 경제성 향상 및 사업의 정책적 파급효과를 극대화 필요.

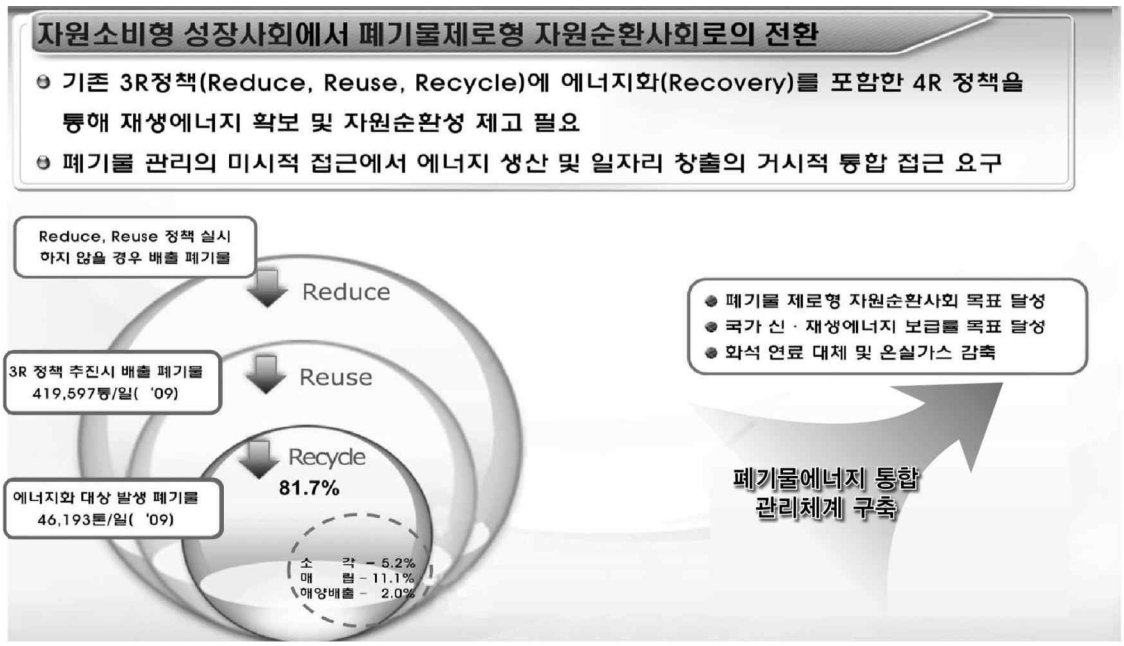
<표 5> 농가형 에너지를 자립하는 에너지자립형 마을 사업추진 현황

모델	주관부처	협력부처	사업추진현황			비고
			지역	재생에너지원	생산(활용방식)	
도시형	환경부	행정안전부 지식경제부	광주광역시 승촌마을	음식물쓰레기 농업부산물	전기 열(비닐하우스) 부산물(액비)	바이오가스
			경남 거창군 양기음기마을	음식물쓰레기 가축분뇨, 농업부산물	전기 열(비닐하우스) 부산물 (액비)	바이오가스
농촌형	농식품부	지식경제부 환경부 산림청	전북 완주 덕암마을	자연력, 산림부산물	전기 열(지역난방)	자연력 펠렛보일러
도농 복합형	행정 안전부	농림부 지식경제부 환경부 산림청	충남 공주 금대리	가축분뇨, 음폐수, 식품폐기물	전기 열(지역난방)	바이오가스 우드칩 보일러
			경기 포천시 영송	혐기소화고형물 축산분뇨	고형연료 (열난방)	축분연료화 (50톤/일) 축분연료 보일러
산촌형	산림청	행정안전부 지식경제부	경북 봉화 솔빛마을	목질계 바이오매스	전기 열(지역난방)	화목 보일러 산림바이오 매스센터
			강원 화천 느릅마을	목질계 바이오매스	전기 열(지역난방)	화목 보일러 산림바이오 매스센터

■ **자원소비형 성장사회에서 폐기물 제로형 자원순환사회로의 전환**

○ 자원순환체계 조성을 위한 기반을 구축하고자 기존의 재활용 촉진과 안전처리 위주의 폐기물관리 정책에서 저비용·고효율의 폐기물 에너지 자원화를 포함한 자원순환 정책을 적극 추진해 나가고 있음.

○ 자원순환사회 실현을 위한 정부의 의지를 제도적으로 뒷받침하기 위해 '자원순환사회전환촉진법' 제정안(2013, 09)을 통해 재활용자원을 확보하기 위한 소각·매립부담금제, 재활용시장 창출 위한 재활용자원·제품 의무사용제 및 순환자원거래소 운영 근거마련, 업계지원을 위한 폐기물 종료인정제도, 재활용시설 규제완화 특례 등 정책적 지원방안을 발표한 바 있음.



<그림 4> 자원순환사회로의 패러다임 변화와 비전

○ 자원순환과정과 자원생산성을 감안하여 폐기물 관리의 6대 원칙, 즉 발생억제, 사전예방, 친환경적 처리, 원인자 책임, 국내처리, 물질적 재활용 우선의 원칙을 천명하여 폐기물의 효율적인 관리를 도모하고자 함.

○ 또한, 폐기물 범주에 친환경적 처리 및 순환적 이용 대상 모든 물질을 포함하고, 처리와 처분과 재활용을 포함하는 등 용어 정의를 명확히 하도록 함.

○ 패러다임 전환에 따라 정책체계 또한 기존의 감량재활용처리 중심에서 에너지회수처리 변화로 인해 자원순환촉진을 위한 정책을 요약하면 상기 그림과 같음.

(2) 경제·사회적 측면

■ **해외 선진 종균을 대체할 수 있는 국산 종균 발굴을 통한 대체**

○ 우리나라는 상용 종균의 많은 부분을 일본, 미국, 프랑스, 독일, 덴마크 등으로부터 수입하고 있는 실정임. 국내 업체에서는 종균 수급 구조개선을 위해 종균의 국산화를 추진하고 있지만 현재 우리나라의 소재(발효)산업 시장규모와 발전 가능성에 비해서 종균의 개발 기술 수준은 선진국에 비해 미흡함.

○ 일례로 국내에서 발효식품에 활용되고 있는 종균들은 대부분 수입산으로 해당국가 및 세계적인 트랜드에 맞게 육종한 품종의 미생물들임. 특히, 술 산업의 효모, 장류산업의 곰팡이, 유발효산업의 유산 등 다양한 미생물을 수입하여 사용함으로써 국가적인 경제적 손실이 막대하기 때문에 이를 국내 토종미생물로 대체하여 산업화 및 상품화하여 국내 발효산업에 적용시킬 필요성이 큼.

■ **농업부문 지구온난화의 방지 및 기후변화협약 대응**

○ UN 등 국제사회는 기후변화 문제를 최우선 의제로 추진하고 있으며, 기후변화 협약에 대응하는 주요 노력들은 기후변화 완화 정책을 중심으로 이산화탄소 저감에 집중.

○ 우리나라의 '05년 보일러 실증가스 총배출량은 5.9억 톤으로 전 세계 배출량의 1.7%를 차지하고 있으며(OECD 국가중 6위, 세계10위), '90년 대비 98.7% 증가, 획기적 감축노력이 없을 경우 '20년 배출량은 '05년 대비 37.7% 증가 예상.

○ 2004년 교토의정서의 발효로 주요 선진국들이 보일러 실증가스 감축의무를 부여받고 있으며, 우리나라는 지속가능한 국가 발전을 위한 환경규제 대응과 재생 대체에너지 개발 노력이 요구됨에 따라 2030년까지 보일러 실증가스 배출 전망치 대비 37%를 감축 목표로 하고 있음.

○ 특히 산업별 보일러 실증가스 배출저감 의무부담에 대한 논의가 진행되고 있으며, 농업환경 중심의 농업부문의 보일러 실증가스 배출량 감소 추세는 큰 의무부담이 예상되지는 않으나, 농업용 에너지 이용과 관련한 보일러 실증가스 발생량 증가는 장기적인 농업 분야 기후변화 대응을 위한 시스템 마련이 필요함.

■ **도농복합형 농업용 에너지 자립을 통한 농촌 활력화 및 개발 모델 도출 필요**

○ 도시에 음식물쓰레기와 농업·농촌 부문은 바이오매스의 발생 근원이라는 점에서 도농 연계를 통한 자원순환체계와 에너지활용을 위한 재생에너지 농업 시스템을 도입, 농촌개발의 新패러다임을 구축하고 농림수산사업의 효율화 및 농촌 활력화 유도.

(3) 기술적 측면

■ **재생에너지 농업 기술 현황**

○ 지열히트펌프

- 정부에서는 시설채소 작물의 에너지 비중이 높아 각종 에너지 절감시설 보급사업을 활발히 추진, 2011년 시설채소 에너지 절감시설은 다겹보온커튼 57.5%, 보온덮개 31.6%, 배수열회수장치 6.3%가 보급.
- 직접적으로 동절기 시설채소 가온에너지를 대체하는 기술은 고체연료난방기(목재팰릿), 지열히트펌프, 바이오가스화 기술이 있으나 아직까지는 시범사업 또는 연구단계에 있음.
- 지열이용기술은 히트펌프를 이용하는 것으로 지하의 열(5-20℃)을 히트펌프의 열원으로 이용, 열원의 회수방식에 따라 일반적으로 수직밀폐형, 수직개방형, 수평밀폐형, 하천수이용형이 있음
- 수직밀폐형은 다른 열원 회수방식과 비교하여 설치비가 가장 비싸고, 설치기간이 기나 간척지를 제외한 국내 모든 지역에 설치가 가능, 수직개방형은 지하수를 퍼올려 히트펌프의 열원으로 이용하고 다시 지하로 환원시키는 방식으로 지하수가 풍부한 지역에 설치가 용이, 수평밀폐형은 지하 3m 이내의 깊이에 PE파이프를 수평으로 설치하는 방식으로 넓은 설치면적이 요구되어 부지확보가 문제임.
- 최근 하천수, 해수, 하수처리수 등의 낮은 온도차에너지(TDE; temperature difference energy)를 히트펌프의 열원으로 이용하는 방식이 각광을 받고 있음.
- 파프리카 수직밀폐형 지열히트펌프 설치농가의 경영비 분석결과 유리보일러 실증 3,000평에 대하여 총사업비 1,297,000천원, 전기료 45,230천원/년 증가, 유류비는 264,000천원/년 감소.
- 재생에너지 농업시스템의 도입으로 정식기간 단축, 재배기간 연장으로 농가 조수입 증가효과가 2.3배 증가한 것으로 보고(농촌경제연구원, 2011).

○ 목질계 바이오매스

- 목질계 바이오매스는 가공형태에 따라 임산폐기물, 장작, 목재칩, 목재팰릿으로 구분, 목재팰릿이 발열량이 높고 운송·보관이 용이하나 제조공정이 복잡하고 제조원가가 높은 단점이 있음.

<표 6> 목재연료별 특징

구분	임산폐기물	장작	목재칩	목재팰릿
원/Mcal	18	56	59	89
가격	45 천원/톤	150 천원/톤	160 천원/톤	400 천원/톤
발열량	2,500 Kcal/kg	2,700 Kcal/kg	2,700 Kcal/kg	4,500 Kcal/kg
장점	폐기물 재활용 생산매우저렴	별도가공불필요	제조공정단순 생산비 저렴	이용평리 오염배출 최소
단점	재 과다 발생 분쇄가공필요	재 과다 발생 수요처 한정	저장시설요구	제조공정 복잡 제조비용 고가
용도	중소규모지역난방 대규모열병합	전통적 개별난방	대규모지역난방 중대규모열병합	가정용난방 소규모시설난방 혼소발전

자료: 산림청(2009), "목재팰릿의 에너지활용대책 보고".

○ 음식물쓰레기와 농축산부산물의 에너지화

- 국내에서도 배출되는 유기성폐자원으로 경우에는 감량화/자원화 기술인 발효, 소멸, 건조, 탈수, 바이오가스, 고형연료화 등은 기술적인 측면에서 일부 상용화가 이루어져 있으나 단편적인 현장 적용에 그쳐 실용화가 저조한 실정임.
- 음식물쓰레기와 농축산 바이오매스의 바이오가스화 기술은 신・재생에너지에 대한 관심 미흡, 정책적 지원 및 인센티브가 부재, 기술적으로 소화조 운전 및 겨울철 관리미숙으로 국내 정착에 실패.
- 최근 국내에 도입되고 있는 혐기성 소화에 의한 메탄 생성 기술은 이미 유럽, 일본 등지에서는 정착・보급된 기술로서 가축분뇨, 농업부산물, 음식물쓰레기 등 고농도 유기성 폐기물의 처리라는 환경적 기능과 바이오가스 등 대체에너지 생산 기능, 소화액의 농지환원을 통한 자연 순환적 기능을 동시에 달성할 수 있는 기술.
- 국내에서는 음식물쓰레기, 가축분뇨, 옥수수, 목초 등 다양한 농업 부산물에 대하여 혐기소화 원료 개발, 메탄균 증대 기법 및 활성화, 혐기소화 처리 공정 개발, 소화 폐액의 활용에 관한 다수의 연구가 개별적으로 진행.
- 또한 도농복합형에 적합한 폐기물량 및 성상 분석, 기반인프라 연계방안, 바이오 에너지화 기술, 회수율을 높이기 위한 선별기술, 건조시의 화재발생 등에 대한 문제점 개선이 필요함.

<표 7> 선진국 대비 국내 바이오·폐기물에너지 기술수준 및 국산화율

구 분	핵심기술(비중,%)	국외대비수준		국산화율			
		세부	평균	설계	평균	제작/생산	평균
폐기물	RDF분야(30)	89.6	83.4	89.5	82.9	92.3	82.2
	유화분야(20)	81.5		84.3		72.6	
	가스화분야(20)	67.0		68.6		64.9	
	소각열회수이용(30)	89.5		85.0		90.0	

자료: 한국에너지기술평가원 조사분석평가 자료, 2011. 2

■ **도농복합형 자원순환체계 및 재생에너지 농업 모델 개발 필요**

○ 2010년 저탄소 녹색마을 사업을 지식경제부, 환경부, 행정안전부, 농림수산식품부, 산림청이 협력하여 추진하여 있으며 농촌형, 도시형, 도농복합형, 산촌형 에너지 자립마을 모델 제시.

○ 최근 재생에너지 농업 시스템은 지역별 바이오매스 발생 특성에 부합해야 한다는 점에서 지역 바이오매스 특성별 재생에너지 농업 모델이 연구되어, 농산부산물 중심, 임산부산물 중심, 축산부산물 중심의 재생에너지 농업 모델이 제시, 그러나 생산 바이오에너지의 구체적인 활용체계가 부족하여 농업용 에너지 대체 측면에서의 구체적인 재생에너지 농업시스템 모델 제시에 한계가 있음.

○ 이에 도농복합형 자원순환체계 및 재생에너지 농업시스템 모델을 제시하고자 도시에서 발생하는 음식물쓰레기를 현지에서 자체 분해소멸장치를 통해 처리하고 이때 발생하는 분해소멸 부산물은 유용 자원으로 가치가 높음으로 부산물을 활용한 시설채소 농가에 재생에너지와 퇴비로 활용하는 새로운 도농복합형 자원순환체계 및 재생에너지 농업시스템 모델 제시.

1-3. 연구개발 범위

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차 년도	2016	[1세부(주관)] ■ 실증규모(처리용량 100kg/d) 발효열 재이용 기능을 탑재한 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 엔지니어링 기반 설계 최적화	○ 발효열 활용 저에너지형 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 엔지니어링 기반 설계 ○ 실험실규모 음식물쓰레기 분해·소멸장치(처리용량 10kg/d) 성능 실험장치 구축 ○ 실증규모(처리용량 100kg/d) 발효열 재이용 기능을 탑재한 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 설계 최적화 ○ 음식물쓰레기 분해산물 펠렛 성형 최적화 및 연료 특성 파악
		[제 1협동/위탁] ■ 마이크로 유용자원의 특성 분석 및 DB 구축 ■ 음식물쓰레기 발효과정에서의 미생물 군집 분석 ■ 마이크로 유용자원의 효력증진제 개발 ■ 고농축 액상 대량배양 시스템 확립	○ 마이크로 유용자원의 스크리닝 100종 ○ 내염성 및 효소활성 마이크로 유용균주 20종 확보 ○ 마이크로 유용자원의 내염성 및 성장조건 확립 ○ 효소활성(cellulase, lipase, protease) 평가 ○ DB 구축 및 운용 모델 구축 ○ 개발장치를 이용한 음식물쓰레기 처리과정에서 미생물 군집분석을 통한 유용미생물의 활성 연구와 위해성 미생물의 처리효과 검증 ○ 천연자원 유래 효력증진제(담체, 지지체, 부가제 등) 발굴 및 적용 ○ 고농축 액상 배양 조건 확립($\leq 10^{12}$ CFU/mL) ○ 디자인 개발 1건
		[제 2협동] ■ 음식물류 폐기물 수급체계를 구축하고 친환경 분해소멸 시스템 개발	○ 배출 업소 선정 및 협약 ○ 수거 체계 및 분쇄, 저장조 설치 ○ 유용미생물을 활용한 실증 음식물쓰레기 분해소멸장치 제작 ○ 실증 음식물쓰레기 분해소명장치 운전에 따른 장치 운전 특성 파악
		[제 3협동] ■ 음식물쓰레기 분해부산물 이동형 펠렛성형 연료 생산시스템 개발 (성형연료 생산능력 100~200kg/hr)	○ 음식물쓰레기 분해산물 고밀도 펠렛 성형장치 설계 및 개발 ○ 이동형 펠렛성형연료 생산시스템 개발 ○ 음식물쓰레기 펠렛 성형 조건 최적화를 통한 성형 기술 개발

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
2차 년도	2017	[1세부(주관)] ■ 실증규모 음식물쓰레기 분해·소멸시스템에 복합악취 제거시스템과 발효열 재이용을 위한 콘덴싱 융합시스템 및 운전성능 최적화	○ 발효열 90%이상 재이용 위한 콘덴싱 융합시스템 개발 ○ 음식물쓰레기 분해·소멸장치에서 배출되는 복합악취 제거 시스템 개발 ○ 실험실규모 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 구축 및 최적화 ○ 음식물쓰레기 분해산물 펠렛연료 고품위화 및 연소 특성 파악 ○ 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 운전성능 최적화
		[제 1협동/위탁] ■ 마이크로 유용자원의 특성 분석 및 DB 구축 ■ 마이크로 유용자원의 혼합처리 조건 분석 ■ 마이크로 유용자원의 제형화 및 생산 시스템 ■ 미생물활성도 모니터링 인자도출 및 방법 최적화	○ 균주 스크리닝 100종 및 DB 구축 보완 ○ 제형화 연구를 통한 분말 및 캡슐 제품화 및 공정 개발 ○ 효력증진제 첨가 및 제형 저장안정성 확보 방안 ○ 혼합 미생물을 이용한 음식물쓰레기 처리조건 개선 ○ 분자생물학적 모니터링 인자 발굴 ○ 분자생물학적 측정방법을 이용한 유용미생물 활성도 모니터링 방법 확립 ○ 디자인 개발 3건
		[제 2협동] ■ 미생물 활성기반 IoT 기술 융합 실증 음식물쓰레기 분해소멸시스템 성능 최적화 및 연속 운전	○ 음식물쓰레기 분해소멸장치 성능 보완 및 연속 운전 ○ 미생물 활성기반 분해소멸시스템 운전 모니터링 및 제어기술 개발 및 실증 ○ 성능이 보완된 100kg/d 처리기 제작(현장배치) ○ 장기 연속 가동 실증
		[제 3협동] ■ 200kw(200,000kcal/h) 음식물쓰레기 펠릿보일러 요소기술 설계 및 제작	○ 230kw (200,000kcal/h) 음식물류 폐기물 펠릿연소 시 발생되는 재를 자동으로 처리하는 자동 버너 청소장치를 구비한 버너 설계 및 제작 ○ 음식물쓰레기 펠릿을 사용하여 진발열량 기준 90%이상의 고효율 열교환기 설계 및 제작 ○ 연소 시 발생되는 먼지 절감을 위한 집진장치 설계 및 제작 ○ 음식물류 폐기물 연소 시 불완전 연소 방지를 위한 O_2 센서 적용을 통한 비례제어 시스템 설계 ○ 음식물류 폐기물 펠릿 연소 후 발생되는 재를 자동으로 포집하여 수거되는 시스템 설계 및 제작

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
3차 년도	2018	[1세부(주관)] ■ 통합시스템 설계 및 운영 기술의 절차·관리에 대한 기술 체계화 및 현장 검증	○ 통합시스템 설계 및 운영 기술 체계화 ○ 음식물쓰레기 분해·소멸장치 장기 현장 운전 및 운전 성능 최적화 ○ 음식물쓰레기 분해산물 펠렛 성형 및 연료적용 보일러 성능 현장 실증 ○ 통합시스템 상용화 기술 확립을 위한 최종 검증과 운전 최적화
		[제 1협동/위탁] ■ 미생물활성도 모니터링 실증연구 ■ 기술등급 평가 ■ R&D 기술사업화 모델 확립 ■ LCA 분석	○ 균주 스크리닝 100종 및 DB 구축 보완 ○ 마이크로 고농축 유용자원 및 제형화 자원의 현장 적용 보완점 도출 ○ 분자생물학적 측정방법을 이용한 유용미생물 활성도 모니터링 방법의 현장 적용실험 ○ 현장시료를 이용한 분자생물학적 모니터링 인자의 적용성 연구 ○ 부문별 기술등급 및 종합기술등급 약식 평가 (기술성, 시장성, 사업성) ○ 국내외 사업화 Business Model 수립 및 기업체 적용 ○ 전주기(Life Cycle Assessment) 공정별 환경위해성 및 경제성 분석
		[제 2협동] ■ 음식물쓰레기 분해소멸장치 통합시스템 구축 및 현장 실증	○ 실증 분해소멸장치 제품화를 위한 통합시스템 컴팩트화 ○ 분해소멸장치 실증운전을 통한 운전매뉴얼 확립 ○ 현장검증 및 장기연속 최적 운전 시스템 완성 ○ 외식업체 현장 악취 및 소음진동 등 환경 유해인자 분석 및 검토 ○ 음식물쓰레기 종량 시스템과 호환되는 친환경적인 디자인 개발
		[제 3협동] ■ 음식물 펠릿 성형기 개선 및 펠렛보일러 보일러실증 현장 실증	○ 음식물쓰레기 펠릿 성형기 개선 및 펠릿보일러 연소특성 개선 ○ 음식물쓰레기 분해산물 펠렛 성형 및 연료적용 보일러 성능 현장 실증 ○ 장기 연속운전에 따른 모니터링 기반 구축

2. 연구수행 내용 및 결과

2-1 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계

가. SWOT 분석

구분		내용
Strengths (강점)	사회 환경동향	- 도농 복합형 자원순환 및 에너지 활용 체계 구축
	기술요소 경제, 연구동향	- 분산형 시스템의 폐기물 처리 및 자원화 최초 시도 - 세계적 IT 기술 및 정보화 수준 확보 - 사회적 기업을 통한 유휴인력 일자리 창출 - 창조경제 구현을 위한 정부의 적극적 지원정책 및 R&D 투자 의지 - 국내 기술의 강점인 IT, BT, ET 산업 발달로 인한 높은 융 복합 기술개발 잠재력 - 다부처간 관련 기술개발 성과물과의 연계 전략화
Opportunities (기회)	사회 환경동향	- 신재생에너지 보급 위한 정책 및 사업 추진 활발 - 개인/가정단위의 소규모 형태 신재생에너지 사용 장려 - 중소기업 육성 및 지원정책 활발 - 사회·경제·문화적 수준 변화에 따른 클린 환경에 대한 요구 높음
	기술요소 경제, 연구동향	- 개도국 대상의 국제기구 (World Bank, ADB 등)의 재정지원 증가 - 국내 디스포저 이용의 법·제도적 허용 확대 - 커뮤니티 비즈니스 및 사회적 기업에 대한 인식 및 지원 확산 - 기후변화, 자원순환 등의 국제적 이슈에 대한 협력네트워크 강화
Weaknesses (약점)	사회 환경동향	- 대형·집중형 방식의 폐기물 처리 및 자원화 한계 - 폐기물 장거리 수거에 따른 높은 사회적 비용 수반
	기술요소 경제, 연구동향	- 기 개발된 소형 바이오 에너지화 기술 현장 활용 미흡(실증화 부족) - 선진국 대비 자원순환기술 수준 미비 - 폐기물 처리시설에 대해 주민혐오시설로의 인식(님비현상) - 기존 집중형·대형 폐기물 처리시스템 구조에 적합한 법제도 - 도농복합형 자원순환체계에 대한 비용편익, 커뮤니티 및 환경 등에 대한 정량적 분석 및 평가 기법 부재 - 중소기업 개발기술에 대한 실증경험모델 부재 - 융합·혁신 기술 관련 핵심인력들의 대기업·연구소 편재
Threats (위험)	사회 환경동향	- 2013년 폐기물 해양투기 전면 금지 따른 도심 폐기물 처리문제 시급 - 폐자원·에너지 순환에 대한 시민들의 인식 및 실천 부족
	기술요소 경제, 연구동향	- 해외시장 정보 및 수요 변화의 높은 불확실성 - 폐기물 처리 관련 해외기술의 국내 도입 증가 - 해외 기업들의 주요 요소기술 선점 및 국내시장 진입 우려 - 국내 환경에 맞는 참조 가능한 선진사례의 부재 - 도농복합형 자원순환체계 구축 위한 융합연구 인프라 부족

나. 추진전략

■ 음식물쓰레기 미생물 활용 친환경 처리 및 부산물 재자원화에 대한 지역특성을 최대한 고려하고 에너지 이용효율을 극대화 할 수 있는 방향으로 기본 계획수립

검토항목	검토내용	기본 계획 반영
재생에너지원은?	- 저함수 바이오매스는 고형연료로 이용이 가능하나 안정적인 발생원 확보가 어려움 - 고형연료의 생산에 높은 수준의 기술을 요구하지 않는 반면, 수집·운반체계 확립이 어렵고 수집·운반 단계 경제적 비용 상승으로 경제성이 낮음 - 고함수 바이오매스는 고형연료 생산을 위해서는 필수적으로 건조 등에 수분제거 공정이 수반되어야 함 - 도농복합형 자원순환체계의 실행 가능한 기술이며, 지역여건에 부합되어야 함	- 고함수에 음식물쓰레기를 수집 운반하지 않고 배출지(외식업체)에서 분해 소멸함 - 분해소멸된 부산물을 수집 운반하여 펠렛 연료 및 퇴비로 자원화 - 펠렛연료를 활용한 시설원예농가의 난방용 연료로 활용
음식물쓰레기에 적합한 내염 및 활성이 높은 미생물 제재는?	- 음식물쓰레기 배출지인 외식업체에 직접 설치하여 미생물기반 분해소멸장치가 운전됨으로 미생물의 활성과 내염성이 매우 중요함 - 계절별 온도변화에 미생물 활성 변동폭이 크지 않아야 함 - 미생물 활성도가 매우 중요한 인자로 이에 대한 활성도를 모니터링을 통한 최적 상태 유지	- 내염, 고활성에 유용 호열미생물 자원의 발굴 및 운영시스템 구축 - ATP 등 미생물 활성도 모니터링 인자 도출
음식물쓰레기 분해소멸시스템은?	- 외식업체에서 배출되는 음식물쓰레기에 안정적인 처리와 동시에 부산물 재자원화 - 도심지로 악취에 대한 민원 발생 고려 - 계절변화에 성능 변화 없는 안정적인 운전	- 분해소멸장치에 발효열 90%이상 재이용 가능하도록 시스템 - 복합악취에 대한 저감 방안
재생에너지 생산을 위한 유입원료의 종류 및 활용 방안은?	- 도농복합형 자원순환체계와 지역특성을 고려할 때 음식물쓰레기와 농산부산물 조달이 용이 - 시설원예 농가에 난방 시기가 계절적으로 동절기로 펠렛 연료의 사용시기 제한적임 - 분해산물에 대한 동절기외에 활용할 수 있는 계획 수립 필요	- 주원료 : 음식물쓰레기 활용 - 펠렛 연료 고품위화를 위해 농산부산물에 혼합 성형기술 검토 - 펠렛 연료는 동절기에 시설원예 난방용으로 활용하고 비수기에는 퇴비화하여 활용
염분 및 재함량이 높은 펠렛연료의 활용 방안?	- 기존 시설원예농가에 적용한 목질계 펠렛연료에 비해 저급한 음식물쓰레기 분해산물 유래 펠렛 연료에 1% 이상 포함된 염소성분과 5%이상의 재성분에 대한 기술적 해결을 위한 검토 필요 - 펠렛 연료 적용시에 펠렛보일러 내부 부식 문제 - 시설원예 설비에 100%난방을 위한 보일러 성능 향상	- 보일러실증 난방을 위한 음식물쓰레기 유래 펠렛 연료를 활용한 고효율 펠렛 전용 보일러 개발 및 현장 실증

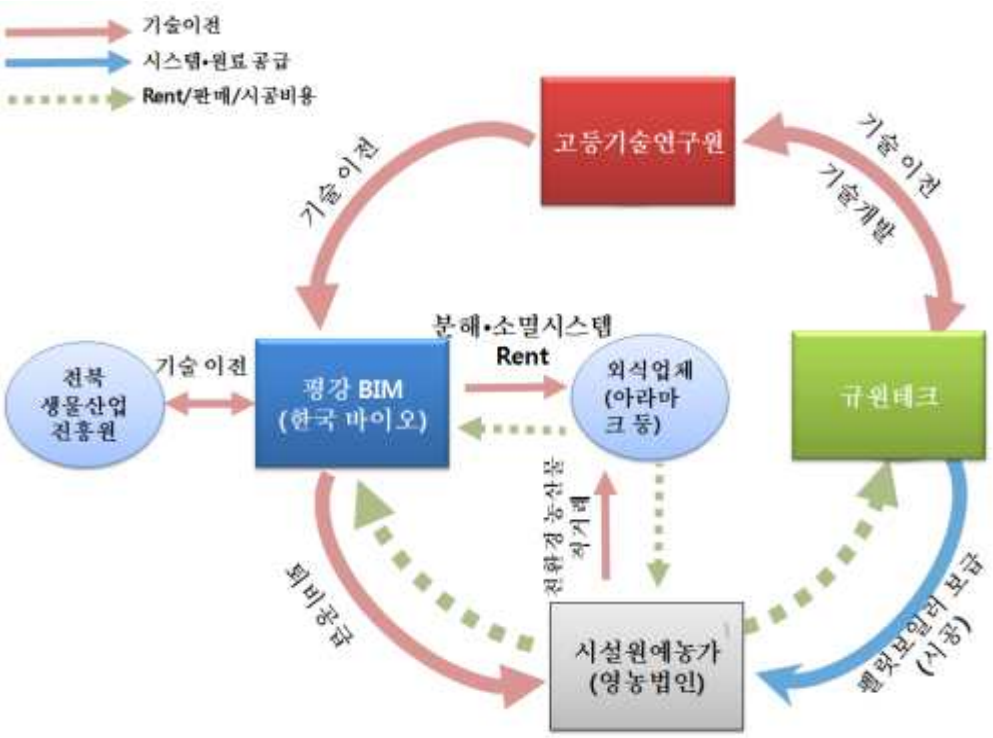
■ **안정적인 실증연구 추진 여건 및 실증시설 운전 안전성 확보**

○ 음식물쓰레기 원료 확보 및 분해소멸시스템 설치를 위한 외식업체 확보 : 도농복합형 자원순환시스템 구축을 위한 음식물쓰레기 안정적인 원료 확보를 위한 아라마크(외식업체)와 업무협약 추진 중(과제 협약 시에 외식업체와의 업무협약서 제출) 참고 : 아라마크 : 전국 300여개 외식업장을 운영 중임.

○ 최적의 실증보일러실증 농가 확보 : 기존 보일러실증에서 목재펠렛보일러 3기 사용 중으로 본 연구에 분해산물 유래 펠렛연료를 활용한 펠렛보일러 1기를 대체하여 적용 시에 보일러실증 난방비 절감과 환경위해성에 대한 비교분석을 통해 재생에너지로 대체하는 실증사업의 타당성을 확보.

○ 안정적인 실증연구 추진기반 마련 : 외식업체와 실증 보일러실증농가와 "농림수산식품 연구개발사업 참여 협약"을 과제 협약 전에 체결하여 과제 수행에 안정적인 추진 기반을 마련.

○ 지속적인 실증시설 운전 기반확보 : 본 과제의 참여기업으로 있는 한국바이오(주)는 현재 음식물쓰레기을 활용하여 퇴비화 사업을 추진하고 있음으로 보일러실증 난방용으로 펠렛 연료가 사용되는 동절기를 제외한 하절기를 포함한 비수기에 퇴비화를 통해 본 과제에서 도출된 실증시설의 장기 연속 운전과 상업 운전에 대한 연구수행의 안정성을 확보, 특히 과제 종료이후에도 지속적인 운전이 가능한 연구사업 체계를 확립하여 기술개발의 성과를 지속화, 극대화 가능.



<실증연구시설 지속적 운전 위한 운영체계 구축 및 사업화>

■ **도농복합형 자원순환 및 에너지 생산 시스템 구축**

- 기존 추진되어온 에너지 자립마을 시범사업의 경우 에너지 공급 보다는 에너지 생산에 중심을 두고 있어, 대부분 전력생산을 통한 전기에너지 공급 중심이고 음식물쓰레기와 같은 폐기물의 지역 이동이 제한되어 있어 처리와 동시에 에너지화가 가능한 도농 복합형 자원순화 및 에너지 생산 시스템 구축.
- 본 과제는 환경문제를 크게 야기하는 음식물쓰레기를 현지에서 안정적으로 처리하고 그 부산물을 활용하여 보일러실증 난방에 필요한 에너지와 퇴비로 활용하기 위한 효율성에 목적을 두고 있어 재생에너지 농업 시스템의 개념을 도시의 음식물쓰레기 처리문제와 접목함으로써 본 과제의 파급효과를 극대화하는 방향으로 추진.

■ **유용 미생물 균주의 안정적 확보 및 제품화 전략**

○ Track Ⅰ: 핵심기술개발(≤10^{12}CFU/mL 고농축 균주), 유용균주 data base 구축(균주 동정 및 특성 규명)

○ TrackⅡ: 안정화 제형 연구, 효력증진제 발굴 및 첨가기술, 제형 시제품 개발(분말, 타정, 캡슐)

- 국내외 생물공정, 분리정제 공정, 제형화 공정 전문가 조언을 통한 기술개발
- 미생물 제제 및 비료 등록 담당자와의 지속적 업무협조
- 현장 상용화를 위한 농가 및 대형 벤더와의 업무협조
- 핵심기술 개발을 통한 지적재산권 확보를 위한 특허 변리사와의 업무 협조
- 기술평가 및 기술이전 등 기술사업화를 위한 업무협조(KIBO, TLO 기관 등)
- 비즈니즈 모델 발굴을 위한 업무협조(JM Partners 등)
- 유통·마케팅 전문 그룹 확보 및 연계 협력 시스템 구축

연구시설 및 개발능력

▶ (재)전북생물산업진흥원 분석 및 생산 보유 장비 : 분석센터 시설 현황

▶ (재)전북생물산업진흥원 제형 개발 현황

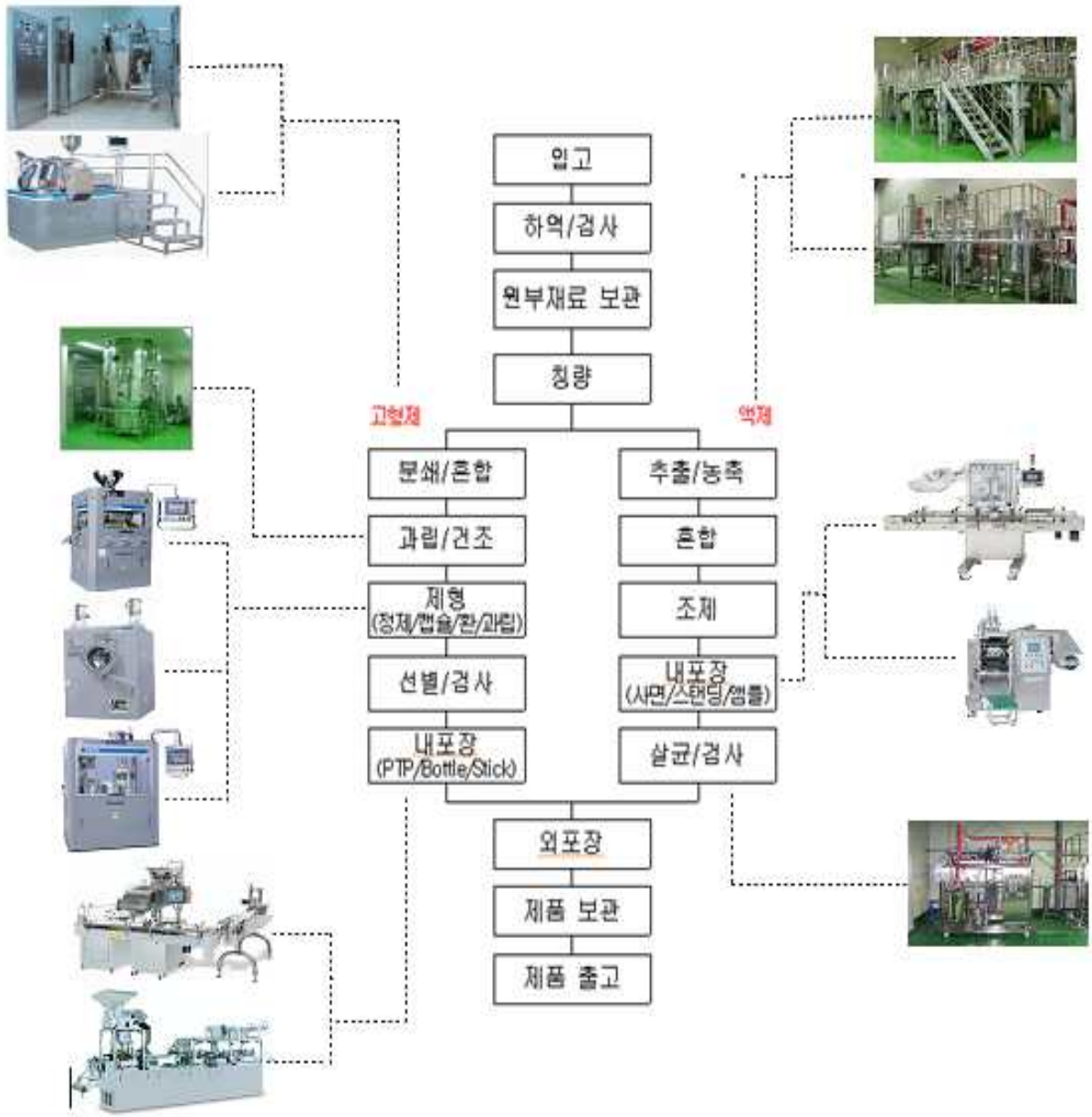
생산 장비 현황

▶ (재)전북생물산업진흥원 GMP 및 Pilot Plant 생산 보유 장비

: GMP 및 pilot plant 시설 현황

▪ 우수건강기능식품 제조기준(GMP) 적용 업소 지정

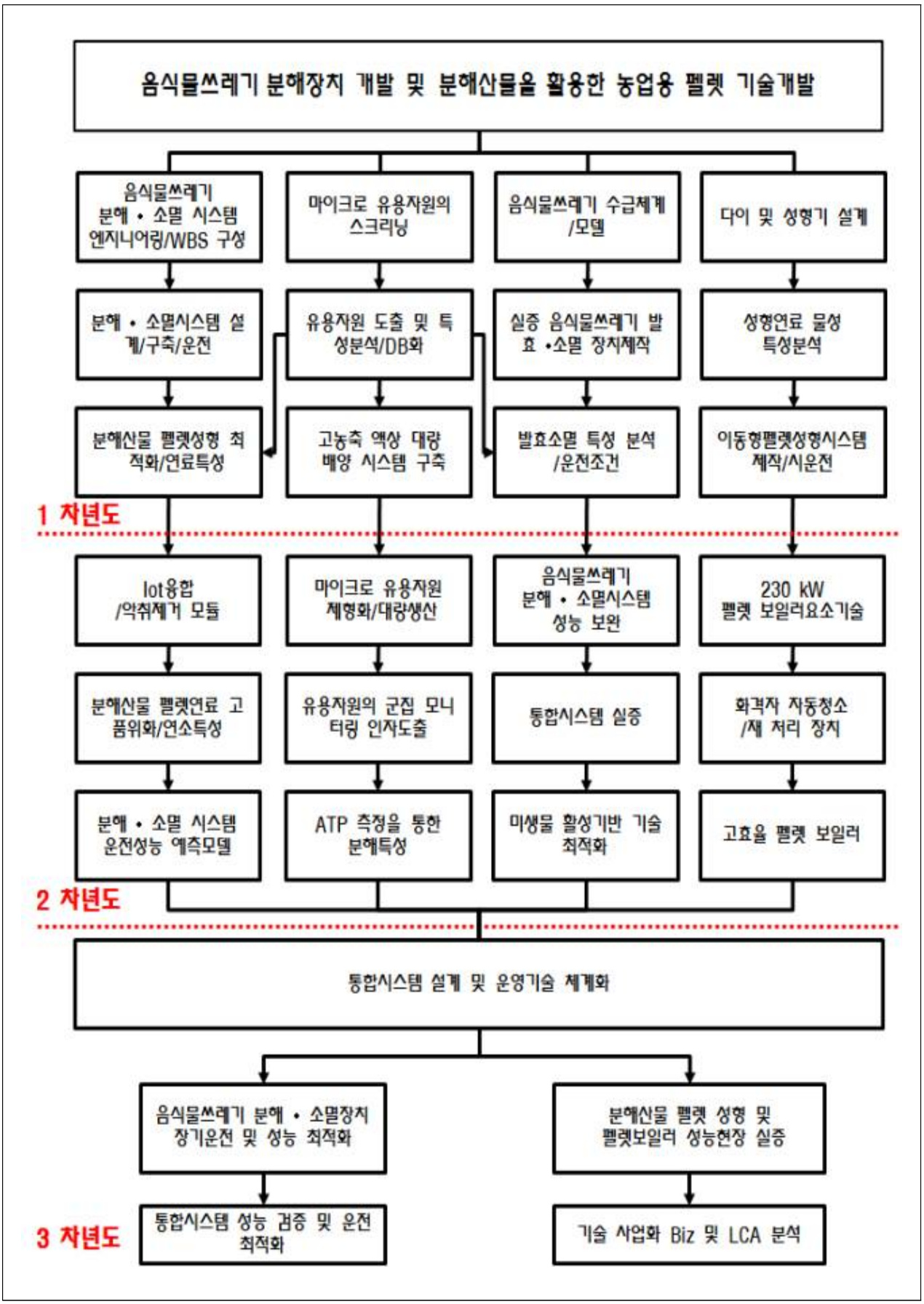
- 지정일시 : 2009. 10. 28일 (제 2009-019호)



다. 추진방법

수행 절차	수행 방법	수행 기관
유용 미생물 도출	• 마이크로 유용자원 스크리닝 • 유용 미생물특성 분석	전북생물산업진흥원 (JIFB)/전북대
음식물쓰레기 수급	• 음식물쓰레기 수급모델	평강BIM
음식물쓰레기 분해소멸장치 개념 설계	• 공정해석 및 모델링 • 통합 WBS(Work Breakdown Structure)	IAE
분해 • 소멸시스템 상세설계	• CAE 활용 시스템 설계/ 최적화 • Solidworks/Phoenics/Ls-Pyng/Abaqus	IAE/평강BIM
분해산물 펠렛성형/연료화	• 분해산물 물성 특성 • 성형인자 도출/ 연료 특성분석	IAE
No 펠렛 성형장치 설계/제작/운전	• 100~200 kg/hr 펠렛 성형기 설계/제작 • 성형 특성분석(운전)	규원테크/IAE
No 실증 음식물쓰레기 분해 • 소멸 장치 실증	• IoT 기술융합 실증분해소멸장치 제작 • 실증분해•소멸 실험	평강BIM/JIFB
통합 음식물쓰레기 분해•소멸 엔지니어링/구축	• 열펌프융합시스템/악취방지설비 통합시스템 구축	IAE/평강BIM
유용 미생물 제형화 및 현장실증	• 유용미생물 제형화/대량생산 • 유용자원 현장 활성도 모니터링	JIFB/전북대
분해산물 고품위화 및 연소특성	• 펠렛연료 고품위화 (혼합성형) • TGA분석 / 실연소 실험	IAE
분해 •소멸시스템 성능최적화	• 운전데이타기반 운전성능 최적화	IAE
펠렛보일러 요소기술/실증	• 230kW급 펠렛보일러 요소기술 • 연소 테스트 / 성능 파악 / 실증	규원테크/IAE
No 음식물쓰레기 분해시스템 장기현장 운전	• 장기현장 연속운전 및 운전 매뉴얼 체계화	평강BIM/IAE/JIFB
No 펠렛보일러 온실실증	• 온실 실증테스트 • 성능 및 환경 위해성 평가	JIFB/IAE
전 공정 LCA분석 경제성	• Biz 모델구축 • LCA 분석/기술검증/경제성 분석	JIFB/IAE/ 평강 BIM/규원테크

라. 추진체계


음식물쓰레기 분해장치 개발 및 분해산물을 활용한 농업용 펠렛 기술개발
음식물쓰레기 분해 • 소멸 시스템 엔지니어링/WBS 구성
마이크로 유용자원의 스크리닝
음식물쓰레기 수급체계 /모델
다이 및 성형기 설계
분해 • 소멸시스템 설계/구축/운전
유용자원 도출 및 특성분석/DB화
실증 음식물쓰레기 발효 •소멸 장치제작
성형연료 물성 특성분석
분해산물 펠렛성형 최적화/연료특성
고농축 액상 대량 배양 시스템 구축
발효소멸 특성 분석 /운전조건
이동형펠렛성형시스템 제작/시운전
1 차년도
Iot융합 /악취제거 모듈
마이크로 유용자원 제형화/대량생산
음식물쓰레기 분해 • 소멸시스템 성능 보완
230 kW 펠렛 보일러요소기술
분해산물 펠렛연료 고품위화/연소특성
유용자원의 군집 모니터링 인자도출
통합시스템 실증
화격자 자동청소 /재 처리 장치
분해 • 소멸 시스템 운전성능 예측모델
ATP 측정을 통한 분해특성
미생물 활성기반 기술 최적화
고효율 펠렛 보일러
2 차년도
통합시스템 설계 및 운영기술 체계화
음식물쓰레기 분해 • 소멸장치 장기운전 및 성능 최적화
분해산물 펠렛 성형 및 펠렛보일러 성능현장 실증
3 차년도
통합시스템 성능 검증 및 운전 최적화
기술 사업화 Biz 및 LCA 분석

마. 추진일정

○ 1차년도

구분		1년차(2016년)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<1세부>	○ 시스템 요소기술별 기능분석을 통한 WBS 구성												
	○ 발효열 활용 저에너지형 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 엔지니어링 기반 설계												
	○ 실험실규모 음식물쓰레기 분해·소멸장치 (처리용량 10kg/d) 성능 실험장치 구축												
	○ 실증규모(처리용량 100kg/d) 발효열 재이용 기능을 탑재한 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 설계 최적화												
	○ 음식물쓰레기 분해산물 펠렛 성형 최적화 및 연료 특성 파악												
<1협동>	○ 마이크로 유용자원의 발굴 및 특성분석												
	○ 유용자원의 Data Base 구축 및 운용 모델 개발												
	○ 마이크로 유용자원의 효력증진제 개발												
	○ 고농축 액상 대량 배양 시스템 확립 및 제품개발												
	○ 유전자원의 동정 및 계통분류도 작성												
	○ 음식물류 폐기물 발효과정중 위해성 분석 및 군집특성 분석												
<2협동>	○ 음식물쓰레기 수급체계 구축												
	○ 실증음식물쓰레기 분해소멸장치 설계 및 제작												
	○ 분해·소멸시스템 운전영향인자 도출 및 운전조건 확립												
	○ 실증 분해·소멸장치 운전 안정화를 위한 운전제어인자 도출												
<3협동>	○ 계획수립 및 기초자료조사 분석												
	○ 고밀도펠렛성형기 설계												
	○ 연료정량자동투입장치 설계												
	○ 자동 콘트롤러 설계												
	○ 이동형펠렛성형시스템 제작												
	○ 연료 분석												
	○ 성능개선도출												

○ 2차년도

구분		2년차(2017년)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<1세부>	○ 발효열 90%이상 재이용 위한 콘텐싱 융합 시스템 개발												
	○ 음식물쓰레기 분해·소멸장치에서 배출되는 복합악취 제거 시스템 개발												
	○ 음식물쓰레기 분해산물 펠렛연료 고품위화 및 연소 특성 파악												
	○ 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 운전성능 예측 모델 개발												
<1협동>	○ 마이크로 유용자원의 특성 및 DB 구축												
	○ 마이크로 유용자원의 혼합처리 최적화 방안 확립												
	○ 마이크로 유용자원의 제형화 연구 및 표준화 공정 개발												
	○ 마이크로 유용자원의 제형 시제품개발 및 저장안정성 확보												
	○ 제형 투입 최적화 조건 확립												
	○ 미생물 활성도 모니터링 인자도출 및 방법론 최적화												
<2협동>	○ 미생물 활성기반 IoT(Internet of Things) 기술 융합 분해·소멸장치 자동 모니터링 및 제어시스템 개발												
	○ 음식물쓰레기 분해소멸장치 성능 보완 및 최적화												
	○ 분해소멸장치 자동 모니터링 및 제어시스템 구축												
	○ 실증 음식물쓰레기 분해소멸시스템 구축 및 최적화												
<3협동>	○ 자동버너, 열교환기설계												
	○ 전열면 자동청소장치 설계												
	○ 자동 재처리 포집시스템 설계												
	○ O_2비례제어 시스템 설계												
	○ 싸이클론집진장치설계												
	○ 시작품 제작												
	○ 시작품 자체 시험 및 공인시험												

○ 3차년도

구분		3년차(2018년)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<1세부>	○ 통합시스템 설계 및 운영 기술 체계화												
	○ 음식물쓰레기 분해·소멸장치 장기 현장 운전 및 운전 성능 최적화												
	○ 음식물쓰레기 분해산물 펠렛 성형 및 연료 적용 보일러 성능 현장 실증												
	○ 통합시스템 상용화 기술 확립을 위한 최종 검증과 운전 최적화												
<1협동>	○ 음식물쓰레기 분해과정 중 미생물 활성도 모니터링 실증 연구 및 보완												
	○ 핵심 기술 및 제품 도출에 따른 기술등급 평가												
	○ 핵심 기술 미제품 도출에 따른 기업체 사업화 모델 발굴 및 적용												
	○ 전주기 환경위해성 및 경제성 분석												
<2협동>	○ 실증발효소멸시스템 컴팩트화를 통한 제품화												
	○ 현장검증 및 장기연속 최적 운전 시스템 완성												
	○ 음식물쓰레기 종량시스템과 호환되는 친환경적인 디자인 개발												
<3협동>	○ 음식물쓰레기 펠릿 성형기 개선 및 펠릿 보일러 연소특성 개선												
	○ 음식물쓰레기 분해산물 펠렛 성형 및 연료 적용 보일러 성능 테스트												
	○ 펠렛성형 및 보일러시스템 성능 최적화 및 운전인자 도출												
	○ 보일러실증필드테스트												
	○ 최종보고서 작성												

바. 연구개발 목표 및 결과 요약 정리 (1~3차년도 연구)

1. 1 차년도 연구개발 목표 및 결과

구분(연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
1차 년도 (2016)	음식물쓰레기 친환경 재자원화를 위한 엔지니어링 통합시스템 설계 및 운영기술 실증	실증규모(처리용량 100 (kg/d) 발효열 재이용 기능을 탑재한 음식물쓰레기 분해 · 소멸시스템 엔지니어링 기반 설계 최적화	○ 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 설계 및 제작	○ 음식물쓰레기, 수분조절제, 퇴비의 공업분석 및 원소분석, 성상분석 실시 ○ 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 WBS 구성 - 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 WBS 구성, 물질 및 에너지 산출 (100 kg/day 급), 설계
			○ 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 설계 및 운전영향인자 도출	○ 음식물쓰레기와 수분조설제의 최적 혼합비 도출을 위한 회분식 실험 진행 ○ 연속식 실험을 통한 음식물쓰레기 분해·소멸 영향인자 도출(영향인자 : 음식물쓰레기 투입양, NaCl 농도, 수분조절제 투입양 등)
			○ 실증규모(처리용량 100kg/d)음식물쓰레기 분해·소멸시스템 설계 최적화	○ 10 kg/day 급 분해·소멸 장치 운전 실시 후 장치 문제점 파악(공기 유입 위치, Dead zone 발생) ○ 문제점 해결을 위한 검토 후 실증규모 분해·소멸 장치 최적화를 위한 모델링 실시 (PHOENICS 프로그램 이용) (공기 투입 위치는 분해·소멸 장치 하단 부분이 적당함)

	유용 미생물자원 도출/제형화 및 현장 적용 실증	마이크로 유용자원의 발굴 및 특성분석과 Data-Base 구축 및 운영 모델 개발 마이크로 유용자원과 음시물쓰레기 발효시 위해성 분석과 효력증진제 개발 고농축 액상 대량배양 시스템 구축	○ 마이크로 유용자원의 스크리닝 - 생육환경에 따른 스크리닝 건수 100건	○ 누룩(4종류)과 음식물쓰레기(3종류)로부터 균주 스크리닝 결과 누룩에서 74종, 음식물쓰레기에서 45종으로 총 119종의 균주 스크리닝
			○ 스크리닝 마이크로 유용자원의 성장조건 확립	○ 배지 조건, 온도 조건 및 배양시간에 따른 생장곡선 확보(Nutrient broth, 30˚C, 24~48 hr)
			○ 스크리닝 마이크로 유용자원의 생육조건, 내염성, 내열성 및 효소활성 분석 - 내염성 및 효소활성 유효균주 확보 20건 - 유효균주의 최적 생육 조건 확립 여부	○ 내염성 균주 : 99종류 확보 ○ 내열성 균주 : 40˚C, 98균주/50˚C, 34균주 ○ 효소활성 균주 : 34균주 확보 ○ 효소활성 균주 동정 : 34균주 완료 ○ 유효균주 최적 생육조건 및 대량배양 조건 확립 : 1건 ○ 유효균주(단일균주)의 stock법 확립
			○ 마이크로 유용자원의 유전적 및 생화학적 특성 규명	○ 효소활성 균주 34종에 대한 16S rRNA 동정 완료 및 규주별 특성 파악
			○ 마이크로 유용자원의 NGS 기법활용 미생물 군집 특성 분석	○ 음식물쓰레기 현장 실증 산물을 활용한 미생물 처리군 4건에 대한 군집도 분석 ○ 샘플별 군집 분석 완료
			○ 마이크로 유용자원의 DB 구축 - 16S rRNA 균주 동정 및 균주 기탁 - 균주의 생육특성 및 유전적 특성 library 구축	○ 34종류의 16S rRNA 동정 완료 ○ 균주 특허기탁 6종 기탁완료 '17.02.24 도출됨 ○ 균주의 생육 특성 및 유전 분석 완료
			○ 천연자원활용 효력증진제(담체, 지지체 및 부가제 첨가 등) 개발	○ 담체 및 지지체 선정 완료 ○ Lab scale 단계의 실증 검증 완료 ○ 효력증진을 위한 최적 배양조건 확립
			○ 음식물쓰레기 발효시 위해성 - 악취저감화, 중금속 저감화, 음폐수 등 분석	○ 중금속 분석(Cu, Fe, Zn, As, Pb, Cd)완료 '17.02.06 도출됨 ○ 악취저감화 분석 진행 불가 ○ 음폐수(잔류농약)분석완료 '17.02.23 도출됨

			○ 고농축(10^{12} CFU/ml) 액상배양 조건 확립	○ 고농축 최적 배양조건 확립 2×10^{12} CFU/mL (자체 분석결과 확보)
			○ 저장기간에 따른 마이크로 유용자원의 안정화 평가	○ 저장기간에 따른 마이크로 유용자원 안정화 결과 10^{9}~10^{12} CFU/mL 확보
	마이크로 유용자원 확보 및 현장 적용 발효시 군집 특성 분석	유용미생물 특성 분석	○ 유용미생물의 내염성 및 성장조건 규명	○ 리그닌 분해미생물 9종 분리 ○ 16S rRNA 유전자 분석을 이용한 동정 ○ 모든 분리균들이 3% 이상의 내염성을 보임 ○ 분리균들의 성장에 따른 기질특이성 분석 ○ 차세대염기서열분석법을 이용하여 Ochrobactrum anthropi AM3 균주의 유전체 염기서열 분석
			○ 유용미생물의 효소 활성 규명	○ lignin peroxidase 활성 분석 ○ manganese peroxidase 활성 분석 ○ lactase 활성 분석
	음식물 쓰레기 수급체계 구축 및 친환경 분해·소멸 시스템 개발	음식물쓰레기 수급체계 구축 및 재자원화를 위한 공정 시스템 확립	○ 배출업소 선정 및 수거체계 수립	○ 학교식당 1개소, 아파트(빌라) 1개소 외식산업체 1개소 선정 및 연구용 음식물쓰레기 수급 ○ 배출업소에 따른 음식물류 폐기물 형태 및 배출량 등 특성 파악
		유용미생물을 활용한 음식물쓰레기의 친환경 분해·소멸 시스템 개발	○ 실증 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 운전영향인자 도출 및 운전조건 확립	○ 뼈나 목재, 사체 등 다양한 음식물의 쓰레기의 처리를 위한 분쇄 및 파쇄장치 도입(일일 처리량 증가 및 발효시간 단축 목적) ○ 100kg/일 급의 미생물을 활용 친환경 분해·소멸 음식물류 폐기물 장치 도입 시운전 및 문제점 파악 ○ 음식물쓰레기 재 자원화를 위한 수분조절제 도입(톱밥배합시_펠렛화 가능, 미강 및 밀기울 배합시_비료화 가능) 및 수분조절을 위한 배합비율 연구

				○ 일일 연속 배출 음식물류 폐기물의 처리 및 부산물 펠렛화를 위한 발효 및 건조를 위한 미생물 및 온도 조건 실험 (0°C -65°C) ○ 음식물쓰레기 배출업소 형상에 따른 원소 (N,C,H,S,O) 및 염도(NaCl), 산도(PH), 중금속 분석 실시
			○ 유용미생물을 활용한 실증 음식물쓰레기 분해·소멸 시스템 장치 설계 및 제작	○ 국내 및 국외 음식물처리기 특허 조사 ○ 배출량 100kg/일의 실증 분해시스템에 대한 설계 및 제작 ○ 일일 연속 배출 음식물쓰레기의 친환경 처리 및 재 자원화를 위한 수분조절제와의 배합 용량을 감안한 수정 설계 및 제작
			○ 실증 음식물쓰레기 분해·소멸장치운전에 따른 운전특성 파악	○ 음식물쓰레기 연속 투입 실험을 통한 실증화시 분해·소멸시스템 장치 특성 파악(현장실증 시 24시간 이내 연속 재투입에 따른 신속처리 요소 파악을 위한 온도조건(40-65 ℃) 실험 진행 ○ 음식물쓰레기 재 자원화에 따른 위해요소(NaCl 및 악취) 감소를 위한 투입미생물 및 적정 투입량 실험 계속진행 ○ 친환경 분해·소멸시스템의 실증시 수분조절을 위한 음식물쓰레기 형상에 따른 수분조절제의 적정 배합 비율 실험(음식물쓰레기 수분 (90~100%), 톱밥수분(10%))
	이동형 펠렛성형연료생산시스템 및 230kW급 농업용 펠렛보일러 요소기술 개발 및	음식물 분해산물을 활용한 이동형 펠렛 연료 성형 기술 개발	○ 이동형 음식물쓰레기 분해산물 펠렛 플랜트 개발	○ 펠렛 성형기를 이용한 음식물쓰레기 분해·소멸 후 분해산물의 성형 조건 평가 ○ 음식물쓰레기 분해·소멸 후 분해산물 함수율에 따른 TGA 분석 ○ 성형연료 생산능력 100~200 kg/h 펠렛 성형기 설계 완료

	실증/사업화			○ 조작 및 제어가 가능한 판넬 부착 및 원료 정량 공급 장치가 부착된 성형기 개발 ○ 음식물쓰레기 펠렛 성형조건 최적화를 통한 성형 기술 개발 ○ 성형 펠렛 원료공급 장치 최적화 기술 개발 ○ 이동형 펠렛 성형 연료 생산 시스템 개발 ○ 펠렛연료 사양 : 직경 6～8mm, 길이 20～40mm, 내구성 95%, 열량 3,700 kcal/kg 이상, 밀도 600 kg/m^3 이상 목표 달성

2. 2 차년도 연구개발 목표 및 결과

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
2차 년도 (2017)	유용 미생물자원 도출/제형화 및 현장 적용 실증	마이크로 유용자원의 발굴 및 Data-Base 구축 및 운영 모델 개발 마이크로 제형화 대량생산 시스템 구축	○ 마이크로 유용자원의 스크리닝 - 생육환경에 따른 스크리닝 건수 100건 - 생육조건, 내염성, 내열성 및 효소활성 분석 - 마이크로 유용자원의 유전적 및 생화학적 특성 규명	○ 전통발효식품(된장, 고추장, 젓갈/22종류)과 토양(갯벌, 모래/5종류)로부터 균주 스크리닝 결과 전통발효식품에서 548균주, 토양에서 156균주로 총 704균주의 균주 스크리닝 - 내염성 균주 : 212균주 확보 - 내열성 균주 : 40˚C, 250균주/50˚C, 188 균주 ○ 효소활성 균주 : Amylase 122균주, Protease 164균주, Lipase 175균주, Cellulase 138 균주 확보 - 효소활성 균주 선별 : 전통발효식품에서 4가지, 토양에서 2가지 이상의 효소활성을 보유한 79균주 선별 ○ 유효균주 최적 생육조건 확립 : 1건 - Nutrient broth, 30˚C, pH7, 24 hr 배양 ○ 유효균주(단일균주)의 stock법 확립 ○ 효소활성 균주 79균주에 대한 16S rRNA 동정 완료 및 균주별 특성 파악 ○ 최종 11균주로 동정확인 및 선발 ○ 균주 특허기탁 8종 진행중 (KCTC)
			○ 마이크로 유용자원의 제형화(분말,타정)를 통한 연구 및 적용	○ 액상, 분말, 타정 제형시제품 개발 3종 완료 ○ 분말 시제품 패키지 디자인 개발 완료 ○ 미생물 제형화에 따른 기술성 평가 완료

			○ 마이크로 유용자원의 DB 구축 및 운영 모델 개발(카타로그 제작 등)	○ Source 별, 내염성 및 내열성, 효소활성에 따른 data base 구축 완료 ○ Data base 카타로그 제작완료
			○ 마이크로 유용자원의 제형화 표준공정도(SOP) 확립 및 최적 처리조건 확립	○ 제형화(액상, 분말, 타정) 3종에 대한 SOP 공정도 확립 완료
			○ 제형화된 마이크로 유용자원의 최적 활성화 조건 탐색	○ 배지 조건, 온도 조건 및 배양시간에 따른 생장곡선 확보 (Nutrient broth, 30 ˚C, pH 7, 24 hr) ○ 액상최적 배양조건 확립 (1.7×10^{10} CFU/g) ○ 분말화 및 타정 조건 확립 (1.5×10^{12} CFU/mL) ○ 음식물쓰레기에 배양액 투입에 따른 음식물쓰레기 분해율(78.8%, 72hr)확인 완료
			○ 배양, 농축, 제형(액상, 분말, 타정) 공정 확립 - 효력증진제 첨가 및 저장안정성 확보와 제형 투입방법 최적화 방안 확립	○ 배양, 농축, 제형 SOP 공정 확립 완료 ○ 효력증진제 첨가에 따른 효율성 평가 완료 - 담체투입, 악취 저감화 소재 첨가 방법 확립
			○ 마이크로 유용자원의 second metabolites 탐색	○ 기기분석을 통한 2종의 균주에 대한 대사산물 동정
	마이크로 유용자원 확보 및 현장 적용 발효시 군집 특성 분석	유용미생물 특성 분석	○ 유용미생물의 동정 및 생리학적 특성 분석	○ 퇴비로부터 탄수화물, 단백질, 지방 및 방향족 탄화수소 분해활성을 지닌 미생물 23종 분리 ○ 16S rRNA 유전자 분석을 이용한 동정 ○ 모든 분리균들이 7% 이상의 NaCl에 대한 내염성을 보임 ○ 방향족 탄화수소에 대한 분리균들의 분해능 분석

	음식물쓰레기 친환경 재자원화를 위한 엔지니어링 통합시스템 설계 및 운영기술 실증	실증규모 음식물쓰레기 분해·소멸시스템에 복합악취제거시스템과 발효열 재이용을 위한 콘덴싱 융합시스템 및 운전성능 예측 모델 개발	○ 발효열 90%이상 재이용 위한 콘덴싱 융합시스템 개발	○ 습공기제어 및 발효열 재이용 위한 열펌프융합시스템 개발 ○ 습공기제어 및 발효열 재이용 시스템 운전 특성 파악 ○ 습공기제어 및 발효열 재이용 위한 열펌프융합시스템 구축
			○ 음식물쓰레기 분해·소멸운전조건 확립	○ 음식물쓰레기 분해·소멸 효율 증가를 위한 공기투입량 회분식 실험 실시 ○ 하수슬러지 분해·소멸 실시 ○ 연속식 실험을 통한 음식물쓰레기 분해·소멸 영향인자 도출 (영향인자 : 공기투입방향, 공기순환 예열 유무 등)
			○ 음식물쓰레기 분해·소멸 시스템 배출 악취 제거 시스템 개발	○ 3 kg/day 급 분해·소멸 지정 악취 물질 5가지 측정 ○ 악취물질 제거를 위한 공정 조사
			○ 마이크로 제형의 음식물쓰레기 투입에 따른 효능평가 - 음식물쓰레기 분해능 및 군집도 분석	○ 균주투입에 따른 음식물쓰레기 분해효과 확인 완료(78.8%) ○ 담체투입에 따른 음식물쓰레기 분해효과 확인 완료(81.3%) ○ 음식물쓰레기 현장 실증 산물을 활용한 대조군 1건과 미생물 처리군 3건에 대한 군집도 분석
	미생물 활성기반 IoT (Internet of Things)기술 융합 실증 음식물쓰레기 발효·소멸 시스템 성능 최적화 및 연속 운전	미생물 활성기반 IoT(Internet of Things)기술 융합 발효·소멸장치 자동 모니터링 및 제어시스템 설계 및 구축	○ 발효·소멸장치 IoT 기반 모니터링 및 환경제어 시스템 설계	○ 발효·소멸장치 영향인자 (온도, 습도, CO_2, O_2, 압력, 중량) 측정 센서와 데이터 처리부와의 인터페이스 설계 ○ 센싱 데이터 모니터링을 위한 환경제어 알고리즘 개발 ○ 인터넷 기반의 Network 구현 (발효.소멸장치 ↔ Gateway ↔ Internet IoT Platform)
			○ 발효·소멸장치 성능 보완 제작 및 시스템 실증 구현	○ 1회 음식물 100Kg 처리가능 및 발효·소멸 장치와 수분 조절제(톱밥) 100Kg 투입가능 1m^3 용적의 발효·소멸 장치 설계 및 제작 ○ 발효·소멸장치 자동 모니터링 및 제어시스템 구축

		음식물류 폐기물 발효·소멸장치 성능 보완 제작 및 연속 운전 실증 음식물 쓰레기 발효·소멸시스템 구축 및 최적화		○ 발효·소멸장치 모바일 앱을 통한 원격 모니터링 및 제어시스템 구축
			○ 실증 음식물쓰레기 발효·소멸시스템 구축 및 최적화	○ 50°C 이하 중저온 콘덴싱시스템(제습)이 융합된 음식물쓰레기 발효·소멸시스템 구축 ○ 진공시스템을 이용한 악취제거모듈이 융합된 음식물쓰레기 발효·소멸시스템 구축 ○ 음폐수 처리를 위한 음폐수질 분석 (BOD, COD, 총인, 부유물질, 염도, pH) ○ 음폐수 수질개선 및 악취저감 방안 모색 (초음파 및 오존 처리)
	이동형 펠렛성형연료생산시스템 및 230kW급 농업용 펠렛보일러 요소기술 개발 및 실증/사업화	230kw(200,000 kcal/h) 음식물류 폐기물 펠릿보일러 요소기술 설계 및 시제품제작	○ 음식물쓰레기 분해산물 펠렛연료 고품위화 및 연소특성 파악	○ 음식물쓰레기 분해산물 및 농축산부산물 원료 물리·화학적 특성 파악 ○ 음식물류 폐기물 분해산물 혼합 펠렛 성형 조건 및 영향인자 도출 ○ 혼합 펠렛 고형연료 특성 파악 및 고품위화
			○ 음식물류 폐기물을 연소할 수 있는 보일러 설계 및 제작	○ ASH와 열량이 낮은 저급 음식물 펠릿을 완전연소하고 재를 자동으로 처리할 수 있는 무빙그레이트 방식의 버너 설계 및 제작 ○ 1차공기의 연속적 공급과 재에 의한 크링커를 방지할 수 있는 버너 화격자 설계 ○ 플라잉 ASH에 의한 열교환기 전열면 부착에 따른 불완전 연소 및 효율 감소 방지를 위한 자동 청소 장치 설계 ○ 효율을 90% 이상 달성하기 위한 열교환기 설계 및 공기예열 설계 ○ 연소시 발생하는 먼지를 집진할 수 있는 집진 장치 설계 ○ 5%이상 발생되는 BOTTOM ASH 제거를 위한 재처리 장치 설계

3. 3 차년도 연구개발 목표 및 결과

구분(연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
3차 년도 (2018)	유용 미생물자원 도출/제형화 및 현장 적용 실증	마이크로 유용자원의 현장 적용 실증 연구 및 기술사업화 비즈니스 모델 구축	○ 마이크로 유용자원의 스크리닝 - 생육환경에 따른 스크리닝 건수 100건 - 생육 조건, 내염성, 내열성 및 효소활성 분석 - 마이크로 유용자원의 유전적 및 생화학적 특성 규명	○ 토양(논, 밭 등)으로부터 균주 스크리닝 결과 총 190여종 균주 분리 - 내염성 균주(NaCl 5%) : 111균주 확보 - 내열성 균주(50˚C) : 111균주 ○ 효소활성 균주 : Amylase 42균주, Protease 101균주, Lipase 116균주, Cellulase 51균주 확보 - 효소활성 균주 선별 : 3가지 이상의 효소활성을 보유한 50균주 선별 ○ 유효균주 최적 생육조건 확립 : 1건 - Nutrient broth, 30 ˚C, pH7, 24 hr 배양 ○ 유효균주(단일균주)의 stock법 확립 ○ 효소활성 균주 50균주에 대한 16S rRNA 동정 완료 및 균주별 특성 파악 ○ 최종 11균주로 동정확인 및 선발 ○ 균주 특허기탁 11종 진행완료 (KCTC)
			○ 마이크로 유용자원의 제형화를 통한 연구 및 적용 (액상농축, 분말)	○ 액상농축(1.6×10^{12} CFU/mL), 분말(1.2×10^{10} CFU/g)화 제형 시제품 개발 2종 완료 ○ 분말 시제품 패키지 디자인 개발 완료
			○ 마이크로 유용자원의 second metabolite 탐색 ○ 기기분석(GC-MS)	○ 기기분석을 통한 항균활성을 지닌 2종의 균주에 대한 대사산물 동정
			○ 마이크로 유용자원의 현장적용 실증 연구에 따른 보완점 도출 및 적용 ○ 음식물분해실증 ○ 군집능 평가 보고서 작성	○ 환경부 고시에 의거하여 조제된 음식물쓰레기에 증류수 및 혼합균주를 처리한 음식물쓰레기의 고형분 무게 측정 완료 ○ 환경부 고시에 의거하여 조제한 음식물쓰레기(Autoclave, 15min)

			○ 음식물 연속식 대량 분해 현장실증 (10kg/day)	시료를 활용하여 증류수 처리군, 혼합 미생물 처리군, 혼합미생물 3 건에 한 군집도 분석 수행 완료 ○ 혼합미생물 적용에 따른 음식물 쓰레기 10kg/day급 연속식 현장 실증 시 함수율 및 VS함량 일마다 줄어듬을 확인
			○ 기술가치(기술성·시장성·사업성) 약식 평가	○ 제형개발에 따른 부문별 기술등급 평가 및 종합 기술등급 약식 평가 완료
			○ 국내·외 사업화 business model 발굴 및 적용	○ 유용미생물 자원, 발효장치 및 연소장치의 사업화 모델 보고서 약식 작성 완료
		제품 전주기 Life Cycle Assessment (LCA) 분석	○ 전주기 공정별 환경 위해성 및 경제성 분석	○ 제품 전주기 Life Cycle Assessment 평가 보고서 작성 완료
	마이크로 유용자원 확보 및 현장 적용 발효시 군집 특성 분석	유용미생물 특성 분석	○ 유용미생물의 동정 및 생리학적 특성 분석	○ 퇴비로부터 분리된 32종의 미생물에 대한 동정 및 생육조건 확립(내염성, 내열성, 탄화수소 분해능 확인) ○ 리그닌 유도체 및 리그닌 대사산물이 높은 AM3, K13의 유전체 분석 ○ lignin peroxidase, manganese peroxidase, lactase, amylase, protease, cellulase, lipase, laccase 활성 분석
	음식물쓰레기 친환경 재자원화를 위한 엔지니어링 통합시스템	현장검증 및 장기연속 최적 운전 시스템 완성	○ 실증시스템의 시범 운영을 통한 최적 설계, 제작, 운영, 관리 방안 도출	○ 음식물쓰레기 발효·소멸장치 센서내구성 향상을 위해 다습환경에 따른 습도측정 곤란을 로드셀을 한 중량계산식으로 습도측정 기능 개선

	설계 및 운영기술 실증			○ 발효·소멸장치 작동 스마트 모니터링을 위한 환경제어 알고리즘 개발 ○ 1:1 장치관리 Network 시스템을 1:N 장치관리 Network 시스템으로 개선
			○ 외식업체 주변 악취 및 소음 등 환경 유해인자 분석 및 검토	○ 다량의 음식물쓰레기 배출과 감량을 위한 인위적 수분제거 과정에서 음폐수 유출로 하수관로 막힘과 악취 발생 ○ 음식물쓰레기 발생 즉시 처리가 안 되고 지정 수거 일까지 업체 보관에 따른 미관 , 위생, 악취 가속화 문제 심각
			○ 장기 연속운전을 통한 현지 여건에 적합한 최적 운전 조건 확립	○ 음식물쓰레기 성상의 다양성(섬유질, 기름기, 뼈 등)에 따른 배출업소 형태별 운전조건 수립 ○ 음식물쓰레기 투입여건에 따른 투입편의 장치 개발 적용 ○ 발효·소멸장치 투입구 개폐 시 악취 저감을 위한 악취저감 고안
		음식물쓰레기 종량 시스템과 호환되는 친환경적인 디자인 개발 및 현장 시범운영	○ 음식물쓰레기 분해소멸시스템에 대한 시각성, 편리성, 안정성, 쾌적성, 내구성 등이 확보 되도록 디자인 방안 수립	○ 개별 종량을 위한 RFID기능을 통해 발효·소멸장치 사용자 편의성 증진 ○ 완전 밀폐형 설계 발효·소멸시스템으로 운전 시 악취차단 사용자 쾌적성 확보 ○ 발효·소멸장치 전체를 부식에 강한 SUS304 소재로 제작하여 내구성 증진 ○ 자동투입, 자동배출 장치 추가로 발효·소멸장치 사용 편리성 확보 방안 수립 ○ 직선형 박스타입의 투입구 조절을 통한 유선화 디자인 고안 필요

	미생물 활성기반 IoT(Internet of Things)기술 융합 실증 음식물쓰레기 발효·소멸 시스템 성능 최적화 및 연속 운전	100kg급 분해·소멸장치 제품화를 위한 통합시스템 컴팩트화	○ 분해·소멸장치 통합 시스템 컴팩트화를 통한 제품화	○ 음식물쓰레기 분해·소멸장치 사업화를 위해 기존 장치의 운전 성능 보완개선 ○ 시장수요가 많은 100kg/일 급의 당일 발생량 당일처리 목적 장치 제작 완료 ○ 작동판넬의 PCB개발 완료로 컴팩트 제품 완성
			○ 분해·소멸장치 실증 운전을 통한 운전매뉴얼 확립	○ 음식물쓰레기 분해·소멸장치 반복 실증운전을 통해 외부 대기온도에 따라 하절기 및 동절기 미생물 발열효율 재이용 차이점 확인 ○ 동절기와 하절기 수분조절제의 투입량 조절을 통해 음식물쓰레기 분해·소멸장치 운전성능 향상
			○ 자동 제어 및 모니터링 기능(개별인식 감량화 시스템)	○ 초기 PLC 기반의 이더넷의 Gateway를 통한 통신방식에서 IPtime 공유기를 통한 DDNS 네트워크 환경 구축 ○ RFID(무선인식)을 통해 관제시스템과 연결하여 개별계량 가능(종량시스템 지원 가능)
	이동형 펠렛성형 연료생산 시스템 및 230kW급 농업용 펠렛보일러 요소기술 개발 및	230kW(200,000kcal/h) 음식물쓰레기 펠릿보일러 요소기술 설계 및 시제품 제작	○ 음식물쓰레기 분해산물 펠렛연료 고품위화 및 연소특성 파악	○ 음식물쓰레기 분해산물 및 농축산부산물 원료 물리·화학적 특성 파악 ○ 음식물류 폐기물 분해산물 혼합 펠렛 성형 조건 및 영향인자 도출 ○ 혼합 펠렛 고형연료 특성 파악 및 고품위화
			○ 음식물 쓰레기를 연소할 수 있는 보일러 설계 및 제작	○ 열량이 낮은 저급 음식물 펠릿을 완전연소하고 재를 자동으로 처리할 수 있는 무빙그레이트 방식의 버너 설계 및 제작

	실증/사업화			○ 1차 공기의 연속적 공급과 재에 의한 크링커를 방지할 수 있는 버너 화격자 설계 ○ 비산재에 의한 열교환기 전열면 부착에 따른 불완전 연소 및 효율 감소 방지를 위한 자동청소장치 설계 ○ 효율을 90% 이상 달성하기 위한 열교환기 설계 및 공기예열 설계 ○ 연소 시 발생하는 먼지를 집진할 수 있는 집진 장치 설계 ○ 5%이상 발생되는 바닥재 제거를 위한 재처리 장치 설계
		이동형 펠릿 성형시스템 개선 및 펠릿보일러 실증 현장 실증	○ 음식물 분해산물 펠릿 성형기 개선완료	○ 펠릿 성형기 다이 및 롤러 개선 완료(펠릿 생산 200kg/h)
			○ 보일러 성능 개선 및 현장 실증	○ 특허등록 (특허출원 제 10-2017-0140764호 고체 연료 연소장치) ○ 보일러 성능 개선 완료 (200,000kcal/h 이상 용량, 90%이상 효율, CO 100mg/㎥이하 목표 달성) ○ 현장 실증 완료 (양주스파월드 200,000kcal/h 1기, 실증기간 30일, 재강열감량 2.2%)

2-2 연구개발성과

가. 국내외 논문 게재

No	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)	게재일	등록번호
1	Genome sequence of Ochrobactrum anthropi AM3 isolated from compost	Korean J. Microbiol.	Kishor Patil	52(4)	대한민국	한국미생물학회	비SCI	2016. 12.31	ISSN 0440-2413
2	TPU 재질을 적용한 다목적 고액분리 모듈의 여과판 구조해석	유기물자원학회	정희숙	25(1)	대한민국	유기성자원학회	비SCI	2017. 03.01	ISSN 1225-6498
3	초고온 호기성 퇴비화 공정을 이용한 음식물쓰레기 처리 특성 평가	한국폐기물자원순환학회지	박세용	34(2)	대한민국	한국폐기물자원순환학회	비SCI	2017. 01.31	ISSN 2093-2332
4	음식물쓰레기 분해능을 갖는 효소활성 균주의 분리 및 동정	Trends in Agriculture & Life Sciences	정한샘	vol.53	대한민국	Trends in Agriculture & Life Sciences	비SCI	2016. 01.31	ISSN 2508-2809
5	Bio-drying 공법을 이용한 음식물류 폐기물 분해 특성 평가 및 고형연료로서의 가치 평가	유기물자원학회	정철진	25(1)	대한민국	유기물자원학회	비 SCI	2017.3.1	ISSN 1225-6498
6	급속 OUR 모니터링을 이용한 폐수내 COD 분율 예측	한국환경기술학회	박세용	18(5)	대한민국	환경기술학회	비 SCI	2017.10. 1	ISSN 1229-8425
7	젓갈로부터 Bacillus safensis JIF 17718 효소활성 균주의 분리 및 최적 배양 조건 확립	Trends in Agriculture & Life Sciences	이승제	vol.55	대한민국	Trends in Agriculture & Life Sciences	비 SCI	2017. 12.31	ISSN 2508-2809
8	석탄재 활용 액상탄산화를 통한 이산화탄소 저감 연구	한국환경기술학회	정철진	19(1)	대한민국	환경기술학회	비 SCI	2018.02. 14	ISSN 1229-8425
9	Complete genome sequence of Bacillus aryabhattai K13 isolated from compost	Korean Journal of Microbiology	Kishor Sureshbhai Patil	53(4)	대한민국	한국미생물학회	비 SCI	2017.12. 30	ISSN 0440-2413
10	Performance and Bacterial Communities for Bio-drying with Thermophili Bacteria of Sewage Sludge	KSCE Journal of Civil Engineering	Seyong Park		Korea	KSCE	SCIE	2018.05. 08	ISSN 1226-7988
11	First Report of Colletotrichum acutatum Causing Anthracnose on Rhododendron yedoense var. poukhanense (H. Lev.) Nakai in South Korea1	Plant disease	Kishor Sureshbhai Patil			Plant diseas	SCI	2018.08. 20	ISSN 0191-2917
12	Optimal Culture Conditions and Food Waste Decomposition Effects of Mixed Strains Separated from Traditional Fermented Food and Soils	J. Chitin Chitosan	김민선	23(4)	대한민국	J. Chitin Chitosan	비 SCI	2018.06. 17	ISSN 2328-7519
13	음식물류 폐기물 분해산물 활용 고형연료 고품위화	대한환경공학회지	정철진	40(9)	대한민국	대한환경공학회지	비 SCI	2018.09. 27	ISSN 1225-5025

나. 국내 및 국제학술회의 발표

No	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	2016 추계 공업화학회	송형운	2016. 10. 28	제주국제컨벤션센터	대한민국
2	2016 춘계 공업화학회	정철진	2016. 10. 28	제주국제컨벤션센터	대한민국
3	2016 한국미생물학회연합 학술대회	Kishor Patil	2016. 11. 03	일산	대한민국
4	2016 한국미생물학회연합 학술대회	Kishor Patil	2016. 11. 03	일산	대한민국
5	한국식품영양과학회 2016년 학술대회	이승제	2016. 10. 30	제주	대한민국
6	한국환경기술학회 2017 춘계학술연구발표회	박세용	2017. 04. 20	제주국제대학교	대한민국
7	한국환경기술학회 2017 춘계학술연구발표회	박세용	2017. 04. 20	제주국제대학교	대한민국
8	2017 춘계 한국신·재생에너지학회	정철진	2017. 05. 15	제주 롯데시티호텔	대한민국
9	2017 춘계 한국폐기물자원순환학회	정철진	2017. 05. 12	전북대	대한민국
10	2017 추계 한국환경기술학회	정철진	2017. 10. 19	원광대	대한민국
11	7th AFORE 2017	정철진	2017. 11. 16	해운대 그랜드 호텔	대한민국
12	2017 한국미생물생명공학회	이승제	2017. 06. 28	부산(벡스코)	대한민국
13	2017 국제건강기능식품학회	이승제	2017. 10. 24	군산(GSCO)	대한민국
14	2017 한국식품영양과학회	이승제	2017. 11. 09	경주	대한민국
15	2017 한국미생물학회 국제학술대회	Kishor Sureshbhai Patil	2017. 4. 27	부산	대한민국
16	2018 한국미생물학회 국제학술대회	Kishor Sureshbhai Patil	2018. 04. 26	평창 알펜시아리조트	대한민국
17	2018 대한환경공학회 추계 학술대회	정철진	2018. 11. 16	광주김대중 컨벤션센터	대한민국
18	2018년 한국환경기술학회 춘계학술발표회	정철진	2018. 04. 26	동아대학교	대한민국
19	2018 한국키틴키토산학회	이승제	2018. 06. 21	제주 서귀포 M-STAY 호텔	대한민국
20	2018 한국미생물생명공학회	김민선	2018. 06. 28	여수 엑스포 컨벤션센터	대한민국
21	2018 한국분자세포생물학회	이승제	2018. 09. 18	서울 코엑스	대한민국
22	2018 한국식품영양과학회	김민선	2018. 11. 01	부산 벡스코	대한민국
23	2018 한국식품영양과학회	김희정	2018. 11. 01	부산 벡스코	대한민국
24	2nd International Conference on Agriculture, Food and Biotechnology	정철진	2019. 01. 24	National University of Singapore	싱가포르

다. 생명자원(생물자원)/화합물

No	생명자원(생물자원)/화합물명	등록/기탁번호	등록/기탁기관	발생년도
1	Orchrobactrum anthropi AM3	KCCM 43248	한국미생물보존센터 (KCCM)	2016
2	Bacillus siaminsis JIF17807	KCTC 18641P	한국생명공학연구원	2017
3	Bacillus licheniformis JIF17775	KCTC 18638P	한국생명공학연구원	2017
4	Bacillus amyloliquefaciens JIF17714	KCTC 18636P	한국생명공학연구원	2017
5	Bacillus megaterium JIF17801	KCTC 18639P	한국생명공학연구원	2017
6	Bacillus subtilis JIF 17623	KCTC 18643P	한국생명공학연구원	2017
7	Bacillus stratoshericus JIF17796	KCTC 18642P	한국생명공학연구원	2017
8	Bacillus aryabhattai JIF17682	KCTC 18637P	한국생명공학연구원	2017
9	Bacillus safensis JIF17718	KCTC 18640P	한국생명공학연구원	2017
10	Bacillus sp. KP1	MG062868	GenBank (NCBI)	2017
11	Bacillus aryabhattai K13	KCCM 43272	한국미생물보존센터 (KCCM)	2017
12	Bacillus thuringiensis JIF18020	KCTC 18694P	한국생명공학연구원	2018
13	Bacillus zhangzhouensis JIF18062	KCTC18695P	한국생명공학연구원	2018
14	Serratia liquefaciens JIF18104	KCTC18696P	한국생명공학연구원	2018
15	Bacillus amyloliquefaciens JIF18106	KCTC18697P	한국생명공학연구원	2018
16	Bacillus subtilis JIF18112	KCTC18699P	한국생명공학연구원	2018
17	Bacillus toyonensis JIF18109	KCTC18698P	한국생명공학연구원	2018
18	Bacillus licheniformis JIF18122	KCTC18700P	한국생명공학연구원	2018
19	Bacillus stratosphericus JIF18127	KCTC18701P	한국생명공학연구원	2018
20	Bacillus wiedmannii JIF18136	KCTC18702P	한국생명공학연구원	2018
21	Bacillus glycinifermentans JIF18230	KCTC18703P	한국생명공학연구원	2018
22	Bacillus megaterium JIF18244	KCTC18704P	한국생명공학연구원	2018

라. 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

No	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국 명	출원			등 록			기여율
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
1	음식물 폐기물 분해·소멸 장치의 공기순환 시스템	대한민국	고등기술연구원연구조합	2016.05.31	10-2016-0066948				100
2	음식물류 폐기물 분해용 혼합균주 및 이를 이용한 음식물류 폐기물 처리 방법	대한민국	전북생물산업진흥원	2016.11.29	10-2016-0159909	전북생물산업진흥원	2018.11.14	10-1920557	100
3	Bacillus megaterium BC2-2 균주 및 이를 이용한 음식물류 폐기물 처리 방법	PCT	평강비아이엠	2016.12.27	PCT/KR2016/015307				100
4	제 31류	대한민국				평강비아이엠	2016.08.23	40-1198108	100
5	펠릿 제조 시스템	대한민국	규원테크	2016.12.28	10-2016-0180896				100
6	음식물 폐기물 발효소멸 장치의 실시간 모니터링 및 자동제어 시스템	대한민국	고등기술연구원연구조합	2017.07.27	10-2017-0095326	고등기술연구원연구조합	2018.08.09	10-1889035	100
7	음식물류 폐기물 분해 혼합균주 및 이를 이용한 음식물쓰레기 분해 방법	대한민국	전북생물산업진흥원	2017.10.19	10-2017-0135651				100
8	자연에서 자연으로 모두올청	대한민국	전북생물산업진흥원	2017.10.19	40-2017-0132024				100
9	펠릿 제조 시스템	대한민국	㈜규원테크	2016.12.28	10-2016-0190896	㈜규원테크	2017.08.24	10-1772906	100
10	고체 연료 연소장치	대한민국	㈜규원테크	2017.10.27	10-2017-0140764				100
11	교반 구조 개선형 음식물쓰레기 및 축분 처리기	대한민국	평강비아이엠	2017.10.20	10-2017-0136382				100
12	열기 순환형 음식물쓰레기 및 축분 처리기	대한민국	평강비아이엠	2017.10.20	10-2017-0136387	평강비아이엠	2018.11.27	10-1924611	100
13	제습 기능을 갖는 음식물쓰레기 및 축분 처리기	대한민국	평강비아이엠	2017.10.20	10-2017-0136381				100
14	음식물류 폐기물 처리장치	대한민국	평강비아이엠	2018.07.05	10-2018-0078027				100
15	음식물류 폐기물 처리장치용 파쇄구가 구비된 교반기	대한민국	평강비아이엠	2018.07.05	10-2018-0078026				100
16	더블러스	대한민국	전북생물산업진흥원	2018.08.28	40-2018-0120111				100
17	음식물쓰레기 분해가 가능한 혼합균주 및 이를 이용한 음식물쓰레기 분해 방법	대한민국	전북생물산업진흥원	2018.09.21	10-2018-0114020				100

바. 전문연구 인력양성

No 1	분류	기준 년도	현 황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타

사. 산업기술 인력양성

No	프로그램명	프로그램 내용	교육기관	교육 개최회수	총 교육시간	총 교육인원
1	미생물 생균수 측정법/대량 배양법	음식물 분해용 균주의 활성정도를 생균수 측정법을 이용하여 확인하는 방법 제시, 배양규모를 Scale-up 하여 배양시 배양방법 및 주의사항을 안내	전라북도생물산업진흥원	1	2016.12.14.~ 2016.12.21 (10시간)	2
2	기술이전에 따른 균주 활용법 및 실증 평가	기술이전된 음식물 분해용 혼합균주 활용법(균주 보관법, 계대법, 활성화방법, 균주 첨가 방법 등)교육	전라북도생물산업진흥원	2	2016.12.01.~ 2016. 12.23 (25시간)	1
3	미생물 배양시 계대 및 보관 방법	-미생물 배양 및 보관법 안내(균주 배양 및 보관법 계대법, 활성화방법, 균주 첨가 방법 등)교육 -음식물쓰레기 분해장치 원리 교육 -기술이전 기술내용 전수	㈜에코데이	1	2017.10.11/ 2017.10.26 (8시간)	1
4	음식물쓰레기 분해 균주 활용법 및 실증 평가	-효소활성을 가진 혼합균주를 활용한 음식물류 폐기물 분해 방법 제시 -대량 배양시 배양방법 및 주의사항 안내 -음식물 분해용 혼합균주 활용법	평강 BIM	1	2017.10.19.~ 2017.10.20 (10시간)	2
5	미생물의 특성 및 분해과정	-미생물 보존법 -악취발생 및 악취저감화의 메커니즘 - 미생물의 특성 및 분해과정의 메커니즘 - 혼합미생물의 음식물 분해 효과 및 기술이전 방안	현대바이오, 누리향	1	2018. 06. 21 ~ 2018. 06. 22 (10시간)	3
6	혼합균주의 효소활성	-혼합균주를 활용한 음식물류 폐기물 분해 방법 제시 -혼합균주의 효소활성 실험 방법 및 원리과정 -혼합균주 배양시 최적조건 방안에 대한 이해 -혼합균주 처리에 따른 음식물쓰레기 분해 효과 및 이에 대한 기술이전 방안	KH바이오텍	1	2018. 07. 05 / 2018. 11. 22 (8시간)	2

아. 기술거래(이전) 등

No	기술이전 유형	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술료 (당해연도 발생액)	누적 징수현황
1	전용실시권	Amylase, Pectinase, Lipase, Cellulase 효소활성을 갖는 유용균주 조성물	㈜신화창조	2016.11.30	3,300,000원	없음
2	전용실시권	Amylase, Protease, Lipase, Cellulase 효소활성을 갖는 유용균주 조성물	㈜에코데이	기술이전 2017.10.26	5,000,000원	없음
3	전용실시권	음식물쓰레기 분해균주의 분리 및 혼합균주 제조 방법	KH 바이오텍	2018.12.31	12,500,000	없음
4	전용실시권	음식물쓰레기 분해용 혼합균주 활성화 및 현장적용 방법	KH 바이오텍	2019.01.23	12,500,000	없음

자. 사업화 투자실적

No	추가 R&D 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자자금 성격
					1) 내부자금 2) 신용대출 3) 담보대출 4) 투자유치 5) 기타

차. 사업화 현황

(단위 : 명, 년)

No	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생년도	기술 수명
							국내	국외		
1	자기실시	기존제품개선	국내 해외	미생물 원액 및 보조사료 제조	PCT출원한 바실러스 메가테리움 BC2-1균주를 이용한 음식물처리기 전용 및 탈취제 미생물 판매	평강 비아이엠	1026 백만원	139 백만원	2017년~ 2018년도	5
2	자기실시	기존제품개선	국내	목재 펠릿보일러 제조	펠릿 보일러를 제조하여 공장 등 수요 업체에 판매	규원테크	299 백만원	-	2017년~ 2018년도	5

카. 표준화

No	수행기관명	표준화 주제	표준화 기구	표준화 단계	관련번호	제출(채택)일	국가

타. 기술요약정보

연도	기술명	요약내용	기술완성도	등록번호

파. 보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록번호

하. 기타 (홍보)

전시회,박람회, 설명회 명	홍보내용	홍보기간	홍보장소
전라북도 R&D 지원센터 성과보고회	-크린퍼팩트 홍보 -연구성과 보고 및 설명/홍보	2016.12.20	전라북도생물산업진흥원
2017 상주국제농기계박람회	음식물쓰레기 발효소멸 장치 홍보	2017.04.05	경상북도 상주
2017 첨단농축산 기자재박람회	음식물쓰레기 발효소멸 결과 홍보	2017.11.15	일산 킨텍스
제22회 동경국제식품소재첨가물 박람회 및 제15회 헬스푸드엑스포전	-연구성과물 결과에 대한 보고 및 설명/홍보	2017.05.24 ~2017.05.26	일본
전주국제발효식품엑스포	-분말시제품(제품명 : 자연에서자연으로 모두올청) 홍보	2017.10.19 ~2017.10.23	전주
베트남프리미엄소비재전 전북종합세일즈관	농림부 음식물쓰레기 분해장치 개발사업 과제의 성과물을 베트남 프리미엄 소비재전에 홍보. (진흥원 : 전북종합세일즈관 운영 및 B2B 상담연계 지원, 현장 판촉 프로모션, 바이어 초청 등)	2018.05.31 ~2018.06.03	베트남 호치민 SECC
제주 키틴키토산학회	음식물쓰레기 분해장치 개발사업의 효소활성을 가진 혼합균주를 이용한 음식물쓰레기를 분해용 시제품 분말 제형화에 대한 홍보	2018.06.21 ~2018.06.22	제주
전주 국제발표식품엑스포	음식물쓰레기 분해장치 개발사업의 내염성, 내열성 및 효소활성을 가진 혼합균주 개발을 통한 음식물쓰레기 분해용 시제품 제형화(농축 액상, 분말) 제품에 대한 패키지 디자인 및 제품의 홍보 전시.	2018.10.25 ~2018.10.29	전주

홍보유형	신문,방송,저널 명	기사제목	홍보기간
신문	국제뉴스, 뉴스1, 새전북뉴스, 전민뉴스	전북생물산업진흥원 "음식물쓰레기 제로화"에 나선다	2016.03.03
방송	KBS NEWS, 전주KBS	음식물쓰레기 산업용 연료활용 미생물 개발	2016.03.03
신문	산열린신문	(주)평강BIM′ 음식물쓰레기서 금 캤다	2018.12.17

2.3 사업화성과 및 매출실적

- 사업화 성과

항목	세부항목			성 과
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	14.5 억원
			향후 3년간 매출	20 억원
		관련제품	개발후 현재까지	억원
			향후 3년간 매출	억원
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 0.5 % 국외 : %
			향후 3년간 매출	국내 : 1.0 % 국외 : %
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : % 국외 : %
			향후 3년간 매출	국내 : % 국외 : %
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위		위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위		위

- 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목		성 과		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		3		
	소요예산(백만원)		1000		
	예상 매출규모 (억원)		현재까지	3년후	5년후
			14.5	20	30
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	0	1	5
		국외			
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		특장형 음식물처리기, 축산분뇨 고속발효기, 이동형 폐사가축 처리기 펠렛보일러 효율 향상 보완 모델		
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)		현재	3년후	5년후
	수입대체(내수)				
	수 출				

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3-1. 목표

▮ 유용 미생물자원 도출 및 활용을 통한 음식물쓰레기의 친환경 처리 시스템 및 부산물 재자원화 기술 개발 및 실증을 통한 도농 자원순환 모델 개발 및 사업화
▮ 실증규모 음식물쓰레기 분해·소멸 시스템 및 부산물 재자원화 통한 실증

3-2. 목표 달성여부

○ 유용 미생물자원 도출 및 활용을 통한 음식물쓰레기의 친환경 분해·소멸시스템 핵심 설계/운영기술 개발 및 실증
- 음식물쓰레기 분해 유용미생물 도출/제형화 및 현장 실증 평가 완료
- 마이크로 유용자원 확보 및 현장 적용 발효시 군집 특성 분석
- 미생물 활성기반 IoT(Internet of Things)기술 융합 발효·소멸장치 자동 모니터링 및 제어 시스템 설계 및 구축 완료

○ 분해산물을 활용한 펠렛 연료 성형 기술 및 고효율 중대형 펠렛보일러 요소기술 개발 및 실증
- 고체 연료 연소장치 및 펠릿 제조 시스템 개발 및 연소특성 파악
- 230kW (200,000kcal/h) 음식물류 폐기물 펠릿보일러 요소기술 설계 및 시제품제작 완료
- 음식물쓰레기 분해산물 펠렛 연료 적용 보일러 실증 테스트

○ 생활환경기준(무악취, 저소음, 저진동)을 만족하는 도농(도시-농촌) 자원순환 모델 개발 및 사업화
- 실증규모 음식물쓰레기 분해·소멸시스템에 복합악취 제거시스템과 발효열 재이용을 위한 콘덴싱 융합시스템 및 운전성능 예측 모델 개발
- 유용 미생물 자원 도출 및 활용을 통한 음식물류 폐기물의 친환경 처리 시스템을 개발
- 이동식 펠렛성형연료시스템의 개발을 통해 지역 내 음식물분해부산물을 활용하여 펠렛 연료 및 퇴비화를 통한 도농복합형 자원순환 및 에너지 활용 체계를 구축

■ 실증규모 음식물쓰레기 분해·소멸 시스템 및 부산물 재자원화 통한 실증

항목	목표	달성도(%)
유용 미생물 자원 도출 및 고농축(≤10^{12} CFU/mL)액상 대량 배양시스템 구축	내염성 및 효소활성 유효 균주 확보 20건 및 마이크로 유용균주의 DB 75건/년 구축	100
	마이크로 유용자원의 현장 검증 및 마이크로 유용균주 상품화/제형화	100
실증규모(처리용량 100kg/일) 발효열 재이용 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 개 발 및 실증	무게감량 90%이상	90
	분해·소멸온도 ±50 ˚C	100
	pH 6~9	100
	ATP 100nmol/L이상	100
	염분농도 5.0%이하	100
	발효열에너지 재이용 90%이상	100
음식물쓰레기 분해부산물을 활용한 이동형 펠렛성형연료 생산시스템(성형연료 생산능력 100~200kg/hr) 및 중대형 230kW(200,000kcal)급 펠렛보일러 요소 기술 개발 및 실증	펠렛 연료 사양 : 고밀도 펠렛성형(580kg/m^3), 내구성 95%, 열량 3,500kcal/kg 이상	100
	펠렛보일러 열효율 90%이상	100
	동절기 300평 난방 실증	100

3-3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

- 해당사항없음

4. 연구결과의 활용 계획 등

■ 사업화 활용방안

- 국내 생물자원 유래 안정성과 기능성을 가진 균주 개발 및 종균화 기술로 세계적 브랜드와 경쟁할 수 있는 토종 유용발효미생물 확보를 통한 산업화 도모
- 도농복합 자원순환 및 에너지 이용효율 극대화와 에너지 수요처의 특성에 부합하는 에너지 변환체계를 확립하여 관련 전반적으로 활성화 될 수 있는 사업기반을 구축
- 본 개발 기술은 단순히 음식물류 폐기물을 분해·소멸하고 부산물을 활용하여 농업용 에너지 대체를 목적으로 하기 보다는 도심과 농촌에 상생 발전을 위한 활력화 모델로서 도농복합형 에너지자립마을의 일환으로 추진, 기술적 안전성과 경제성을 향상시켜 정부정책을 활성화 안정적인 농촌개발 사업으로 안착 유도

■ 기대효과

○ 기술적 측면
- 국내 생물자원 유래 안정성과 기능성을 가진 균주 개발 및 종균화 기술을 통해 세계적 브랜드와 경쟁 할 수 있는 토종 유용발효미생물 확보
- 유용미생물 확보 및 DB 구축을 통해 생물자원다양성 보존에 기여
- IoT기술 융합 발효·소멸장치 자동 모니터링 및 제어시스템을 통한 친환경 처리
- 음식물쓰레기 분해산물 활용 펠렛 사용으로 에너지 소비 감소 및 재순환 가능
- 농업부문 에너지 자립을 위한 도농복합형 바이오매스 에너지 생산 및 활용 시스템 개발

○ 사회적 측면
- 지역 내 도농복합형 자원순환 및 에너지 활용 체계를 구축함으로 도시와 농촌에 상생발전을 도모하고 지속가능한 농업발전 모델을 도출
- 시설채소 단지에 음식물류폐기물 유래 분해부산물과 농산바이오매스를 활용한 바이오매스 에너지 생산 및 청정에너지 활용 체계 구축으로 국내 농업부문 화석연료 직접 대체

○ 경제적 측면
- 음식물쓰레기를 기존 톤당 15만 원~20만 원의 처리비용을 톤당 9천 원 정도에 처리할 수 있어 40%이상의 비용 절감에 기여
- 수입 미생물을 대체하여 국내 토종 미생물 활용을 통한 로얄티 손실을 줄이고 국내 미생물 산업 활성화에 기여
- 분해부산물을 연료로 활용하여 기존 목재펠렛(톤 당 40만 원)을 대체한 가격 경쟁력을 갖춘 음식물 펠렛성형연료(톤당 12만원)를 확보함으로써 시설원예농가에 광열동력비를 70% 이상 절감

■ 참고문헌

Adani, F., Baido, D., Calcaterra, E., Genevini, P., 2002, The influence of biomass temperature on biostabilization–biodrying of municipal solid waste. Bioresour. Technol., Vol. 83, pp. 173-179, DOI: 10.1016/S0960-8524(01)00231-0.

Adhikari, B.K., Barrington, S., Martinez, J., King, S., 2009. Effectiveness of three bulking agents for food waste composting. Waste Manage. 29, 197–203, DOI : 10.1016/j.wasman.2008.04.001.

APHA (American Public Health Association), 2005, Standard methods for the examination of water and wastewater, 21st ed; APHA: Washington DC, USA0

Colomer, M.F.J., Herrera, P. L., Robles, M.F., Gallardo, I.A., Pina, G.A.B, 2013, Effect of airflow on biodrying of gardening wastes in reactor, Journal of Environmental Sciences, 25, 865-872, DOI : 10.1016/S1001-0742(12)60123-5.

Fraser, B.S., Lau, A.K., 2013, The effects of process control strategies on composting rate and odor emission, Compost science and utilization, 8(4), 274-292, DOI : 10.1080/1065657X.2000.10702001 .

Frei, K.M., Cameron, D., Stuart, P.R., 2004. Novel drying process using forced aeration through a porous biomass matrix. Dry. Technol. 22, 1191–1215, DOI : 10.1081/DRT-120038587.

Fogarty, A.M. and O.H. Tuovinen. 1991. Microbiological degradation of pesticides in yard waste composting. Microbiol. Rev. 55, 225-233.

He, P., Zhao, L., Zheng, W., Wu, D., Shao, L.M., 2013. Energy balance of a biodrying process for organic wastes of high moisture content: a review. Dry. Technol. 31 (2), 132-145, DOI : 10.1080/07373937.2012.693143.

Huilinir, C., Villegas, M., 2015. Simultaneous effect of initial moisture content and airflow rate on biodrying of sewage sludge. Water Res. 82, 118-128, DOI : 10.1016/j.watres.2015.04.046.

Kuok, F., Mimoto, H., Nakasaki, K., 2012. Effects of turning on the microbial consortia and the in situ temperature preferences of microorganisms in a laboratory-scale swine

manure composting. Bioresour. Technol. 116 (4), 421-427, DOI : 10.1016/j.biortech.2012.03.106.

Ministry of Environment in Korean, Environmental Statistics Yearbook 2015, 2015, http://library.me.go.kr/search/DetailView.ax?sid=1&cid=1550270

Navaee-Ardeh, S., Bertrand, F., Stuart, P.R., 2010. Key variables analysis of a novel continuous biodrying process for drying mixed sludge. Bioresour. Technol. 101, 3379–3387, DOI : 10.1016/j.biortech.2009.12.037.

Navaee-Ardeh, S., Bertrand, F., Stuart, P., 2006. Emerging biodrying technology for the drying of pulp and paper mixed sludges. Dry. Technol. 24, 863–878, DOI : 10.1080/07373930600734026.

Poulsen, T.G., Bester, K., 2010. Organic micropollutant degradation in sewage sludge during composting under thermophilic conditions. Environ. Sci. Technol. 44 (13), 5086-5091, DOI : 10.1021/es9038243.

Shen, Y.J., Chen, T.B., Gao, D., Zheng, G.D., Liu, H.T., Yang, Q.W., 2012. Online monitoring of volatile organic compound production and emission during sewage sludge composting. Bioresour. Technol. 123 (4), 463-470, DOI : 10.1016/j.biortech.2012.05.006.

Storey, S., Chualain, D.N., Doyle, O., Clipson, N., Doyle, E., 2015. Comparison of bacterial succession in green waste composts amended with inorganic fertilizer and wastewater treatment plant sludge. Bioresour. Technol. 179, 71-77, DOI : 10.1016/j.biortech.2014.11.107.

Takahiro, Y., Toshiyuki, M., Tairo, O., 2013, Bacterial and Biochemical Properties of Newly Invented Aerobic, High-Temperature Compost, In book : Thermophilic Microbes in Environmental and Industrial Biotechnology,119-135,DOI:10.1007/978-94-007-5899-5_4.

Tambone, F., Scaglia, B., Scotti, S., Adani, F., 2011. Effects of biodrying process on municipal solid waste properties. Bioresour. Technol. 102, 7443–7450, DOI : 10.1016/j.biortech.2011.05.010.

Tchobanoglous, G., Burton, F. L., and Stenser, H. D., 2004. Wastewater engineering: Treatment and reuse. McGrow-Hill Publishing: New York, USA.

Velis, C., Longhurst, P., Drew, G.H., Smith, R., Pollard, S.J.T., 2009. Biodrying for mechanical–biological treatment of wastes: a review of process science and engineering. Bioresour. Technol. 100, 2747–2761, DOI : 10.1016/j.biortech.2008.12.026.

Yamada, Y., Kawase, Y., 2006. Aerobic composting of waste activated sludge: Kinetic analysis for microbiological reaction and oxygen consumption. Waste Manage. 26, 49–61, DOI : 10.1016/j.wasman.2005.03.012.

Zhao, L., Gu, W.M., He, P.J., Shao, L.M., 2010. Effect of air-flow rate and turning frequency on bio-drying of dewatered sludge. Water Res. 44, 6144–6152, DOI : 10.1016/j.watres.2010.07.002.

Zhao, L., Wang, X.Y., Gu, W.M., Shao, L.M., He, P.J., 2011. Distribution of C and N in soluble fractionations for characterizing the respective biodegradation of sludge and bulking agents. Bioresour. Technol. 102, 10745–10749, DOI : 10.1016/j.biortech.2011.08.111.

Zhang, D.Q., He, P.J., Jin, T.F., Shao, L.M., 2008. Bio-drying of municipal solid waste with high water content by aeration procedures regulation and inoculation. Bioresour. Technol. 99, 8796–8802, DOI : 10.1016/j.biortech.2008.04.046.

Zhang, J., Gao, D., Chen, T.B., Zheng, G.D., Chen, J., Ma, C., Guo, S.L., Du, W., 2010. Simulation of substrate degradation in composting of sewage sludge. Waste Manage. 30, 1931–1938, DOI : 10.1016/j.wasman.2010.04.004.

부록 1	세부연구수행 결과

<목 차>

I. 마이크로 유용자원 확보 기술개발

1. 마이크로 유용자원의 발굴 및 data base 구축화
   1.1 마이크로 유용자원의 스크리닝
   1.2 마이크로 유용자원의 특성 규명
   1.3 마이크로 유용자원의 data base화
2. 리그닌 분해 미생물의 분리 및 유전체 분석
   2.1 리그닌 분해 미생물 동정
   2.2 리그닌 분해 미생물의 생리학적 특성
   2.2 리그닌 분해 미생물의 생리학적 특성
   2.3 Ochrobactrum anthropi AM3 균주의 유전체 분석
   2.4 Bacillus aryabhattai K13 균주의 유전체 염기서열 분석
   2.5 리그닌 분해 관련 효소활성 분석
3. 마이크로 유용자원의 second metabolites 탐색
   3.1 항균활성을 가진 균주 선별
   3.2 균주 배양 및 fractionation
   3.3 Gas Chromatography-Mass Spectroscopy analysis
4. 마이크로 유용자원의 제형화 시스템 구축
   4.1 마이크로 유용자원의 배양, 농축, 제형 연구 및 SOP 공정
   4.2 제형화 제품의 패키지 디자인 개발

II. 음식물쓰레기 분해산물 통합시스템 구축

1. 처리용량 4kg/일 음식물쓰레기 분해소멸시스템 설계 및 운전
   1.1 음식물쓰레기 발생 현황 및 물성분석
   1.2 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 설계 및 제작
   1.3 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 운전인자 및 제어인자 최적화(회분식)

2. 처리용량 4kg/일 음식물쓰레기 분해·소멸장치 장기 운전을 통한 성능 최적화
   2.1 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 운전특성 및 제어 최적화
   2.2 습공기제어시스템 구축 및 운전 특성
   2.3 습공기제어시스템 수분 응축량 및 에너지 효율

3. 처리용량 100kg/일 음식물쓰레기 분해소멸시스템 설계 및 운전
   3.1 음식물쓰레기 분해·소멸장치 CAE 활용 통한 개념 설계
   3.2 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 장치 설계 및 제작
   3.3 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 운전 및 제어인자
   3.4 콘덴싱시스템 융합 음식물쓰레기 발효·소멸시스템 구축 및 운전

III. 음식물쓰레기 분해산물 활용 펠렛성형연료 생산시스템

1. 펠렛성형 연료 안전성을 위한 성형 최적조건 연구
   1.1 음식물쓰레기 분해산물 펠렛 성형 최적화 및 연료 특성
   1.2 펠렛연료 고품위화 및 연료 안전성을 위한 혼합성형 조건
2. 음식물쓰레기 분해부산물 이동형 펠렛성형연료 생산시스템 개발
3. 230kw(200,000kcal/h) 음식물쓰레기 펠릿보일러 요소기술 설계 및 시제품제작
4. 음식물쓰레기 펠릿 성형기 개선 및 펠릿보일러 연소특성 개선

IV. 음식물쓰레기 분해산물 통합시스템 현장 실증

1. 마이크로 유용자원의 현장 적용 실증 연구
   1.1 마이크로 유용자원 처리에 따른 음식물쓰레기 분해효과
   1.2 유용균주 처리에 따른 미생물 군집능 특성분석
2. 실증규모(처리용량 100kg/일) IoT 기술 융합 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 성능 최적화 및 연속 운전
   1.1 IoT 기술 융합 발효·소멸 시스템 자동 모니터링 및 제어시스템 설계 및 구축
   1.2 음식물류 폐기물 100kg/일급 연속운전
3. 음식물쓰레기 분해산물 펠렛 연료 적용 보일러 실증 테스트

Ⅰ 마이크로 유용자원 확보 기술개발

1. 마이크로 유용자원의 발굴 및 data base 구축화

1.1 마이크로 유용자원의 스크리닝

가. 내염성 및 내열성 균주 확보

1) 재료 및 방법

① 시료의 수집 및 보관

○ 음식물류 폐기물 분해가 가능한 균주를 선별하기 위하여 1차년도에 음식물류 폐기물(일반가정, 상가), 누룩(개량누룩, 진주곡자, 송학곡자, 산성누룩)으로부터 2차년도에 전통발효식품(고추장, 된장, 젓갈)과 토양(갯벌, 모래)으로부터 3차년도에 전라북도 지역의 토양(논, 밭 등)으로부터 시료를 채취. 수집된 샘플은 냉장 보관하여 사용.

② 균주의 분리 및 선별방법

○ 채취한 시료 10 g을 각각 멸균된 증류수 90 mL에서 3시간 동안 침지시킨 후 nutrient agar(NA) 배지에 도말하여 30 ˚C에서 24시간 동안 배양. 24시간 후 나타난 colony의 크기와 형태에 따라 형태학적으로 다른 colony를 선별하여 각각 NA 배지에 옮겨 분리배양.

③ 내염성 및 내열성 균주 분리

○ 내염성 및 내열성 균주를 확보하기 위하여 NA 배지 제조시 NaCl을 0%~5%의 농도로 첨가하였으며, 염분의 농도를 달리한 NA 배지에 선별된 colony의 배양액을 10 ㎕씩 떨어뜨려, 각각 30 ˚C ~ 50 ˚C에서 24시간동안 배양. colony의 크기와 선명도를 기준으로 내염성 및 내열성을 확인.

2) 실험결과

① 유용균주의 분리

○ 유용균주의 분리를 위하여 4종류의 누룩(개량누룩, 진주곡자, 송학곡자, 산성누룩), 1인가구(원룸, 고시원) 및 다인가구(아파트, 주택 등)의 음식물쓰레기, 전통발효식품(고추장, 된장, 젓갈), 토양(갯벌, 모래, 논, 밭 등)으로부터 시료를 채취하여 균주를 분리함. 분리한 결과 누룩으로부터 72균주, 음식물쓰레기로부터 45균주, 전통발효식품으로부터 548균주, 토양으로부터 346균주를 분리하여 총 1011균주를 분리함.

② 분리된 균주의 내염성 및 내열성 활성 평가

○ 우리나라 음식에 포함되는 염분 농도는 대체로 3% 정도이며 그 이상의 농도에서 성장 가능하다면 음식물쓰레기 분해 균주로 활용이 가능하다고 판단. 이에 따라 내염성을 지닌 유용균주를 분리하는 방법으로 NA 배지 제조 시 0%~5%의 농도로 첨가하여 내염성을 확인하며 고온에서 생장 여부를 확인하기 위하여 30 ˚C~50 ˚C에서 배양하여 미생물의 성장 가능성 확인. 미리 액체배지에서 배양한 균주 배양액 10 ㎕을 NA 배지에 접종하여 각각의 온도에서 24시간 동안 배양하여 colony의 크기와 선명도를 기준으로 내염성 및 내열성을 확인. 5%의 내염성 확인 결과 누룩은 분리된 74균주 중 58균주, 음식물쓰레기는 분리된 45균주 중 41균주, 전통발효식품은 분리된 548균주 중 172균주, 갯벌, 모래로부터 분리된 토양은 155균주 중 40균주가 배양 가능하였으며 논, 밭 등으로부터 분리된 토양은 191균주 중 111균주가 배양이 가능.

50 ˚C 내열성 확인 결과 누룩은 분리된 74균주 중 32균주, 음식물쓰레기는 분리된 45균주 중 2균주, 전통발효식품은 분리된 548균주 중 157균주, 갯벌, 모래로부터 분리된 토양은 155균주 중 31균주가 배양 가능하였으며, 논, 밭 등으로부터 분리된 토양은 191균주 중 111균주가 배양 가능함.

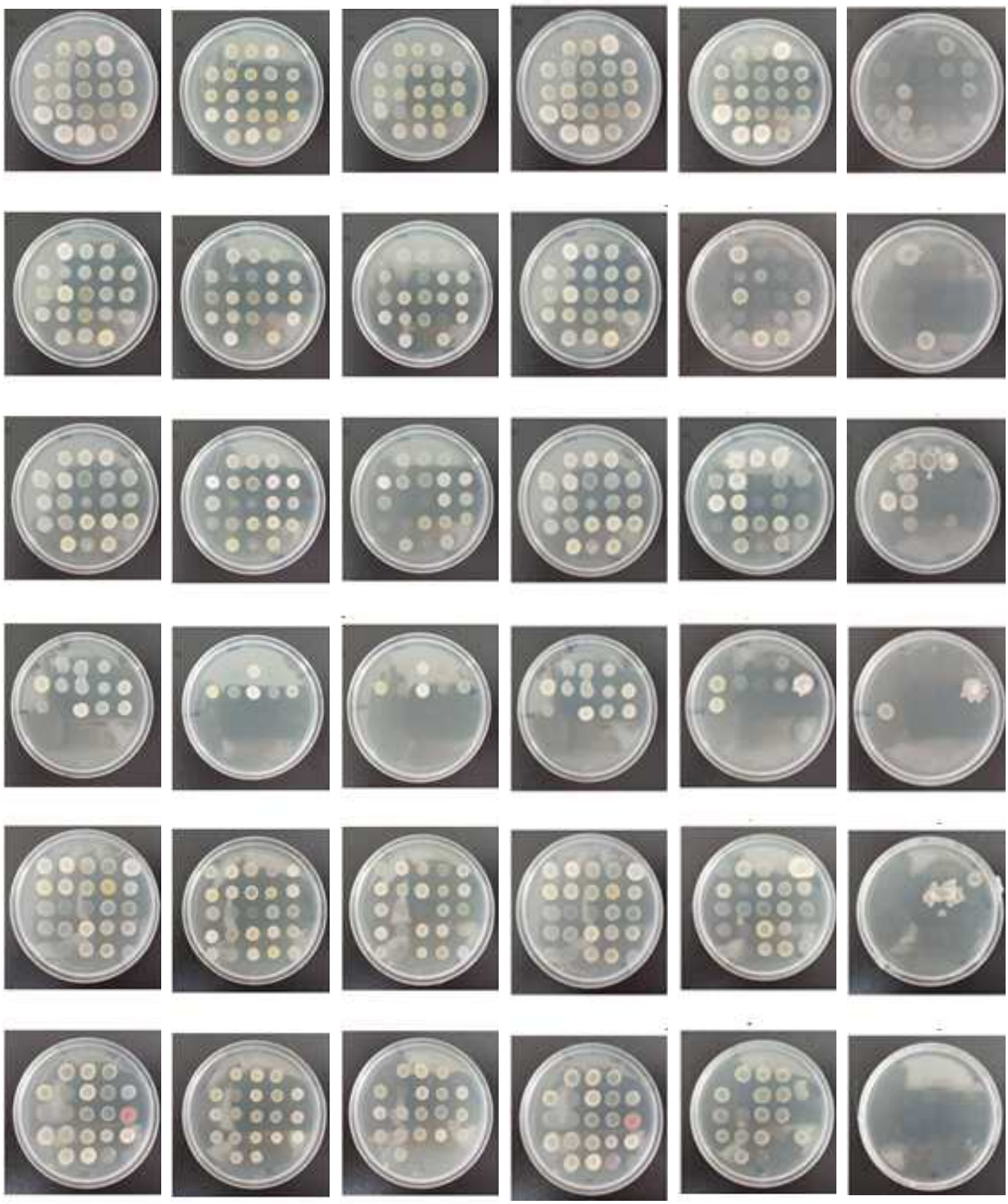
<표 1> 누룩으로부터 분리된 균주 정보

No.	Source	No.	Source	No.	Source	No.	Source
JIF16001	개량누룩	JIF16021	개량누룩	JIF16043	〃	JIF16063	송학곡자
JIF16002	〃	JIF16022	〃	JIF16044	〃	JIF16064	진주곡자
JIF16003	〃	JIF16023	송학곡자	JIF16045	〃	JIF16065	〃
JIF16004	〃	JIF16024	〃	JIF16046	〃	JIF16066	〃
JIF16005	〃	JIF16025	〃	JIF16047	〃	JIF16067	〃
JIF16006	〃	JIF16026	〃	JIF16048	〃	JIF16068	〃
JIF16007	〃	JIF16027	〃	JIF16049	〃	JIF16069	산성누룩
JIF16008	〃	JIF16028	〃	JIF16050	〃	JIF16070	〃
JIF16009	〃	JIF16029	〃	JIF16051	〃	JIF16071	〃
JIF16010	〃	JIF16030	진주곡자	JIF16052	〃	JIF16072	〃
JIF16011	〃	JIF16031	〃	JIF16053	〃	JIF16073	〃
JIF16012	〃	JIF16033	〃	JIF16054	〃	JIF16074	〃
JIF16013	〃	JIF16034	〃	JIF16055	〃		
JIF16014	〃	JIF16035	〃	JIF16056	〃		
JIF16015	〃	JIF16036	〃	JIF16057	〃		
JIF16016	〃	JIF16037	〃	JIF16058	〃		
JIF16017	〃	JIF16038	〃	JIF16059	〃		
JIF16018	〃	JIF16030	산성누룩	JIF16060	개량누룩		
JIF16019	〃	JIF16041	〃	JIF16061	〃		
JIF16020	〃	JIF16042	〃	JIF16062	송학곡자		

<표 2> 음식물류 폐기물로부터 분리된 균주 정보

No.	Source	No.	Source	No.	Source
JIF16201	다인가구	JIF16221	1인가구	JIF16241	상가
JIF16202	〃	JIF16222	〃	JIF16242	〃
JIF16203	〃	JIF16223	〃	JIF16243	〃
JIF16204	〃	JIF16224	〃	JIF16244	다인가구
JIF16205	〃	JIF16225	〃	JIF16245	〃
JIF16206	〃	JIF16226	〃		
JIF16207	〃	JIF16227	〃		
JIF16208	〃	JIF16228	〃		
JIF16209	〃	JIF16229	〃		
JIF16210	〃	JIF16230	〃		
JIF16211	〃	JIF16231	〃		
JIF16212	〃	JIF16232	〃		
JIF16213	〃	JIF16233	〃		
JIF16214	〃	JIF16234	〃		
JIF16215	〃	JIF16235	〃		
JIF16216	〃	JIF16236	상가		
JIF16217	〃	JIF16237	〃		
JIF16218	〃	JIF16238	〃		
JIF16219	〃	JIF16239	〃		
JIF16220	〃	JIF16230	〃		

NaCl 0%	NaCl 3%	NaCl 5%	30˚C	40˚C	50˚C



<그림 1> 누룩 및 음식물쓰레기로부터 분리된 균주의 생육 특성 평가(내염성 및 내열성)

<표 3> 전통발효식품(된장, 고추장, 젓갈) 및 토양(갯벌, 모래)으로부터 분리된 균주 정보(NaCl 0%, 30°C 배양)

No.	Source	No.	Source	No.	Source	No.	Source
JIF17001	된장	JIF17023	〃	JIF17045	〃	JIF17067	〃
JIF17002	〃	JIF17024	〃	JIF17046	〃	JIF17068	갯벌
JIF17003	〃	JIF17025	고추장	JIF17047	〃	JIF17069	〃
JIF17004	〃	JIF17026	〃	JIF17048	〃	JIF17070	〃
JIF17005	〃	JIF17027	〃	JIF17049	〃	JIF17071	〃
JIF17006	〃	JIF17028	〃	JIF17050	〃	JIF17072	〃
JIF17007	〃	JIF17029	〃	JIF17051	〃	JIF17073	〃
JIF17008	〃	JIF17030	〃	JIF17052	〃	JIF17074	〃
JIF17009	〃	JIF17031	〃	JIF17053	〃	JIF17075	〃
JIF17010	〃	JIF17032	〃	JIF17054	〃	JIF17076	〃
JIF17011	〃	JIF17033	〃	JIF17055	〃	JIF17077	〃
JIF17012	〃	JIF17034	〃	JIF17056	〃	JIF17078	〃
JIF17013	〃	JIF17035	〃	JIF17057	〃	JIF17079	〃
JIF17014	〃	JIF17036	〃	JIF17058	〃	JIF17080	〃
JIF17015	〃	JIF17037	〃	JIF17059	〃	JIF17081	모래
JIF17016	〃	JIF17038	〃	JIF17060	〃	JIF17082	〃
JIF17017	〃	JIF17039	〃	JIF17061	〃	JIF17083	〃
JIF17018	〃	JIF17040	〃	JIF17062	〃	JIF17084	〃
JIF17019	〃	JIF17041	〃	JIF17063	〃	JIF17085	〃
JIF17020	〃	JIF17042	젓갈	JIF17064	〃		
JIF17021	〃	JIF17043	〃	JIF17065	〃		
JIF17022	〃	JIF17044	〃	JIF17066	〃		

<표 4> 전통발효식품(된장, 고추장, 젓갈) 및 토양(갯벌, 모래)으로부터 분리된 균주 정보(NaCl 0%, 40°C 배양)

No.	Source	No.	Source	No.	Source	No.	Source
JIF17086	된장	JIF17113	〃	JIF17140	〃	JIF17167	〃
JIF17087	〃	JIF17114	〃	JIF17141	〃	JIF17168	〃
JIF17088	〃	JIF17115	〃	JIF17142	〃	JIF17169	갯벌
JIF17089	〃	JIF17116	〃	JIF17143	〃	JIF17170	〃
JIF17090	〃	JIF17117	〃	JIF17144	〃	JIF17171	〃
JIF17091	〃	JIF17118	〃	JIF17145	〃	JIF17172	〃
JIF17092	〃	JIF17119	〃	JIF17146	〃	JIF17173	〃
JIF17093	〃	JIF17120	〃	JIF17147	〃	JIF17174	〃
JIF17094	〃	JIF17121	〃	JIF17148	〃	JIF17175	〃
JIF17095	〃	JIF17122	〃	JIF17149	〃	JIF17176	〃
JIF17096	〃	JIF17123	〃	JIF17150	〃	JIF17177	〃
JIF17097	〃	JIF17124	〃	JIF17151	〃	JIF17178	〃
JIF17098	〃	JIF17125	〃	JIF17152	〃	JIF17179	〃
JIF17099	〃	JIF17126	〃	JIF17153	〃	JIF17180	〃
JIF17100	〃	JIF17127	〃	JIF17154	〃	JIF17181	〃
JIF17101	〃	JIF17128	〃	JIF17155	〃	JIF17182	〃
JIF17102	〃	JIF17129	〃	JIF17156	〃	JIF17183	〃
JIF17103	〃	JIF17130	〃	JIF17157	〃	JIF17184	〃
JIF17104	〃	JIF17131	〃	JIF17158	〃	JIF17185	〃
JIF17105	〃	JIF17132	〃	JIF17159	〃	JIF17186	〃
JIF17106	고추장	JIF17133	젓갈	JIF17160	〃	JIF17187	모래
JIF17107	〃	JIF17134	〃	JIF17161	〃	JIF17188	〃
JIF17108	〃	JIF17135	〃	JIF17162	〃	JIF17189	〃
JIF17109	〃	JIF17136	〃	JIF17163	〃	JIF17190	〃
JIF17110	〃	JIF17137	〃	JIF17164	〃		
JIF17111	〃	JIF17138	〃	JIF17165	〃		
JIF17112	〃	JIF17139	〃	JIF17166	〃		

<표 5> 전통발효식품(된장, 고추장, 젓갈) 및 토양(갯벌, 모래)으로부터 분리된 균주 정보(NaCl 0%, 50°C 배양)

No.	Source	No.	Source	No.	Source	No.	Source
JIF17191	된장	JIF17209	고추장	JIF17227	〃	JIF17245	〃
JIF17192	〃	JIF17210	〃	JIF17228	젓갈	JIF17246	〃
JIF17193	〃	JIF17211	〃	JIF17229	〃	JIF17247	〃
JIF17194	〃	JIF17212	〃	JIF17230	〃	JIF17248	갯벌
JIF17195	〃	JIF17213	〃	JIF17231	〃	JIF17249	〃
JIF17196	〃	JIF17214	〃	JIF17232	〃	JIF17250	〃
JIF17197	〃	JIF17215	〃	JIF17233	〃	JIF17251	〃
JIF17198	〃	JIF17216	〃	JIF17234	〃	JIF17252	〃
JIF17199	〃	JIF17217	〃	JIF17235	〃	JIF17253	〃
JIF17200	〃	JIF17218	〃	JIF17236	〃	JIF17254	〃
JIF17201	〃	JIF17219	〃	JIF17237	〃	JIF17255	〃
JIF17202	〃	JIF17220	〃	JIF17238	〃	JIF17256	〃
JIF17203	〃	JIF17221	〃	JIF17239	〃	JIF17257	〃
JIF17204	〃	JIF17222	〃	JIF17240	〃	JIF17258	〃
JIF17205	〃	JIF17223	〃	JIF17241	〃	JIF17259	〃
JIF17206	〃	JIF17224	〃	JIF17242	〃		
JIF17207	〃	JIF17225	〃	JIF17243	〃		
JIF17208	〃	JIF17226	〃	JIF17244	〃		

<표 6> 전통발효식품(된장, 고추장, 젓갈) 및 토양(갯벌, 모래)으로부터 분리된 균주 정보(NaCl 3%, 30°C 배양)

No.	Source	No.	Source	No.	Source	No.	Source
JIF17301	된장	JIF17326	〃	JIF17351	〃	JIF17376	〃
JIF17302	〃	JIF17327	〃	JIF17352	〃	JIF17377	〃
JIF17303	〃	JIF17328	〃	JIF17353	〃	JIF17378	〃
JIF17304	〃	JIF17329	〃	JIF17354	〃	JIF17379	〃
JIF17305	〃	JIF17330	〃	JIF17355	〃	JIF17380	〃
JIF17306	〃	JIF17331	〃	JIF17356	〃	JIF17381	〃
JIF17307	〃	JIF17332	〃	JIF17357	〃	JIF17382	갯벌
JIF17308	〃	JIF17333	〃	JIF17358	〃	JIF17383	〃
JIF17309	〃	JIF17334	〃	JIF17359	〃	JIF17384	〃
JIF17310	〃	JIF17335	〃	JIF17360	〃	JIF17385	〃
JIF17311	〃	JIF17336	〃	JIF17361	〃	JIF17386	〃
JIF17312	〃	JIF17337	〃	JIF17362	〃	JIF17387	〃
JIF17313	〃	JIF17338	〃	JIF17363	〃	JIF17388	〃
JIF17314	〃	JIF17339	〃	JIF17364	〃	JIF17389	〃
JIF17315	〃	JIF17340	〃	JIF17365	〃	JIF17390	〃
JIF17316	〃	JIF17341	〃	JIF17366	〃	JIF17391	〃
JIF17317	〃	JIF17342	〃	JIF17367	〃	JIF17392	모래
JIF17318	〃	JIF17343	〃	JIF17368	〃	JIF17393	〃
JIF17319	고추장	JIF17344	〃	JIF17369	〃	JIF17394	〃
JIF17320	〃	JIF17345	〃	JIF17370	〃	JIF17395	〃
JIF17321	〃	JIF17346	〃	JIF17371	〃	JIF17396	〃
JIF17322	〃	JIF17347	〃	JIF17372	〃	JIF17397	〃
JIF17323	〃	JIF17348	〃	JIF17373	〃	JIF17398	〃
JIF17324	〃	JIF17349	젓갈	JIF17374	〃	JIF17399	〃
JIF17325	〃	JIF17350	〃	JIF17375	〃		

<표 7> 전통발효식품(된장, 고추장, 젓갈) 및 토양(갯벌, 모래)으로부터 분리된 균주 정보(NaCl 3%, 40°C 배양)

No.	Source	No.	Source	No.	Source	No.	Source
JIF17400	된장	JIF17419	〃	JIF17438	〃	JIF17457	〃
JIF17401	〃	JIF17420	〃	JIF17439	〃	JIF17458	〃
JIF17402	〃	JIF17421	〃	JIF17440	〃	JIF17459	〃
JIF17403	〃	JIF17422	〃	JIF17441	〃	JIF17460	〃
JIF17404	〃	JIF17423	〃	JIF17442	〃	JIF17461	〃
JIF17405	〃	JIF17424	〃	JIF17443	〃	JIF17462	〃
JIF17406	〃	JIF17425	〃	JIF17444	〃	JIF17463	〃
JIF17407	〃	JIF17426	〃	JIF17445	〃	JIF17464	〃
JIF17408	〃	JIF17427	〃	JIF17446	〃	JIF17465	〃
JIF17409	〃	JIF17428	〃	JIF17447	〃	JIF17466	모래
JIF17410	〃	JIF17429	〃	JIF17448	〃	JIF17467	〃
JIF17411	〃	JIF17430	〃	JIF17449	〃	JIF17468	〃
JIF17412	〃	JIF17431	〃	JIF17450	〃	JIF17469	〃
JIF17413	〃	JIF17432	〃	JIF17451	〃	JIF17470	〃
JIF17414	〃	JIF17433	〃	JIF17452	〃	JIF17471	〃
JIF17415	〃	JIF17434	〃	JIF17453	〃	JIF17472	〃
JIF17416	〃	JIF17435	〃	JIF17454	〃	JIF17473	〃
JIF17417	〃	JIF17436	젓갈	JIF17455	갯벌		
JIF17418	고추장	JIF17437	〃	JIF17456	〃		

<표 8> 전통발효식품(된장, 고추장, 젓갈) 및 토양(갯벌, 모래)으로부터 분리된 균주 정보(NaCl 3%, 50°C 배양)

No.	Source	No.	Source	No.	Source	No.	Source
JIF17474	된장	JIF17489	〃	JIF17504	젓갈	JIF17519	〃
JIF17475	〃	JIF17490	〃	JIF17505	〃	JIF17520	갯벌
JIF17476	〃	JIF17491	〃	JIF17506	〃	JIF17521	〃
JIF17477	〃	JIF17492	〃	JIF17507	〃	JIF17522	〃
JIF17478	〃	JIF17493	〃	JIF17508	〃	JIF17523	〃
JIF17479	〃	JIF17494	〃	JIF17509	〃	JIF17524	〃
JIF17480	〃	JIF17495	〃	JIF17510	〃	JIF17525	〃
JIF17481	〃	JIF17496	〃	JIF17511	〃	JIF17526	〃
JIF17482	〃	JIF17497	〃	JIF17512	〃	JIF17527	〃
JIF17483	〃	JIF17498	〃	JIF17513	〃	JIF17528	〃
JIF17484	〃	JIF17499	〃	JIF17514	〃	JIF17529	〃
JIF17485	〃	JIF17500	〃	JIF17515	〃	JIF17530	〃
JIF17486	〃	JIF17501	〃	JIF17516	〃	JIF17531	모래
JIF17487	〃	JIF17502	〃	JIF17517	〃	JIF17532	〃
JIF17488	고추장	JIF17503	〃	JIF17518	〃	JIF17533	〃

<표 9> 전통발효식품(된장, 고추장, 젓갈) 및 토양(갯벌, 모래)으로부터 분리된 균주 정보(NaCl 5%, 30°C배양)

No.	Source	No.	Source	No.	Source	No.	Source
JIF17601	된장	JIF17622	〃	JIF17643	〃	JIF17664	갯벌
JIF17602	〃	JIF17623	〃	JIF17644	〃	JIF17665	〃
JIF17603	〃	JIF17624	〃	JIF17645	〃	JIF17666	〃
JIF17604	〃	JIF17625	〃	JIF17646	〃	JIF17667	〃
JIF17605	〃	JIF17626	〃	JIF17647	〃	JIF17668	〃
JIF17606	〃	JIF17627	〃	JIF17648	〃	JIF17669	〃
JIF17607	〃	JIF17628	〃	JIF17649	〃	JIF17670	〃
JIF17608	〃	JIF17629	〃	JIF17650	〃	JIF17671	〃
JIF17609	〃	JIF17630	〃	JIF17651	〃	JIF17672	〃
JIF17610	〃	JIF17631	〃	JIF17652	〃	JIF17673	〃
JIF17611	〃	JIF17632	〃	JIF17653	〃	JIF17674	〃
JIF17612	〃	JIF17633	〃	JIF17654	〃	JIF17675	모래
JIF17613	〃	JIF17634	〃	JIF17655	〃	JIF17676	〃
JIF17614	〃	JIF17635	젓갈	JIF17656	〃	JIF17677	〃
JIF17615	〃	JIF17636	〃	JIF17657	〃	JIF17678	〃
JIF17616	〃	JIF17637	〃	JIF17658	〃	JIF17679	〃
JIF17617	〃	JIF17638	〃	JIF17659	〃	JIF17680	〃
JIF17618	고추장	JIF17639	〃	JIF17660	〃	JIF17681	〃
JIF17619	〃	JIF17640	〃	JIF17661	〃	JIF17682	〃
JIF17620	〃	JIF17641	〃	JIF17662	〃		
JIF17621	〃	JIF17642	〃	JIF17663	〃		

<표 10-1> 전통발효식품(된장, 고추장, 젓갈) 및 토양(갯벌, 모래)으로부터 분리된 균주 정보(NaCl 5%, 40˚C 배양)

No.	Source	No.	Source	No.	Source	No.	Source
JIF17683	된장	JIF17701	〃	JIF17719	〃	JIF17737	〃
JIF17684	〃	JIF17702	〃	JIF17720	〃	JIF17738	갯벌
JIF17685	〃	JIF17703	〃	JIF17721	〃	JIF17739	〃
JIF17686	〃	JIF17704	〃	JIF17722	〃	JIF17740	〃
JIF17687	〃	JIF17705	〃	JIF17723	〃	JIF17741	〃
JIF17688	〃	JIF17706	〃	JIF17724	〃	JIF17742	〃
JIF17689	〃	JIF17707	〃	JIF17725	〃	JIF17743	〃
JIF17690	〃	JIF17708	〃	JIF17726	〃	JIF17744	〃
JIF17691	〃	JIF17709	〃	JIF17727	〃	JIF17745	〃
JIF17692	〃	JIF17710	〃	JIF17728	〃	JIF17746	〃
JIF17693	〃	JIF17711	〃	JIF17729	〃	JIF17747	〃
JIF17694	〃	JIF17712	젓갈	JIF17730	〃	JIF17748	〃
JIF17695	〃	JIF17713	〃	JIF17731	〃	JIF17749	모래
JIF17696	〃	JIF17714	〃	JIF17732	〃	JIF17750	〃
JIF17697	〃	JIF17715	〃	JIF17733	〃	JIF17751	〃
JIF17698	고추장	JIF17716	〃	JIF17734	〃	JIF17752	〃
JIF17699	〃	JIF17717	〃	JIF17735	〃	JIF17753	〃
JIF17700	〃	JIF17718	〃	JIF17736	〃		

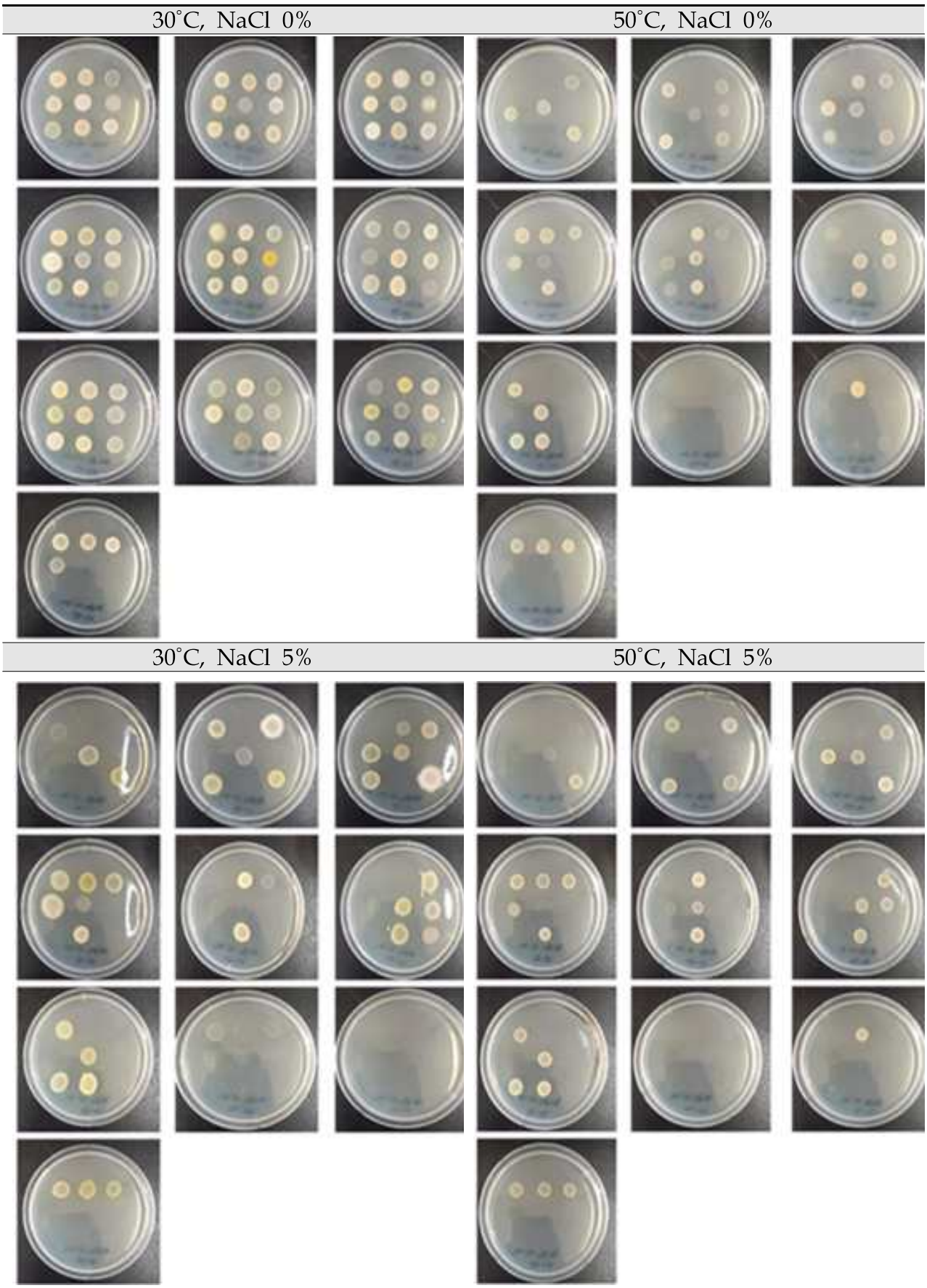
<표 10-2> 전통발효식품(된장, 고추장, 젓갈) 및 토양(갯벌, 모래)으로부터 분리된 균주 정보(NaCl 5%, 50˚C 배양)

No.	Source	No.	Source	No.	Source	No.	Source
JIF17754	된장	JIF17769	〃	JIF17784	〃	JIF17799	〃
JIF17755	〃	JIF17770	〃	JIF17785	〃	JIF17800	〃
JIF17756	〃	JIF17771	〃	JIF17786	〃	JIF17801	〃
JIF17757	〃	JIF17772	〃	JIF17787	〃	JIF17802	〃
JIF17758	〃	JIF17773	〃	JIF17788	〃	JIF17803	〃
JIF17759	〃	JIF17774	〃	JIF17789	〃	JIF17804	〃
JIF17760	〃	JIF17775	젓갈	JIF17790	〃	JIF17805	〃
JIF17761	〃	JIF17776	〃	JIF17791	〃	JIF17806	〃
JIF17762	〃	JIF17777	〃	JIF17792	〃	JIF17807	〃
JIF17763	고추장	JIF17778	〃	JIF17793	〃	JIF17808	모래
JIF17764	〃	JIF17779	〃	JIF17794	〃	JIF17809	〃
JIF17765	〃	JIF17780	〃	JIF17795	갯벌	JIF17810	〃
JIF17766	〃	JIF17781	〃	JIF17796	〃	JIF17811	〃
JIF17767	〃	JIF17782	〃	JIF17797	〃	JIF17812	〃
JIF17768	〃	JIF17783	〃	JIF17798	〃		

<표 11> 토양(논, 밭 등)으로부터 분리된 균주 정보(30˚C로부터 분리)

No.	30˚C 배양		50˚C 배양		No.	30˚C 배양		50˚C 배양	
	0% NaCl	5% NaCl	0% NaCl	5% NaCl		0% NaCl	5% NaCl	0% NaCl	5% NaCl
JIF18001	+	-	+	-	JIF18044	+	+	+	+
JIF18002	+	-	-	-	JIF18045	+	-	-	-
JIF18003	+	+	±	-	JIF18046	+	+	-	-
JIF18004	+	+	±	±	JIF18047	+	-	±	-
JIF18005	+	+	+	±	JIF18048	+	+	+	+
JIF18006	+	-	-	-	JIF18049	+	-	+	-
JIF18007	+	-	-	-	JIF18050	+	+	+	+
JIF18008	+	-	-	-	JIF18051	+	+	+	+
JIF18009	+	+	+	+	JIF18052	+	-	-	-
JIF18010	+	+	+	+	JIF18053	+	+	+	+
JIF18011	+	-	-	-	JIF18054	+	-	+	-
JIF18012	+	+	+	+	JIF18055	+	+	+	+
JIF18013	+	-	-	-	JIF18056	+	-	-	-
JIF18014	+	+	+	±	JIF18057	+	-	-	-
JIF18015	+	+	-	-	JIF18058	+	-	-	-
JIF18016	+	+	+	+	JIF18059	+	+	+	+
JIF18017	+	-	-	-	JIF18060	+	-	-	-
JIF18018	+	+	+	+	JIF18061	+	+	+	+
JIF18019	+	-	-	-	JIF18062	+	+	+	+
JIF18020	+	+	+	±	JIF18063	+	-	-	-
JIF18021	+	+	+	+	JIF18064	+	-	+	-
JIF18022	+	+	+	+	JIF18065	+	-	±	-
JIF18023	+	+	+	+	JIF18066	+	-	±	-
JIF18024	+	-	-	-	JIF18067	+	-	±	-
JIF18025	+	+	+	-	JIF18068	+	-	±	-
JIF18026	+	-	-	-	JIF18069	+	-	-	-
JIF18027	+	+	+	+	JIF18070	+	-	-	-
JIF18028	+	+	+	+	JIF18071	+	-	±	-
JIF18029	+	+	+	+	JIF18072	+	-	-	-
JIF18030	+	+	+	+	JIF18073	+	-	-	-
JIF18031	+	+	+	+	JIF18074	+	+	-	+
JIF18032	+	+	+	±	JIF18075	+	-	-	-
JIF18033	+	-	-	-	JIF18076	+	-	-	-
JIF18034	+	-	-	-	JIF18077	+	-	-	-
JIF18035	+	+	+	+	JIF18078	+	-	-	-
JIF18036	+	-	-	-	JIF18079	+	-	-	-
JIF18037	+	-	-	-	JIF18080	+	-	-	-
JIF18038	+	+	+	+	JIF18081	+	+	-	-
JIF18039	+	+	+	±	JIF18082	+	+	+	+
JIF18040	+	+	±	+	JIF18083	+	+	+	+
JIF18041	+	+	±	+	JIF18084	+	+	+	+
JIF18042	+	-	±	-	JIF18085	+	-	-	-
JIF18043	+	+	±	±					

* Colony 성장의 여부 (+: 성장, - : 억제, ±: 보통)



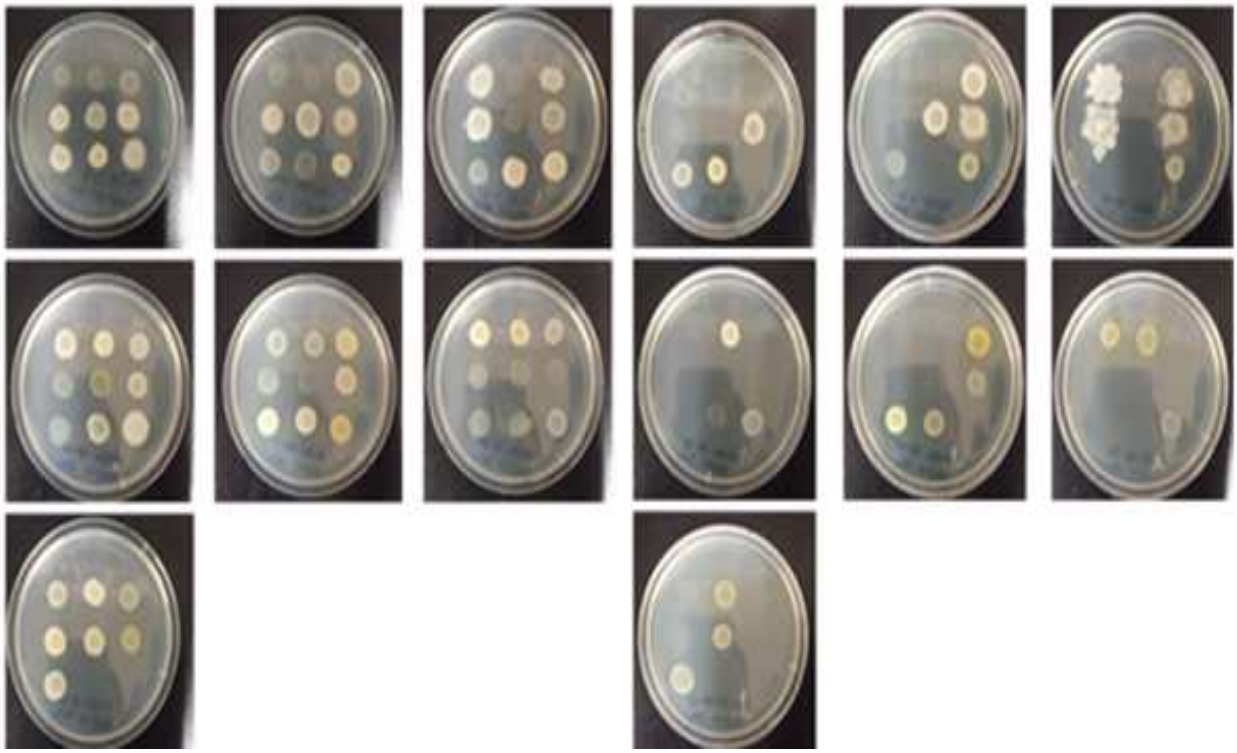
<그림 2> 토양(논, 밭 등)으로부터 분리된 균주의 생육 특성 평가(내염성 및 내열성)

<표 12> 토양(논, 밭 등)으로부터 분리된 균주 정보(40˚C로부터 분리)

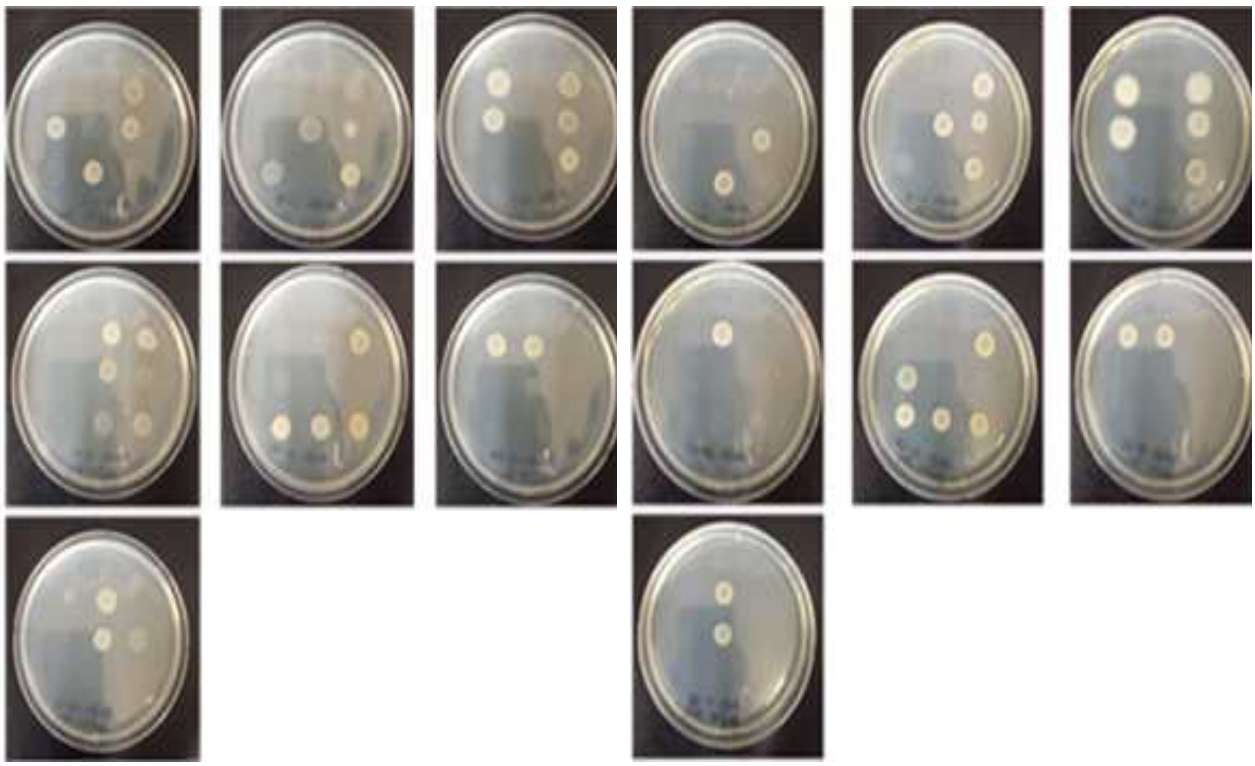
No.	30˚C 배양		50˚C 배양		No.	30˚C 배양		50˚C 배양	
	0% NaCl	5% NaCl	0% NaCl	5% NaCl		0% NaCl	5% NaCl	0% NaCl	5% NaCl
JIF18101	+	-	+	-	JIF18132	+	-	-	-
JIF18102	+	-	-	-	JIF18133	+	-	-	-
JIF18103	+	+	-	-	JIF18134	+	-	-	-
JIF18104	+	+	±	+	JIF18135	+	+	+	+
JIF18105	+	+	-	-	JIF18136	+	+	+	+
JIF18106	+	+	+	+	JIF18137	+	-	-	-
JIF18107	+	+	+	-	JIF18138	+	-	-	-
JIF18108	+	+	+	+	JIF18139	+	+	+	+
JIF18109	+	+	±	-	JIF18140	+	-	-	+
JIF18110	+	-	-	-	JIF18141	+	+	+	-
JIF18111	+	-	-	-	JIF18142	+	+	+	-
JIF18112	+	+	+	+	JIF18143	+	+	+	+
JIF18113	+	-	-	-	JIF18144	+	+	+	+
JIF18114	+	+	+	+	JIF18145	+	-	-	+
JIF18115	+	+	+	+	JIF18146	+	+	+	+
JIF18116	+	+	+	+	JIF18147	+	+	+	+
JIF18117	+	±	-	-	JIF18148	+	-	-	-
JIF18118	+	+	+	+	JIF18149	+	-	-	-
JIF18119	+	+	+	+	JIF18150	+	+	±	-
JIF18120	+	-	-	-	JIF18151	+	-	-	-
JIF18121	+	+	+	+	JIF18152	+	-	-	-
JIF18122	+	+	+	+	JIF18153	+	-	-	-
JIF18123	+	-	-	-	JIF18154	+	+	+	-
JIF18124	+	+	+	+	JIF18155	+	+	+	-
JIF18125	+	-	-	-	JIF18156	+	+	+	+
JIF18126	+	-	-	-	JIF18157	+	+	+	-
JIF18127	+	+	+	+	JIF18158	+	+	+	-
JIF18128	+	-	+	-	JIF18159	+	+	+	+
JIF18129	+	+	+	+	JIF18160	+	-	-	-
JIF18130	+	+	-	-	JIF18161	+	+	+	-
JIF18131	+	-	-	-	JIF18062	+	+	-	+

* Colony 성장의 여부 (+: 성장, - : 억제, ±: 보통)

30˚C, NaCl 0%	50˚C, NaCl 0%



30˚C, NaCl 5%	50˚C, NaCl 5%

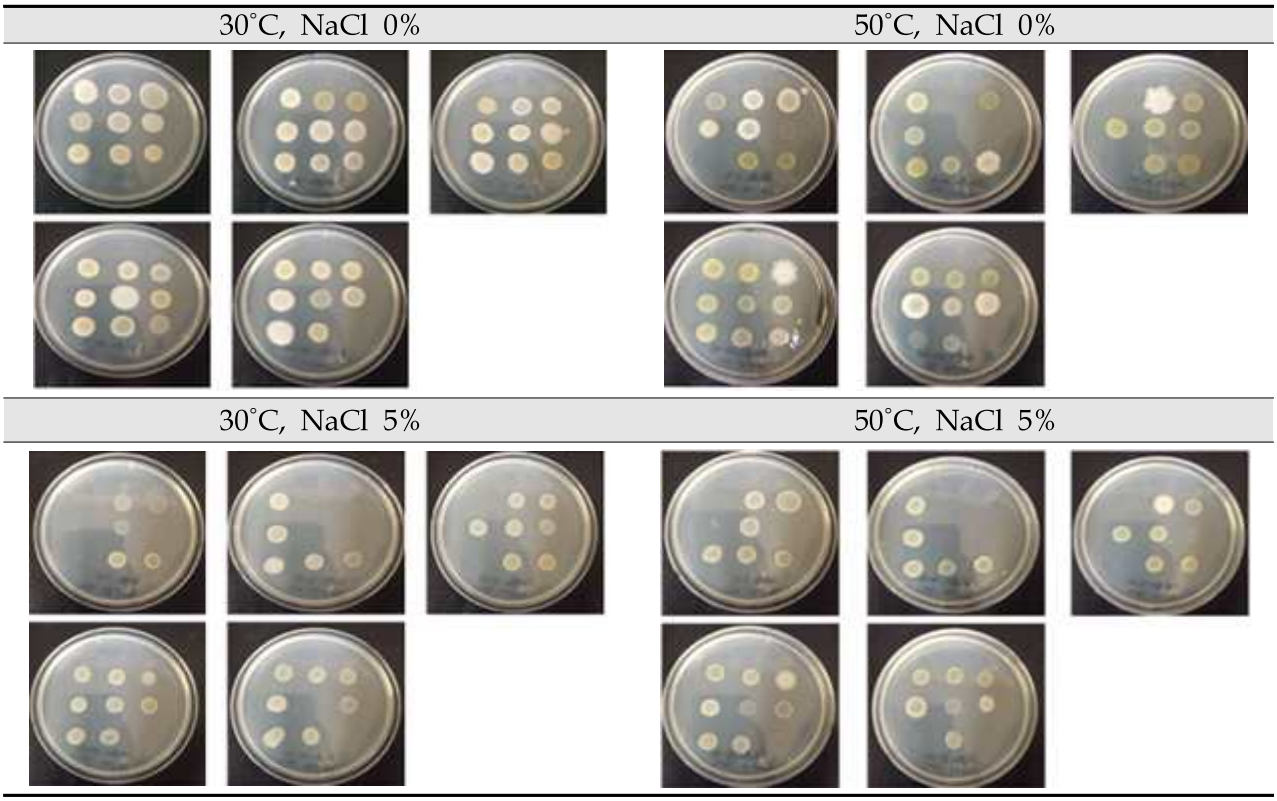


<그림 3> 토양(논, 밭 등)으로부터 분리된 균주의 생육 특성 평가(내염성 및 내열성)

<표 13> 토양(논, 밭 등)으로부터 분리된 균주 정보(50˚C로부터 분리)

No.	30˚C 배양		50˚C 배양		No.	30˚C 배양		50˚C 배양	
	0% NaCl	5% NaCl	0% NaCl	5% NaCl		0% NaCl	5% NaCl	0% NaCl	5% NaCl
JIF18201	+	-	+	-	JIF18223	+	+	+	+
JIF18202	+	+	+	+	JIF18224	+	+	+	+
JIF18203	+	+	+	+	JIF18225	+	-	-	-
JIF18204	+	-	+	-	JIF18226	+	+	+	+
JIF18205	+	+	+	+	JIF18227	+	+	+	+
JIF18206	+	-	+	-	JIF18228	+	+	+	+
JIF18207	+	-	-	+	JIF18229	+	+	+	+
JIF18208	+	+	+	+	JIF18230	+	+	+	+
JIF18209	+	+	+	+	JIF18231	+	+	+	+
JIF18210	+	+	+	+	JIF18232	+	+	+	+
JIF18211	+	-	-	-	JIF18233	+	+	+	+
JIF18212	+	-	+	-	JIF18234	+	+	+	+
JIF18213	+	+	+	+	JIF18235	+	+	+	+
JIF18214	+	-	-	-	JIF18236	+	-	+	+
JIF18215	+	-	-	-	JIF18237	+	+	+	+
JIF18216	+	+	+	+	JIF18238	+	+	+	+
JIF18217	+	+	+	+	JIF18239	+	+	+	+
JIF18218	+	+	+	+	JIF18240	+	+	+	+
JIF18219	+	-	-	-	JIF18241	+	-	+	+
JIF18220	+	+	+	+	JIF18242	+	+	+	+
JIF18221	+	+	+	+	JIF18243	+	+	+	+
JIF18222	+	+	+	+	JIF18244	+	+	+	±

* Colony 성장의 여부 (+: 성장, - : 억제, ±: 보통)



<그림 4> 토양(논, 밭 등)으로부터 분리된 균주의 생육 특성 평가(내염성 및 내열성)

나. 효소활성을 갖는 균주의 확보

1) 재료 및 방법

① 분리된 균주의 효소활성 평가

○ 분리된 균주의 효소활성 유무를 확인하기 위하여 amylase, cellulase, lipase, protease 활성을 각각 평가. 효소활성이 높은 균주를 선별하기 위해 paper disc(Advantec, Japan) 방법을 이용하였고, 각 효소와 특이적으로 반응하는 기질성분이 포함된 고체 선별배지 사용. Amylase 활성 확인은 starch agar(0.3% Beef Extract, 1% soluble starch, 1.2% agar) 배지(Difco, USA)에 6~8 mm paper disc를 올리고 각 균주 배양액을 5~20 uL씩 분주하여 30 ˚C에서 24시간 배양한 뒤 lugol solution(Sigma, Swizerland)으로 염색하고 분해능을 억제환(clear zone)의 직경으로 조사. Cellulase 활성 확인을 위하여 1% CMC가 포함된 NA 배지에 6~8 mm paper disc를 올리고 각 균주 배양액을 5~20 uL씩 분주하여 30˚C에서 24시간 배양 후, 0.1% congo red로 30분간 염색하고 1N NaCl로 세척한 뒤 나타난 억제환의 직경으로 조사. Lipase 활성은 1% tween 80이 포함된 sierra lipolytic agar(1% peptone, 0.5% sodium chloride, 0.5% calcium chloride, 1.5% agar) 배지(KisanBio, Korea)에 6~8 mm paper disc를 올리고 각 균주 배양액을 5~20 uL씩 분주하여 30˚C에서 24시간 배양하여 분해능을 억제환의 직경으로 조사. Protease 활성은 1% skim milk(Difco, USA)를 첨가한 NA 배지에 6~8 mm paper disc를 올리고 각 균주 배양액을 5~20 uL씩 분주하여 30 ˚C에서 24시간 반응하여 분해능을 억제환의 직경으로 조사.

2) 실험 결과

① 분리된 균주의 효소활성 평가

○ 분리된 균주의 효소활성 평가를 위하여 paper disc 방법으로 paper disc 주위의 억제환 크기를 측정하여 표시함(JIF16001~JIF16245 : 20 mm 이하는 +, 20~30 mm는 ++, 30 mm 이상은 +++로 표시, JIF17001~JIF17812 : 0~10 mm는 +, 10~15 mm는 ++, 15~20 mm는 +++, 20~25 mm는 ++++, 25~30 mm는 +++++로 표시, JIF18001~JIF18244 : trace는 -, 0~10 mm 이하는 +, 11~20 mm 이하는 ++, 21~30 mm 이하는 +++, 31~40 mm 이하는 ++++로 표시). 누룩에서 분리한 72균주 중 amylase 활성을 보이는 분리균주를 4종, protease 활성을 보이는 분리균주를 17종, lipase 활성을 보이는 분리균주 8종, cellulase 활성을 보이는 분리균주 1종을 확보하였으며, 음식물쓰레기에서 분리한 45균주 중에서는 amylase 활성을 보이는 분리균주 3종, protease 활성을 보이는 분리균주가 8종, lipase 활성을 보이는 분리균주 3종, cellulase 활성을 보이는 분리균주 2종으로 나타남. 누룩과 음식물쓰레기로부터 두 가지 이상의 효소 활성을 가지는 균주로 총 8종 선발. NaCl 5% 첨가된 배지로부터 전통발효식품(된장, 고추장, 젓갈)에서 분리한 159종 중 amylase 활성을 보이는 균주는 105종, protease 활성을 보이는 균주는 141종, lipase 활성을 보이는 균주는 153종, cellulase 활성을 보이는 균주는 127종으로서 4가지 효소 모두 활성을 띄며 억제환이 15 mm 이상의 크기를 지닌 균주를 선별한 결과 총 55종으로 나타났으며, 토양의 갯벌, 모래로부터 분리된 균주는 46종으로서 Amylase 활성을 보이는 균주는 17종, Protease 활성을 보이는 균주의 23종, Lipase 활성을 보이는 균주는 22종, Cellulase 활성을 보이는 균주는 11종으로서 이중 2가지 이상 활성을 띄며 억제환이 15 mm이상의 크기를 지닌 균

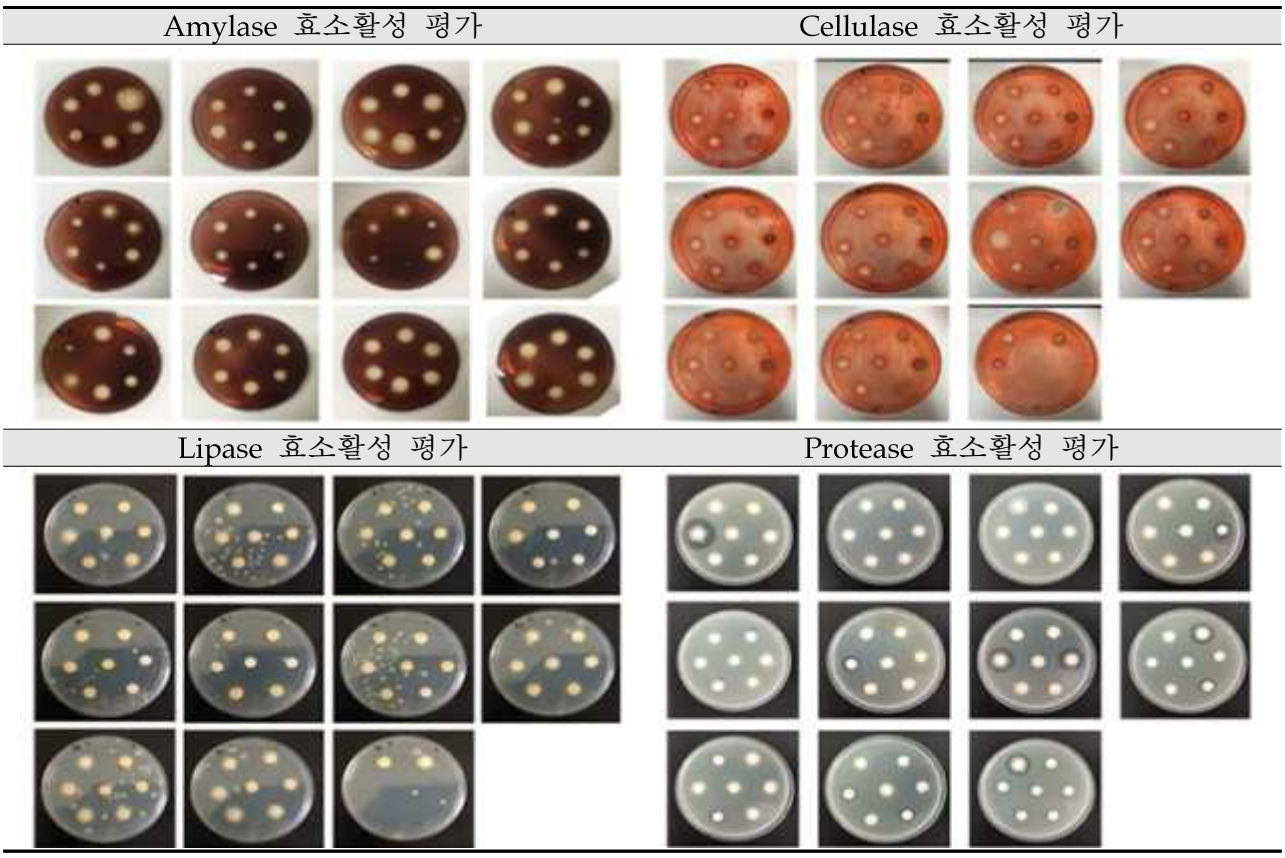
주를 선별한 결과 총 24종을 확보. 또한 토양(논, 밭 등)으로부터 분리된 190균주 중 amylase 활성을 보이는 균주는 42종, protease 활성을 보이는 균주는 101종, lipase 활성을 보이는 균주는 116종, cellulase 활성을 보이는 균주는 51종으로서 3가지 이상의 효소활성을 띄는 균주를 선별한 결과 총 50종으로 나타남.

<표 14> 누룩으로부터 분리된 균주의 효소 활성 평가

No.	Enzyme activity1)				No.	Enzyme activity				No.	Enzyme activity			
	A2)	C	L	P		A	C	L	P		A	C	L	P
JIF16001	-	-	-	-	JIF16026	+	-	-	+	JIF16053	-	-	-	+
JIF16002	-	-	-	-	JIF16027	+	-	-	-	JIF16054	-	-	-	-
JIF16003	+	+	-	++	JIF16028	-	-	-	-	JIF16055	-	-	-	-
JIF16004	-	-	-	-	JIF16029	-	-	-	-	JIF16056	-	-	-	-
JIF16005	-	-	-	-	JIF16030	-	-	-	-	JIF16057	-	-	-	-
JIF16006	-	-	-	-	JIF16031	-	-	-	-	JIF16058	-	-	-	+
JIF16007	-	-	-	-	JIF16033	-	-	-	-	JIF16059	-	-	-	-
JIF16008	-	-	-	-	JIF16034	-	-	-	-	JIF16060	-	-	-	-
JIF16009	-	-	-	-	JIF16035	-	-	-	-	JIF16061	-	-	+	-
JIF16010	-	-	-	-	JIF16036	-	-	-	-	JIF16062	-	-	-	-
JIF16011	-	-	+	-	JIF16037	-	-	-	-	JIF16063	-	-	-	-
JIF16012	-	-	-	-	JIF16038	-	-	-	-	JIF16064	-	-	-	+
JIF16013	-	-	-	-	JIF16040	+	-	-	+	JIF16065	-	-	-	-
JIF16014	-	-	-	-	JIF16041	-	-	-	-	JIF16066	-	-	-	-
JIF16015	-	-	+	-	JIF16042	-	-	-	-	JIF16067	-	-	-	-
JIF16016	-	-	+	+	JIF16043	-	-	-	-	JIF16068	-	-	-	+
JIF16017	-	-	-	-	JIF16044	-	-	+	-	JIF16069	-	-	+	-
JIF16018	-	-	-	-	JIF16045	-	-	+	+	JIF16070	-	-	-	-
JIF16019	-	-	-	-	JIF16046	-	-	-	+	JIF16071	-	-	-	-
JIF16020	-	-	+	-	JIF16047	-	-	-	+	JIF16072	-	-	-	+
JIF16021	-	-	-	-	JIF16048	-	-	-	+	JIF16073	-	-	-	+
JIF16022	-	-	-	-	JIF16049	-	-	-	+	JIF16074	-	-	-	-
JIF16023	-	-	-	+	JIF16050	-	-	-	-					
JIF16024	-	-	-	-	JIF16051	-	-	-	-					
JIF16025	-	-	-	+	JIF16052	-	-	-	-					

1) Size of halo zone (++ : 20~30 mm, + : less than 20 mm, - : trace)

2) A, amylase; C, cellulase; L, lipase; P, protease.



<그림 5> 누룩으로부터 분리된 균주의 효소 활성 평가

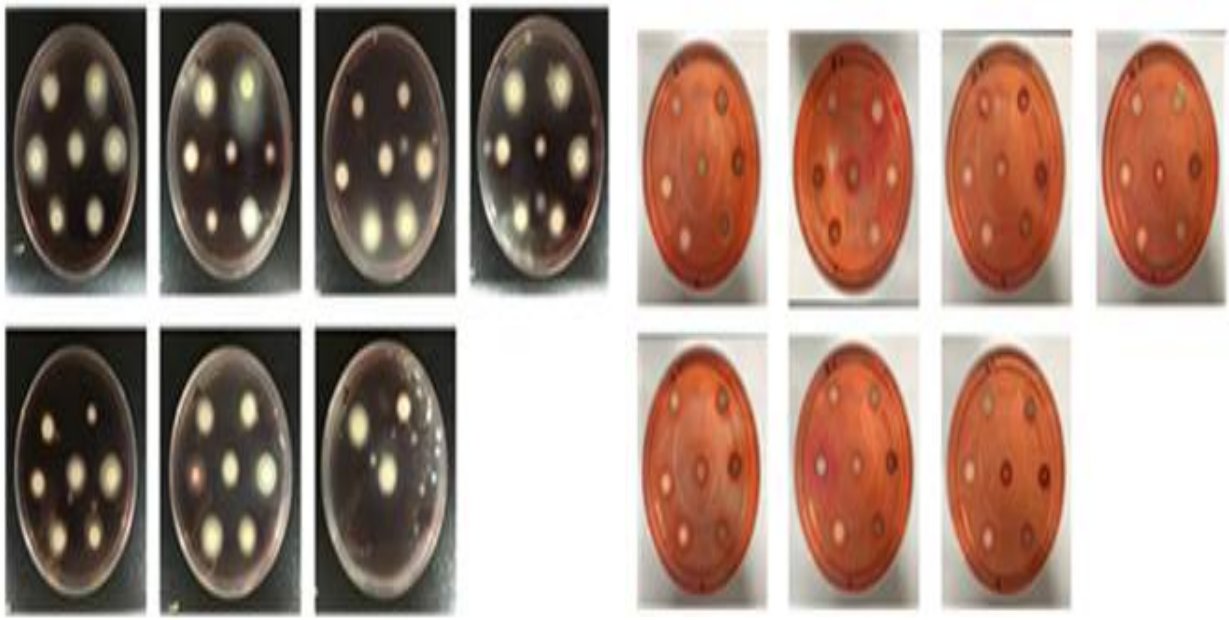
<표 15> 음식물쓰레기로부터 분리된 균주의 효소 활성 평가

No.	Enzyme activity1)				No.	Enzyme activity				No.	Enzyme activity			
	A2)	C	L	P		A	C	L	P		A	C	L	P
JIF16201	-	-	-	-	JIF16216	-	-	-	-	JIF16231	-	-	-	-
JIF16202	-	-	-	-	JIF16217	-	-	-	+	JIF16232	-	-	-	-
JIF16203	-	-	-	-	JIF16218	-	-	-	-	JIF16233	-	-	-	-
JIF16204	-	-	-	-	JIF16219	-	-	-	+	JIF16234	-	-	-	-
JIF16205	-	-	-	-	JIF16220	-	-	-	-	JIF16235	-	-	-	-
JIF16206	-	-	-	-	JIF16221	-	-	-	-	JIF16236	-	-	-	-
JIF16207	-	+	-	-	JIF16222	-	-	-	-	JIF16237	-	-	-	++
JIF16208	-	-	-	-	JIF16223	-	-	-	-	JIF16238	+	-	++	+
JIF16209	+	-	-	++	JIF16224	-	-	-	-	JIF16239	-	-	+	-
JIF16210	-	-	-	-	JIF16225	-	-	-	-	JIF16230	-	-	-	+
JIF16211	-	-	-	-	JIF16226	-	-	-	+	JIF16241	+	-	+	-
JIF16212	-	-	-	-	JIF16227	-	-	-	-	JIF16242	-	-	-	-
JIF16213	-	+	-	-	JIF16228	-	-	-	-	JIF16243	-	-	-	-
JIF16214	-	-	-	-	JIF16229	-	-	-	-	JIF16244	-	-	-	-
JIF16215	-	-	-	-	JIF16230	-	-	-	-	JIF16245	-	-	-	+

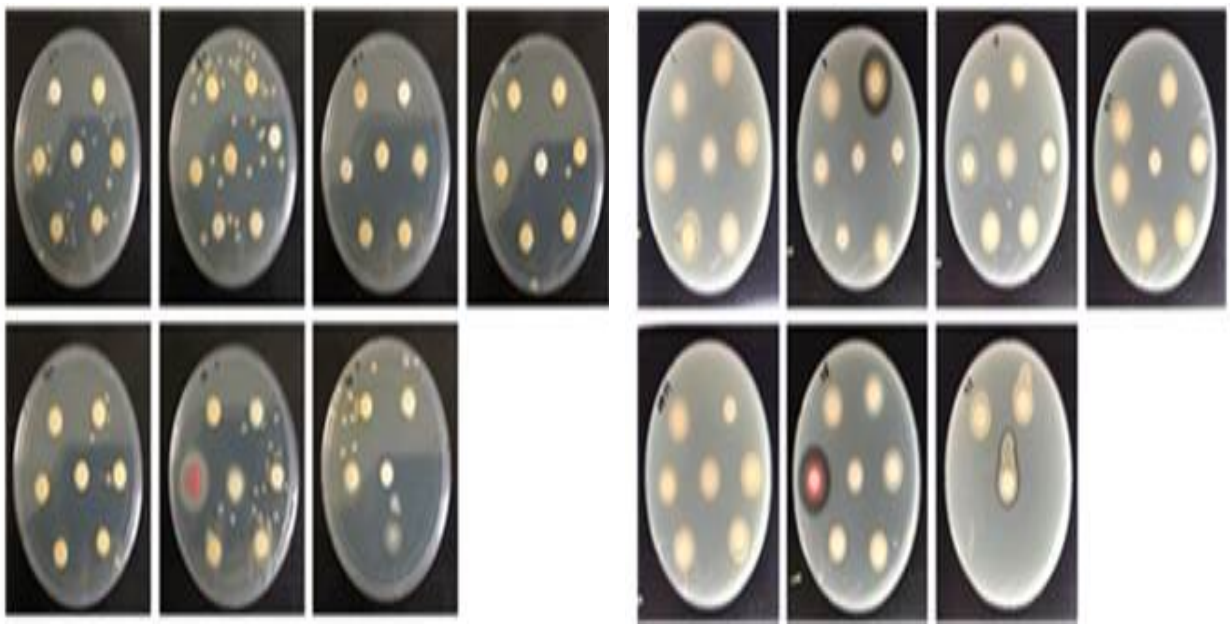
1) Size of halo zone (++ : 20~30 mm, + : less than 20 mm, - : trace)

2) A, amylase; C, cellulase; L, lipase; P, protease.

Amylase 효소활성 평가	Cellulase 효소활성 평가



Lipase 효소활성 평가	Protease 효소활성 평가



<그림 6> 음식물쓰레기로부터 분리된 균주의 효소 활성 평가

<표 16> 전통발효식품 및 토양으로부터 분리된 균주의 효소활성 평가(30˚C)

NO.	source	Enzyme activity1)				NO.	source	Enzyme activity			
		A2)	P	L	C			A	P	L	C
JIF17601	된장	+++	+++	A3)	++++	JIF17642	〃	-	++	A	++++
JIF17602	〃	-	++	A	++++	JIF17643	〃	++	++++	A	+++++
JIF17603	〃	+++	+++	A	+++++	JIF17644	〃	+++	++++	A	+++++
JIF17604	〃	+++	++++	A	+++	JIF17645	〃	++	++++	A	+++++
JIF17605	〃	++	++++	A	+++++	JIF17646	〃	-	+++	A	++++
JIF17606	〃	+++	++++	A	++++	JIF17647	〃	-	-	A	-
JIF17607	〃	+++	+++	A	++++	JIF17648	〃	+++	++++	A	+++++
JIF17608	〃	++	++++	A	+++++	JIF17649	〃	-	++	A	-
JIF17609	〃	+++	++++	A	++++	JIF17650	〃	-	++	A	-
JIF17610	〃	+++	++++	A	-	JIF17651	〃	-	-	B3)	-
JIF17611	〃	+++	++++	A	++++	JIF17652	〃	-	-	B	-
JIF17612	〃	++++	++++	A	++++	JIF17653	〃	-	-	A	-
JIF17613	〃	-	++++	A	++++	JIF17654	〃	-	+	B	-
JIF17614	〃	++++	++++	A	++++	JIF17655	〃	-	+++	A	++++
JIF17615	〃	+++	++++	A	++++	JIF17656	〃	+++	++++	A	+++++
JIF17616	〃	++	++++	A	-	JIF17657	〃	+++	+++++	A	+++++
JIF17617	〃	++++	++++	A	++++	JIF17658	〃	++	++++	A	+++++
JIF17618	고추장	++	++++	A	+++	JIF17659	〃	-	-	A	-
JIF17619	〃	+++	++++	A	++++	JIF17660	〃	-	-	A	-
JIF17620	〃	++	++++	A	++++	JIF17661	〃	+++	+++++	A	++
JIF17621	〃	++	++++	A	++++	JIF17662	〃	-	+++	A	+++
JIF17622	〃	+++	++++	A	++++	JIF17663	〃	-	-	B	-
JIF17623	〃	++++	++++	A	++++	JIF17664	갯벌	-	-	B	-
JIF17624	〃	++++	++++	A	+++++	JIF17665	〃	-	-	B	-
JIF17625	〃	+++	++++	A	++++	JIF17666	〃	-	-	B	-
JIF17626	〃	+++	++++	A	+++++	JIF17667	〃	-	-	B	-
JIF17627	〃	-	++++	A	+++	JIF17668	〃	-	+++	B	-
JIF17628	〃	++	+++	A	++++	JIF17669	〃	-	-	B	-
JIF17629	〃	+++	+++++	A	++	JIF17670	〃	-	-	B	-
JIF17630	〃	+++	++++	A	+++	JIF17671	〃	-	-	B	-
JIF17631	〃	-	+++	A	-	JIF17672	〃	+	-	B	-
JIF17632	〃	+++	+++++	A	++	JIF17673	〃	-	-	B	-
JIF17633	〃	+++	++++	A	++++	JIF17674	〃	-	-	B	-
JIF17634	〃	++	+++	A	+++	JIF17675	모래	-	-	B	-
JIF17635	젓갈	-	-	A	+++++	JIF17676	〃	-	-	B	-
JIF17636	〃	-	++	A	-	JIF17677	〃	-	-	B	-
JIF17637	〃	-	-	A	++++	JIF17678	〃	-	-	B	-
JIF17638	〃	-	-	A	++++	JIF17679	〃	-	-	B	-
JIF17639	〃	++	++++	A	-	JIF17680	〃	-	-	B	-
JIF17640	〃	++	++++	A	-	JIF17681	〃	++++	++++	A	-
JIF17641	〃	-	++	A	++++	JIF17682	〃	+++	++++	A	-

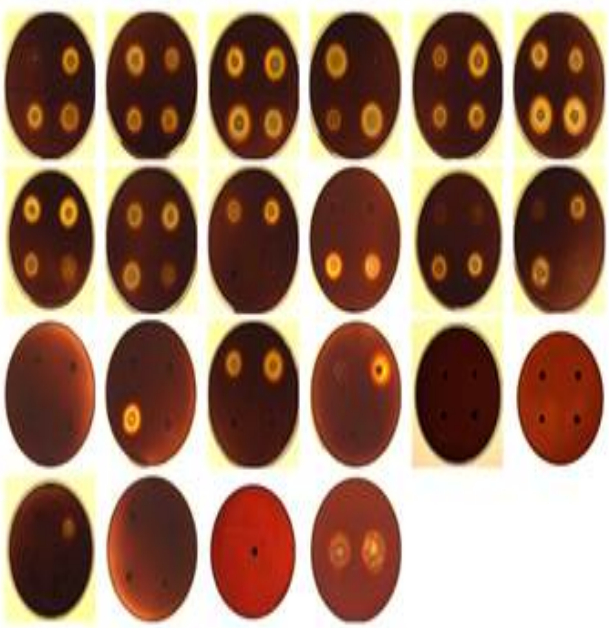
1) Size of halo zone(unit : mm)

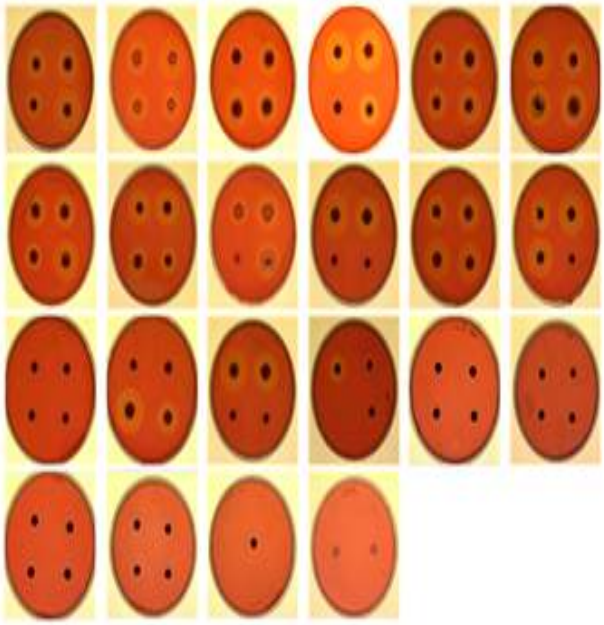
(+++++ : 25~30, ++++ : 20~25, +++ : 15~20, ++ : 10~15, + : 0~5, - : trace)

2) A, Amylase; P, Protease; L, Lipase; C, Cellulase.

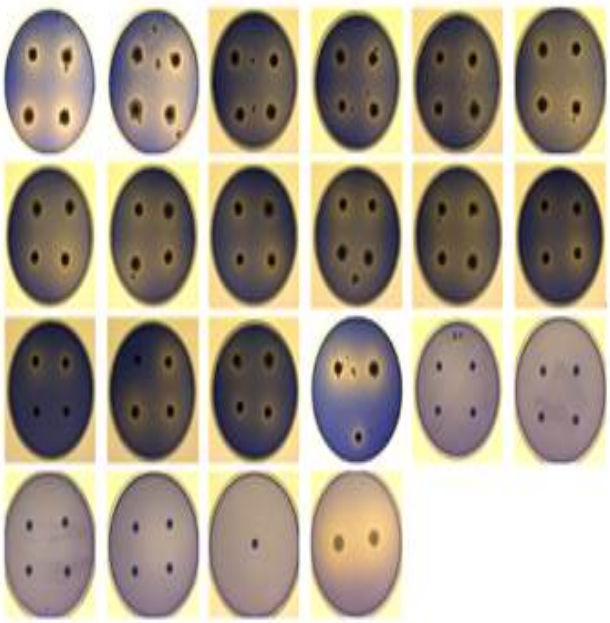
3) A, Detection; B, Non-detection

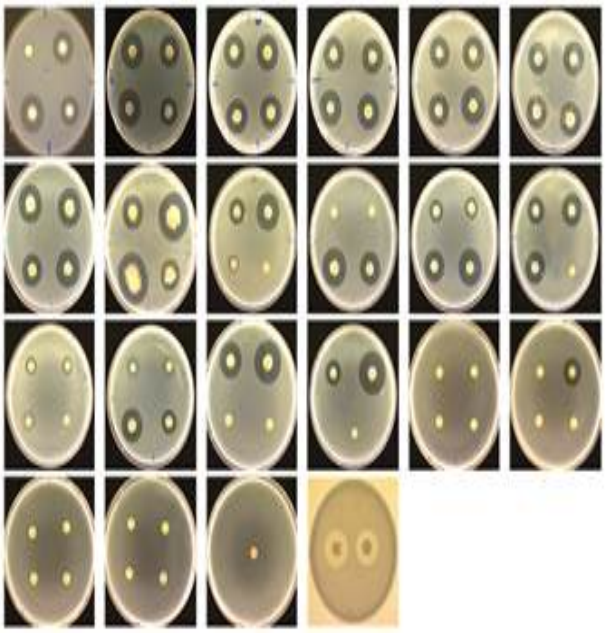
Amylase 효소활성 평가	Cellulase 효소활성 평가





Lipase 효소활성 평가	Protease 효소활성 평가



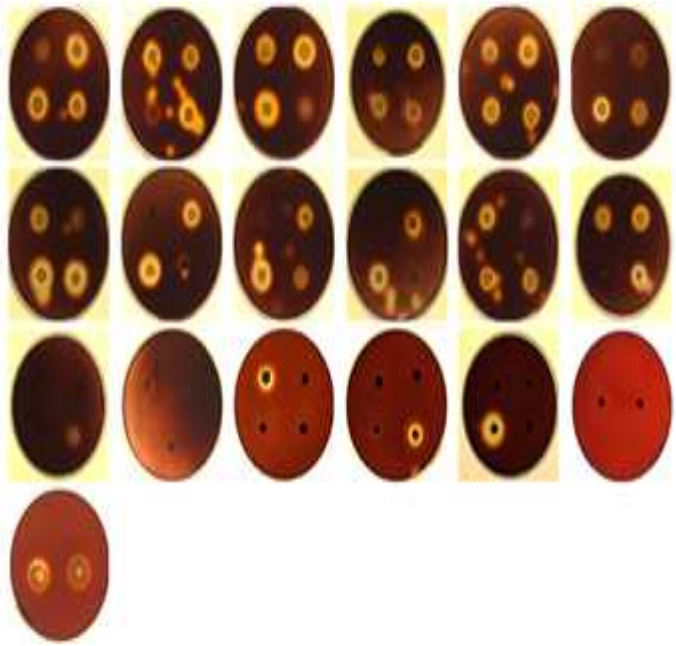
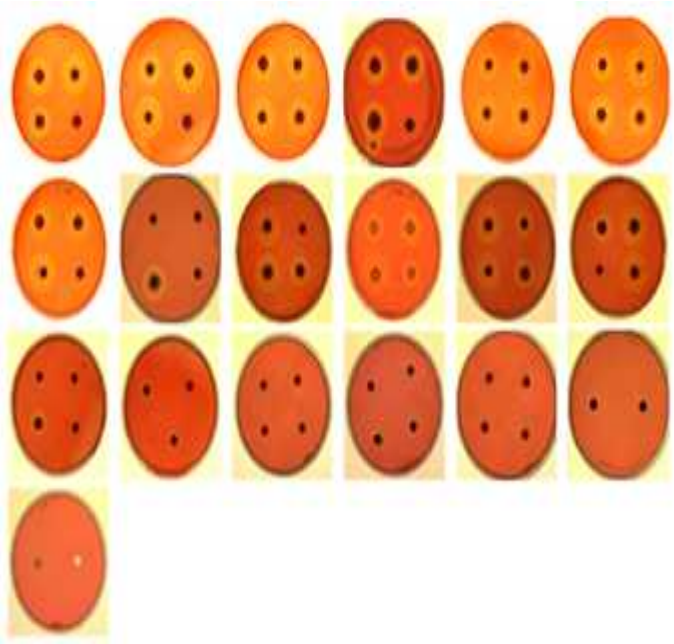
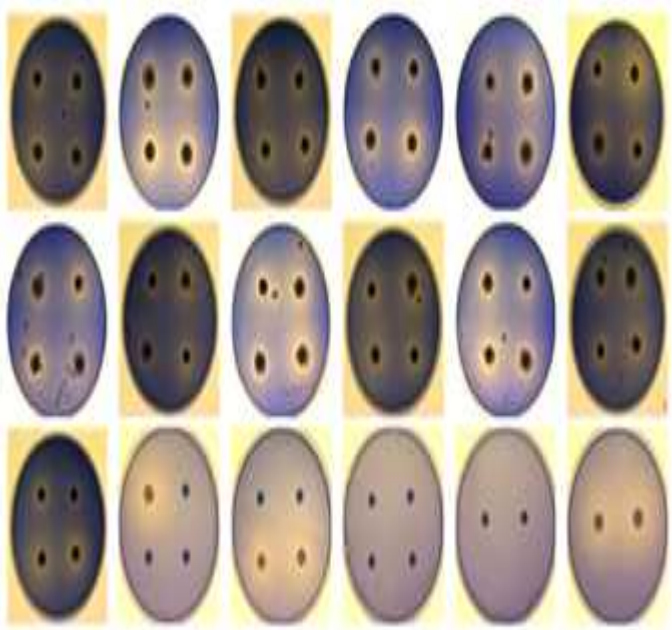
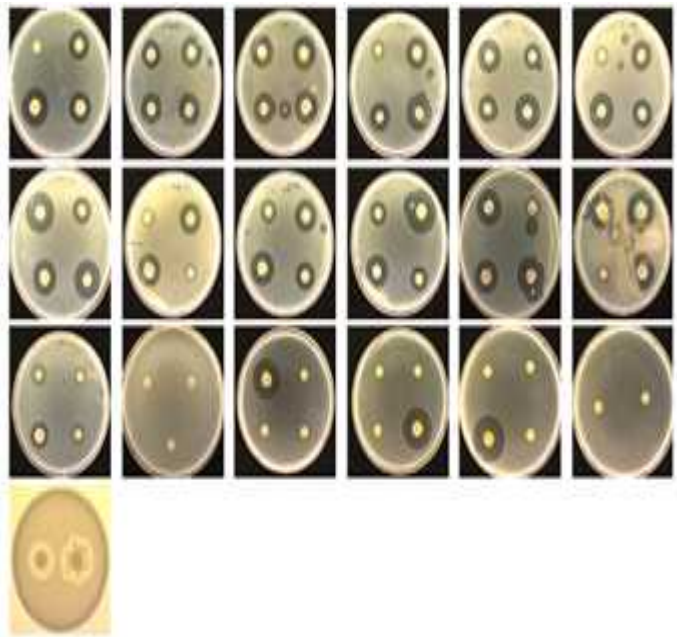


<그림 7> 전통발효식품 및 토양으로부터 분리된 균주의 효소활성 평가(30˚C)

<표 17> 전통발효식품 및 토양으로부터 분리된 균주의 효소활성 평가(40˚C)

NO.	source	Enzyme activity1)				NO.	source	Enzyme activity			
		A2)	P	L	C			A	P	L	C
JIF17683	된장	+++ +	+++	A3)	+++++	JIF17719	〃	++	+++++	A	++++
JIF17684	〃	-	-	A	++++	JIF17720	〃	-	+++	A	+++
JIF17685	〃	+++	+++	A	-	JIF17721	〃	-	+++	A	+++
JIF17686	〃	+++	++++	A	+++	JIF17722	〃	+++	++++	A	++++
JIF17687	〃	++	++++	A	+++++	JIF17723	〃	-	++	A	+++
JIF17688	〃	+++	+++	A	+++	JIF17724	〃	++	++++	A	++++
JIF17689	〃	+++	++++	A	-	JIF17725	〃	++	++++	A	++++
JIF17690	〃	-	++++	A	++++	JIF17726	〃	++	++++	A	++++
JIF17691	〃	+++ +	++++	A	++++	JIF17727	〃	+++	+++++	A	++++
JIF17692	〃	+++	++++	A	++++	JIF17728	〃	+++	++++	A	+++
JIF17693	〃	-	++++	A	++++	JIF17729	〃	+++	++++	A	+++++
JIF17694	〃	+++ +	+++	A	++++	JIF17730	〃	-	+	A	-
JIF17695	〃	+++	++++	A	++++	JIF17731	〃	-	-	B3)	-
JIF17696	〃	-	++	A	++	JIF17732	〃	-	-	A	-
JIF17697	〃	++	++++	A	-	JIF17733	〃	+	-	A	-
JIF17698	고추장	+++	+++	A	+++	JIF17734	〃	-	++	A	+++
JIF17699	〃	+++	+++	A	++++	JIF17735	〃	-	-	A	-
JIF17700	〃	++	++++	A	+++	JIF17736	〃	-	-	B	-
JIF17701	〃	++	++++	A	++++	JIF17737	〃	-	-	A	-
JIF17702	〃	++	+++	A	++++	JIF17738	갯벌	-	-	B	-
JIF17703	〃	-	+++	A	++++	JIF17739	〃	-	-	B	-
JIF17704	〃	-	++	A	+++	JIF17740	〃	-	-	B	-
JIF17705	〃	++	+++	A	++++	JIF17741	〃	++	+++++	A	-
JIF17706	〃	+++	++++	A	++++	JIF17742	〃	-	-	B	-
JIF17707	〃	-	+++	A	++++	JIF17743	〃	++	+++++	A	-
JIF17708	〃	++	+++++	A	+++	JIF17744	〃	-	-	A	-
JIF17709	〃	+++ +	++++	A	-	JIF17745	〃	-	-	B	-
JIF17710	〃	+++ +	++++	A	++++	JIF17746	〃	-	-	B	-
JIF17711	〃	+++	++++	A	-	JIF17747	〃	-	-	B	-
JIF17712	젓갈	-	++	A	-	JIF17748	〃	+++ +	+++++	B	-
JIF17713	〃	-	++	A	-	JIF17749	모래	+	-	B	-
JIF17714	〃	+++ +	++++	A	++++	JIF17750	〃	-	-	B	-
JIF17715	〃	++	++++	A	-	JIF17751	〃	-	-	B	-
JIF17716	〃	-	++	A	+++	JIF17752	〃	+++	+++++	A	-
JIF17717	〃	++	+++	A	++	JIF17753	〃	+++	+++++	A	-
JIF17718	〃	+++	++++	A	++++						

1) Size of halo zone(unit : mm)
(+++++ : 25~30, ++++ : 20~25, +++ : 15~20, ++ : 10~15, + : 0~5, - : trace)
2) A, Amylase; P, Protease; L, Lipase; C, Cellulase, 3) A, Detection; B, Non-detection

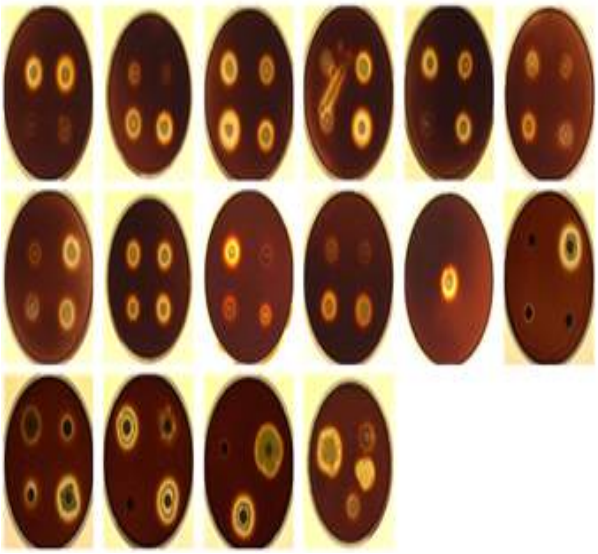
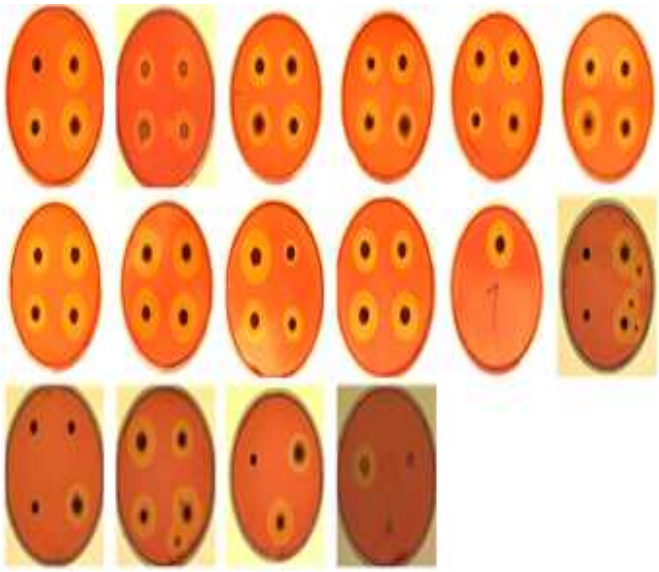
Amylase 효소활성 평가	Cellulase 효소활성 평가
	
Lipase 효소활성 평가	**Protease 효소활성 평가**
	

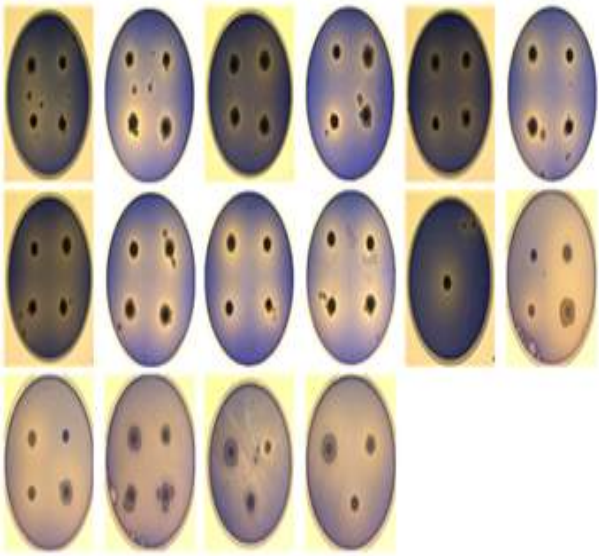
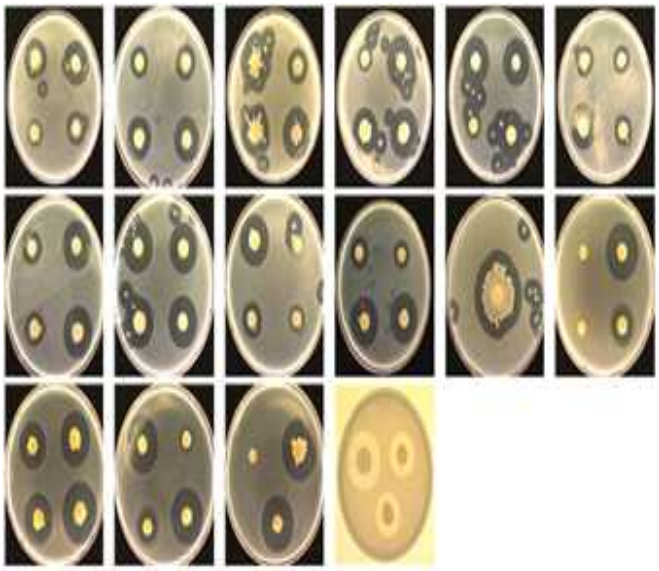
<그림 8> 전통발효식품 및 토양으로부터 분리된 균주의 효소활성 평가(40˚C)

<표 18> 전통발효식품 및 토양으로부터 분리된 균주의 효소활성 평가(50˚C)

NO.	source	Enzyme activity1)				NO.	source	Enzyme activity			
		A2)	P	L	C			A	P	L	C
JIF17754	된장	++++	++++	A3)	++++	JIF17784	〃	+++	+++++	A	++++
JIF17755	〃	+++	++++	A	-	JIF17785	〃	++	+++++	A	+++++
JIF17756	〃	-	+++	A	+++++	JIF17786	〃	-	-	A	++
JIF17757	〃	-	++	A	+++	JIF17787	〃	+++	+++++	A	+++++
JIF17758	〃	-	+++	A	++++	JIF17788	〃	++	++	A	+
JIF17759	〃	++	+++	A	+++	JIF17789	〃	-	+++	A	+++
JIF17760	〃	+++	++++	A	+++	JIF17790	〃	-	++	A	+++
JIF17761	〃	++	++++	A	+++	JIF17791	〃	-	+++	A	++++
JIF17762	〃	++	++++	A	+++	JIF17792	〃	+++	+++++	A	++++
JIF17763	고추장	++	+++++	A	++++	JIF17793	〃	+++	+++++	A	++++
JIF17764	〃	+++	+++++	A	++++	JIF17794	〃	+++	+++++	A	++++
JIF17765	〃	++	+++++	A	++++	JIF17795	갯벌	++++	+++++	A	+++++
JIF17766	〃	+++	+++++	A	++++	JIF17796	〃	-	++++	A	++++
JIF17767	〃	-	++	A	+++	JIF17797	〃	-	-	A	+
JIF17768	〃	++++	+++++	A	++++	JIF17798	〃	-	-	B	-
JIF17769	〃	++	++++	A	++++	JIF17799	〃	-	+++++	B	-
JIF17770	〃	++	+++++	A	+++++	JIF17800	〃	++++	+++++	A	++++
JIF17771	〃	+++	+++++	A	+++++	JIF17801	〃	-	+++++	A	-
JIF17772	〃	++	+++++	A	+++++	JIF17802	〃	-	++++	A	-
JIF17773	〃	-	++	A	+++	JIF17803	〃	-	++	A	+++
JIF17774	〃	-	++	A	++++	JIF17804	〃	++++	+++++	A	++++
JIF17775	젓갈	++	+++	A	++++	JIF17805	〃	-	+++	A	++++
JIF17776	〃	++	++	A	++++	JIF17806	〃	++++	+++++	A	++++
JIF17777	〃	++	+++++	A	+++++	JIF17807	〃	-	+++++	B	++++
JIF17778	〃	+++	++++	A	+++++	JIF17808	모래	++++	+++++	A	+++++
JIF17779	〃	-	+++	A	++++	JIF17809	〃	-	-	A	-
JIF17780	〃	+++	+++++	A	++++	JIF17810	〃	+++	++++	A	-
JIF17781	〃	-	+++	A	++++	JIF17811	〃	++	++++	A	-
JIF17782	〃	+++	+++++	A	+++++	JIF17812	〃	++++	+++++	A	++++
JIF17783	〃	+++	+++++	A	+++++						

1) Size of halo zone(unit : mm)
(+++++ : 25~30, ++++ : 20~25, +++ : 15~20, ++ : 10~15, + : 0~5, - : trace)
2) A, Amylase; P, Protease; L, Lipase; C, Cellulase.
3) A, Detection; B, Non-detection

Amylase 효소활성 평가	Cellulase 효소활성 평가
	

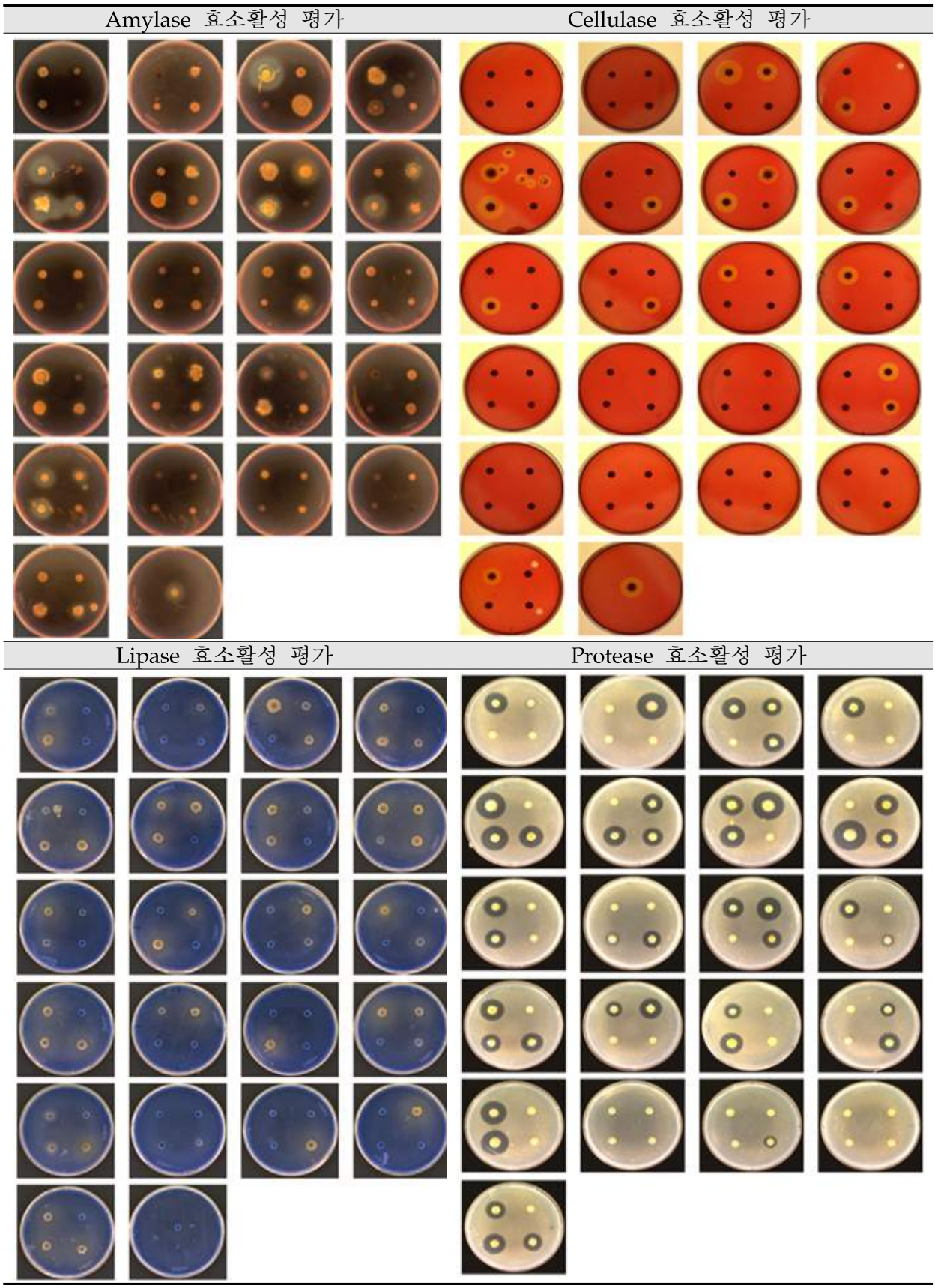
Lipase 효소활성 평가	Protease 효소활성 평가
	

<그림 9> 전통발효식품 및 토양으로부터 분리된 균주의 효소활성 평가(50˚C)

<표 19> 토양으로부터 분리된 균주의 효소활성 평가(30˚C로부터 분리)

NO.	Enzyme activity1)				NO.	Enzyme activity			
	A2)	P	L	C		A	P	L	C
JIF18001	-	-	B	-	JIF18044	-	++	B	++
JIF18002	-	-	B	-	JIF18045	-	-	B	-
JIF18003	-	-	A	-	JIF18046	-	+	A	-
JIF18004	-	+++	A	-	JIF18047	-	-	B	-
JIF18005	-	+++	A	-	JIF18048	-	++	A	++
JIF18006	-	-	B	-	JIF18049	-	-	B	-
JIF18007	-	-	B	-	JIF18050	-	++	A	-
JIF18008	+++	-	B	-	JIF18051	-	++	A	-
JIF18009	-	++	A	++	JIF18052	-	+++	A	-
JIF18010	-	++	A	-	JIF18053	-	+++	A	-
JIF18011	+	-	B	-	JIF18054	-	-	B	-
JIF18012	++++	+++	A	+++	JIF18055	-	-	B	-
JIF18013	-	-	B	-	JIF18056	-	++	A	-
JIF18014	-	-	A	-	JIF18057	-	-	B	-
JIF18015	-	-	A	++	JIF18058	-	-	B	-
JIF18016	-	+++	A	-	JIF18059	-	+++	A	-
JIF18017	-	-	B	-	JIF18060	-	++	B	-
JIF18018	-	+++	A	-	JIF18061	-	++	A	++
JIF18019	+++	+++	A	+++	JIF18062	-	+++	A	++
JIF18020	++	+++	A	++	JIF18063	-	-	B	-
JIF18021	-	++	A	-	JIF18064	-	-	A	-
JIF18022	+	++	B	++	JIF18065	+	-	B	-
JIF18023	-	+++	A	-	JIF18066	-	-	A	-
JIF18024	+	-	A	-	JIF18067	++	+++	B	-
JIF18025	-	+++	A	++	JIF18068	++	+++	B	-
JIF18026	-	-	B	-	JIF18069	-	+	B	-
JIF18027	+++	+++	A	+	JIF18070	-	-	A	-
JIF18028	-	+++	A	-	JIF18071	-	-	B	-
JIF18029	++	+++	A	-	JIF18072	-	-	B	-
JIF18030	++	++	A	-	JIF18073	-	-	B	-
JIF18031	+++	++++	B	++	JIF18074	-	++	A	-
JIF18032	-	-	A	-	JIF18075	-	-	B	-
JIF18033	-	-	B	-	JIF18076	-	-	B	-
JIF18034	-	-	B	-	JIF18077	-	-	A	-
JIF18035	-	++	A	++	JIF18078	-	-	B	-
JIF18036	-	+++	A	-	JIF18079	-	-	B	-
JIF18037	-	-	A	-	JIF18080	-	-	B	-
JIF18038	-	++	B	++	JIF18081	-	-	B	-
JIF18039	-	-	A	-	JIF18082	-	++	A	-
JIF18040	-	+++	B	-	JIF18083	-	+++	A	-
JIF18041	-	+++	A	-	JIF18084	-	++	A	++
JIF18042	-	++	A	-	JIF18085	++	-	B	++
JIF18043	-	++	B	-					

1) Size of halo zone(unit : mm)
(++++ : 31~40, +++ : 21~30, ++ : 11~20, + : 0~10, - : trace)
2) A, Amylase; P, Protease; L, Lipase; C, Cellulase, 3) A, Detection; B, Non-detection



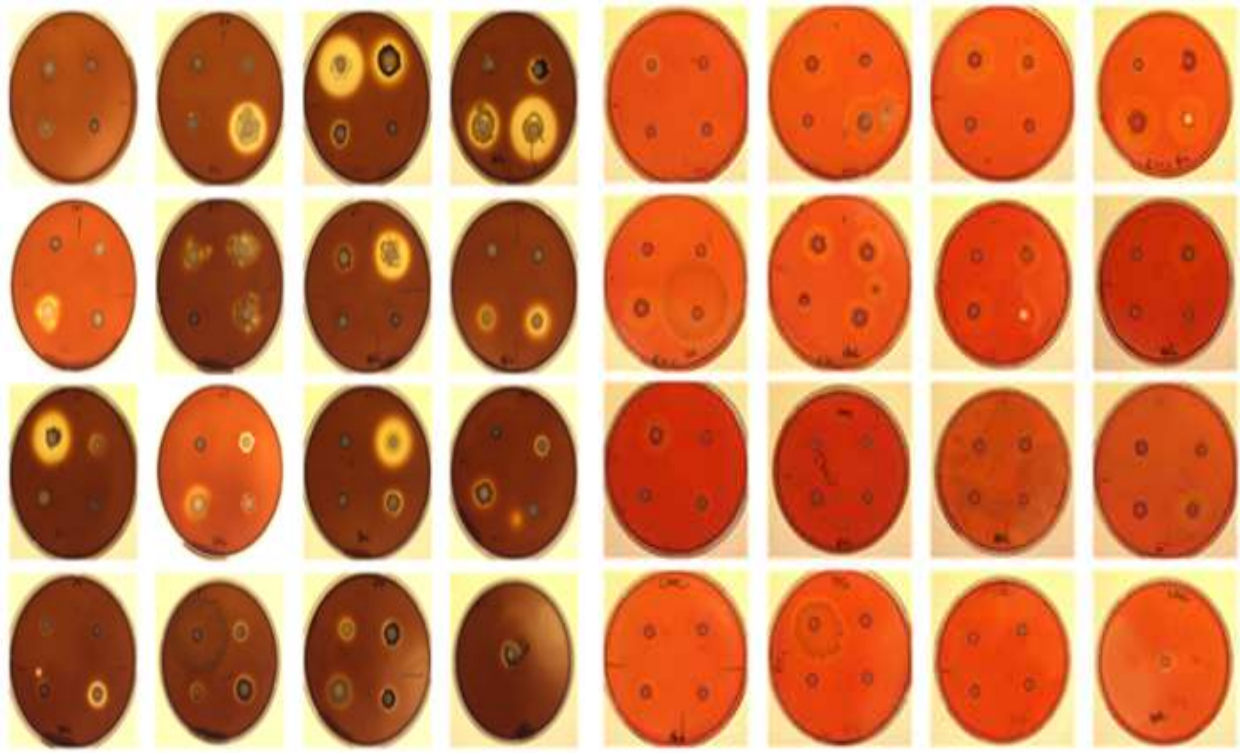
<그림 10> 토양(논, 밭 등)으로부터 분리된 균주의 효소활성 평가(30˚C로부터 분리)

<표 20> 토양으로부터 분리된 균주의 효소활성 평가(40˚C로부터 분리)

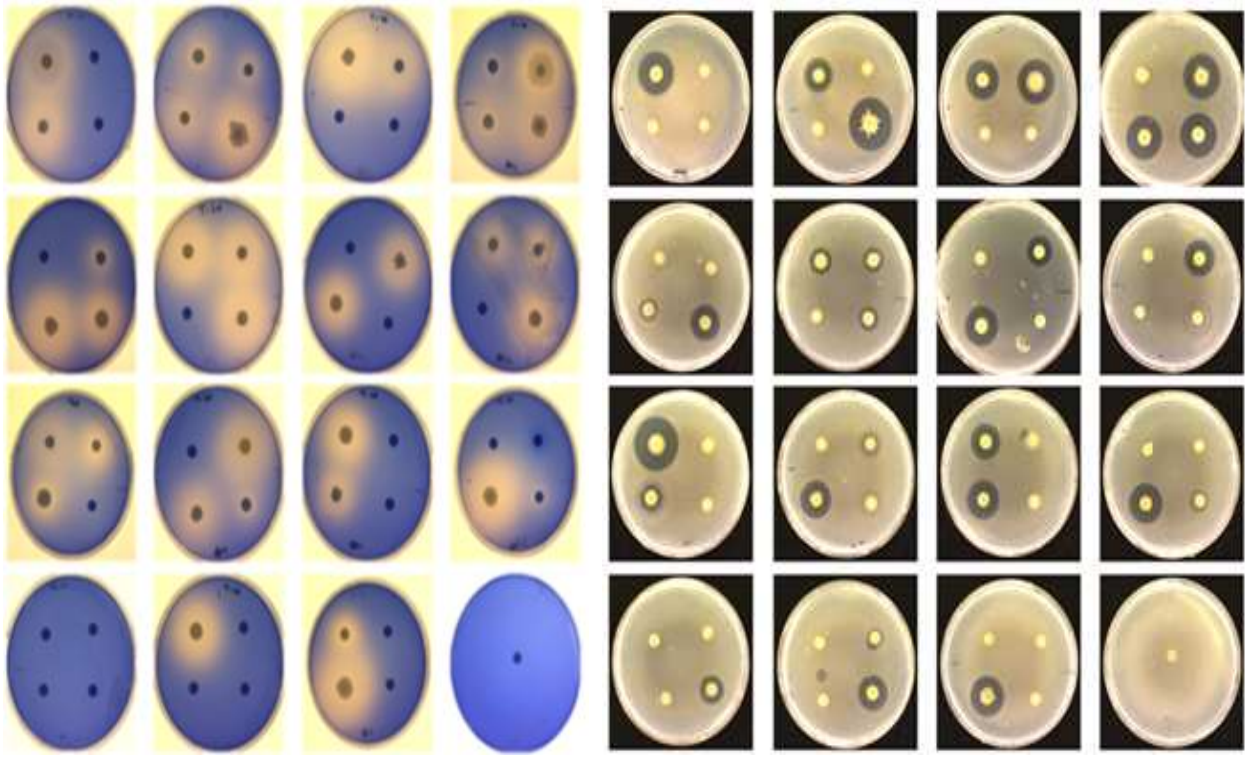
NO.	Enzyme activity1)				NO.	Enzyme activity			
	A2)	P	L	C		A	P	L	C
JIF18101	-	-	B	-	JIF18132	-	A	-	-
JIF18102	-	-	B	-	JIF18133	-	A	-	-
JIF18103	-	-	A	-	JIF18134	-	B	-	-
JIF18104	-	+++	A	++	JIF18135	-	A	++	-
JIF18105	-	-	A	-	JIF18136	+++	A	+++	+++
JIF18106	+++	+++	A	+++	JIF18137	-	A	-	+
JIF18107	-	-	A	-	JIF18138	-	A	-	-
JIF18108	-	++	A	+++	JIF18139	-	A	++	-
JIF18109	+++	+++	A	++	JIF18140	-	B	-	-
JIF18110	-	-	B	-	JIF18141	+++	B	-	-
JIF18111	-	-	B	-	JIF18142	-	B	-	-
JIF18112	++++	+++	A	+++	JIF18143	-	A	+++	-
JIF18113	-	+++	A	-	JIF18144	-	A	++	-
JIF18114	++++	+++	A	+++	JIF18145	+	B	-	-
JIF18115	+++	+++	A	+++	JIF18146	-	A	-	+++
JIF18116	-	-	A	+	JIF18147	-	A	+++	-
JIF18117	-	-	A	-	JIF18148	-	B	-	-
JIF18118	-	++	A	++	JIF18149	-	B	-	-
JIF18119	-	++	A	++	JIF18150	++	B	++	-
JIF18120	-	-	B	-	JIF18151	-	B	-	-
JIF18121	-	++	A	++	JIF18152	-	B	-	-
JIF18122	-	++	A	+++	JIF18153	-	B	-	-
JIF18123	-	-	B	-	JIF18154	-	B	++	-
JIF18124	-	++	A	+++	JIF18155	-	B	-	-
JIF18125	+++	++	A	++	JIF18156	-	A	-	++
JIF18126	-	-	B	-	JIF18157	-	B	-	-
JIF18127	-	++	A	+++	JIF18158	-	B	-	-
JIF18128	-	-	B	-	JIF18159	-	A	+++	-
JIF18129	-	++	A	-	JIF18160	+	A	-	-
JIF18130	++	-	A	-	JIF18161	-	B	-	-
JIF18131	++	-	B	-					

1) Size of halo zone(unit : mm)
(++++ : 31~40, +++ : 21~30, ++ : 11~20, + : 0~10, - : trace)
2) A, Amylase; P, Protease; L, Lipase; C, Cellulase, 3) A, Detection; B, Non-detection

Amylase 효소활성 평가	Cellulase 효소활성 평가



Lipase 효소활성 평가	Protease 효소활성 평가

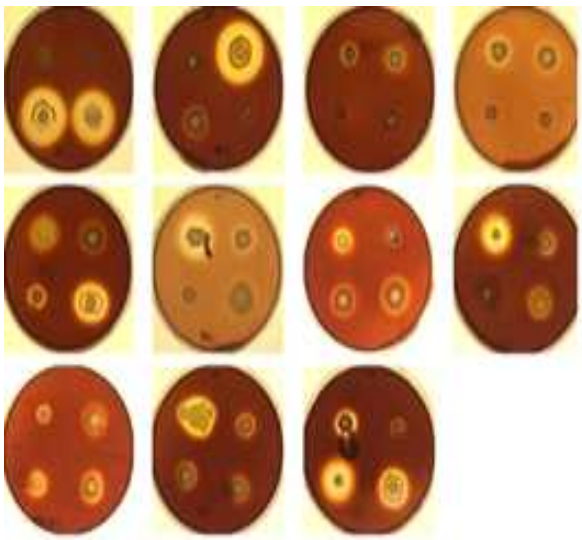
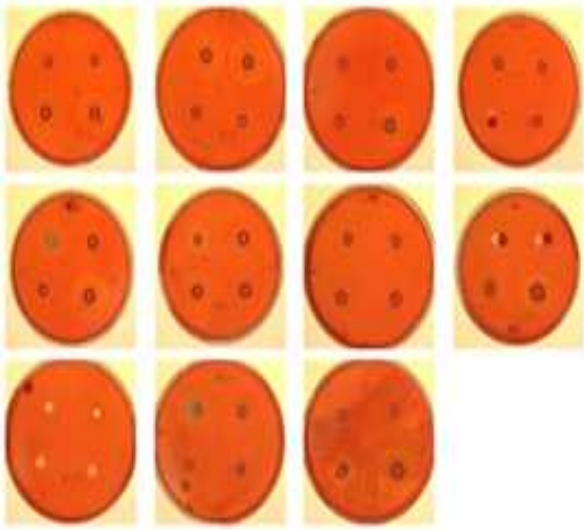
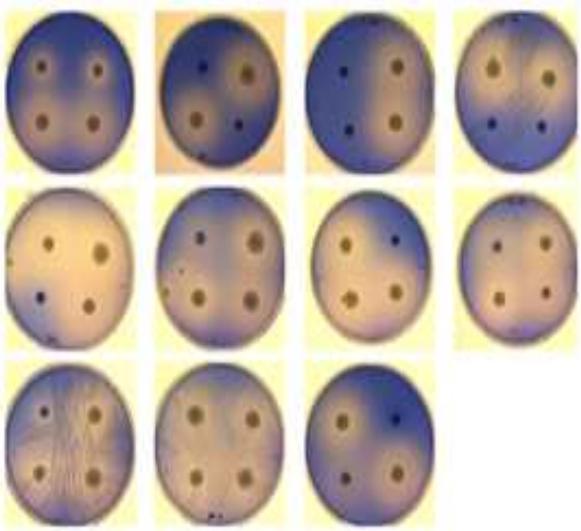
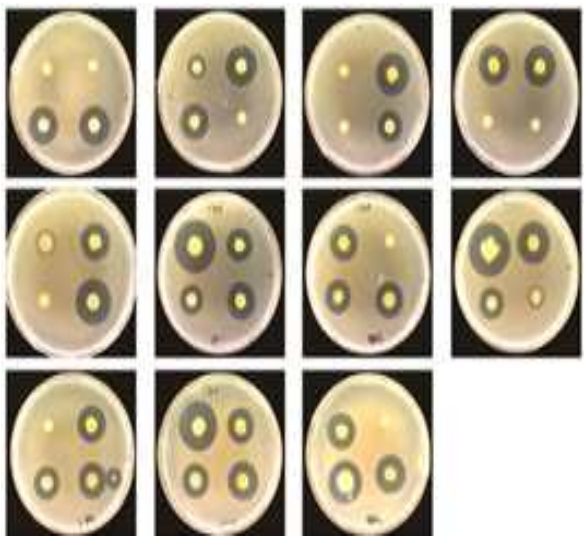


<그림 11> 토양(논, 밭 등)으로부터 분리된 균주의 효소활성 평가(40˚C로부터 분리)

<표 21> 토양으로부터 분리된 균주의 효소활성 평가(50˚C)

NO.	Enzyme activity1)				NO.	Enzyme activity			
	A2)	P	L	C		A	P	L	C
JIF18201	-	-	A	-	JIF18223	-	++	A	+++
JIF18202	++++	+++	A	+++	JIF18224	+++	++++	A	+++
JIF18203	+++	+++	A	+++	JIF18225	-	-	B	-
JIF18204	-	-	A	-	JIF18226	-	+++	A	-
JIF18205	++++	+++	A	+++	JIF18227	-	++	A	-
JIF18206	-	-	B	-	JIF18228	++	+++	A	-
JIF18207	-	+++	A	-	JIF18229	-	+++	A	-
JIF18208	-	++	B	+++	JIF18230	-	++	A	+++
JIF18209	++	+++	A	-	JIF18231	-	++	A	+++
JIF18210	-	++	A	+++	JIF18232	+++	++++	A	++
JIF18211	-	-	B	-	JIF18233	-	+++	A	-
JIF18212	+	-	B	-	JIF18234	-	+++	A	-
JIF18213	-	+++	A	-	JIF18235	-	++	A	-
JIF18214	-	-	B	-	JIF18236	-	-	A	-
JIF18215	-	-	B	-	JIF18237	-	++	A	-
JIF18216	++	+++	A	-	JIF18238	-	+++	A	-
JIF18217	-	++	A	-	JIF18239	-	+++	A	-
JIF18218	+++	+++	A	+++	JIF18240	++	+++	A	+++
JIF18219	-	-	B	-	JIF18241	-	-	B	-
JIF18220	-	-	A	+++	JIF18242	+++	+++	A	+++
JIF18221	-	++	A	-	JIF18243	+++	+++	A	+++
JIF18222	-	+++	A	-	JIF18244	++	+++	A	-

1) Size of halo zone(unit : mm)
(++++ : 31~40, +++ : 21~30, ++ : 11~20, + : 0~10, - : trace)
2) A, Amylase; P, Protease; L, Lipase; C, Cellulase.
3) A, Detection; B, Non-detection

Amylase 효소활성 평가	Cellulase 효소활성 평가
	
Lipase 효소활성 평가	**Protease 효소활성 평가**
	

<그림 12> 토양(논, 밭 등)으로부터 분리된 균주의 효소활성 평가(50˚C로부터 분리)

1.2 마이크로 유용자원의 특성 규명

가. 유전학적 방법에 의한 균주의 동정

1) 재료 및 방법

① 16S rRNA 방법에 의한 균주의 동정

○ 효소활성을 갖는 분리된 단일균주로부터 boiling method를 통하여 genomic DNA extraction을 수행하였으며, 분류군에 맞는 universal primer를 이용하여 PCR amplification을 진행. PCR에 사용된 프라이머 sequence로는 785F 5′(GGATTAGATACCCTGGTA)3′, 907R5′(CCGTCAATTCMTTTRAGTTT)3′을 사용. sample QC 후 PCR product purification하여 forward, reverse sequencing을 분석하여 계통분류학적 비교·분석을 통하여 균주를 동정.

2) 실험결과

① 16S rRNA 방법에 의한 균주의 동정

○ 누룩과 음식물쓰레기로부터 분리된 120종의 균주 중 효소활성을 2가지 이상 보유한 균주는 총 34종이며, NaCl 5% 첨가된 배지로부터 전통발효식품(된장, 고추장, 젓갈)에서 분리된 159균주 중 4가지 효소 모두 활성을 띄며 억제환이 15 mm 이상의 크기를 지닌 균주를 선별한 결과 총 55종, 토양의 갯벌, 모래에서 분리된 53균주 중 2가지 이상 활성을 띄며 억제환이 15 mm 이상의 크기를 지닌 균주를 선별한 결과 총 24종으로 확인. 또한 토양의 논, 밭 등으로부터 분리된 190균주 중 3가지 이상의 효소활성을 지닌 균주를 선별한 결과 총 50종으로 확인됨.

○효소활성 결과를 토대로 동정을 수행한 균주는 총 163종으로 선별되었으며, 선별된 균주에 대한 동정은 유전학적 방법(16S rRNA)으로 진행한 결과는 <표 22>와 같음.

○ 누룩과 음식물쓰레기로부터 동정된 34종의 균주 중에서 중복되는 균주를 제외한 균주는 6종으로 확인되었으며 Bacillus amyloliquefaciens, Acinetobactor baumannii, Enterobacter hormaechei, Saccharomycopsis fibuligera, Raoultella ornithinolytics, Serratia marcescens 로 동정. 전통발효식품과 토양(갯벌, 모래)으로부터 동정된 79종의 균주 중에서 중복되는 균주를 제외하고 혼합균주로 선발된 균주는 최종 11종이었으며, Bacillus subtilis, Bacillus amyloliquefaciens, Bacillus siamensis, Bacillus licheniformis, Bacillus aquimaris, Bacillus megaterium, Bacillus koreensis, Bacillus stratoshericus, Bacillus aryabhattai, Bacillus safensis, Marinobacter hydrocarbonoclasticus으로 동정됨. 토양(논, 밭 등)으로부터 동정된 50종의 균주 중에서 중복되는 균주를 제외된 균주는 총 14종이었으며, NaCl 0, 5% 첨가된 배지(내염성) 및 30˚C, 50˚C(내열성)에서도 성장 가능한 균주는 11종으로 Bacillus stratosphericus, Bacillus subtilis, Bacillus thuringiensis, Bacillus wiedmannii, Bacillus megaterium, Bacillus zhangzhouensis, Bacillus amyloliquefaciens, Bacillus toyonensis, Bacillus licheniformis, Bacillus glycinifermentans, Serratia liquefaciens으로 동정됨.

<표 22> 효소활성을 갖는 34종의 균주에 대한 유전학적 동정 결과(누룩, 음식물쓰레기로부터 분리)

N0	번호	JIF명	동정 균주명	유사도	특성
1	B-1	JIF16003	Bacillus amyloliquefaciens	99	통성혐기성
2	B-2	JIF16011	Acinetobacter baumannii	99	-
3	B-3	JIF16015	E. coli, Citrobacter sp.		-
4	B-4	JIF16016	Acinetobacter baumannii	99	-
5	B-5	JIF16020	Enterobacter hormaechei	99	-
6	B-6	JIF16023	Cronobacter sakazakii	99	oxidase음성, catalase양성
7	B-7	JIF16025	Cronobacter sakazakii	99	oxidase음성, catalase양성
8	B-8	JIF16026	Enterobacter hormaechei	99	-
9	B-9	JIF16040	Saccharomycopsis fibuligera	99	효모
10	B-10	JIF16044	Enterobacter hormaechei	99	-
11	B-11	JIF16045	Enterobacter hormaechei	99	-
12	B-12	JIF16046	Bacillus licheniformis	99	토양
13	B-13	JIF16047	Bacillus licheniformis	99	토양
14	B-14	JIF16048	Enterobacter hormaechei	99	-
15	B-15	JIF16049	Cronobacter sakazakii	99	oxidase음성, catalase양성
16	B-16	JIF16053	Enterobacter hormaechei	99	-
17	B-17	JIF16058	Cronobacter sakazakii	99	oxidase음성, catalase양성
18	B-18	JIF16061	Acinetobacter baumannii	99	-
19	B-19	JIF16064	Acinetobacter baumannii	99	-
20	B-20	JIF16068	Acinetobacter baumannii	99	-
21	B-21	JIF16069	Acinetobacter baumannii	99	-
22	B-22	JIF16072	Acinetobacter baumannii	99	-
23	B-23	JIF16073	Enterobacter hormaechei	99	-
24	B-24	JIF16207	Raoultella ornithinolytica	99	그람음성, oxidase 음성, 호기성, 비운동성, 통성 혐기성
25	B-25	JIF16209	Raoultella ornithinolytica	99	그람음성, oxidase 음성, 호기성, 비운동성, 통성 혐기성
26	B-26	JIF16213	Paenibacillus lautus	99	proteases와 같은 enzymes을 생산
27	B-27	JIF16217	Lactococcus lactis	99	유산균, 질병치료
28	B-28	JIF16219	Raoultella ornithinolytica	99	그람음성, oxidase 음성, 호기성, 비운동성, 통성 혐기성
29	B-29	JIF16226	Acinetobacter oleivorans	100	-
30	B-30	JIF16237	Enterobacter ludwigii	99	-
31	B-31	JIF16238	Serratia marcescens	99	효소(DNase, lipase, and gelatinase) 붉은 색소 형성
32	B-32	JIF16240	Enterobacter ludwigii	99	-
33	B-33	JIF16241	Raoultella ornithinolytica	99	그람음성, oxidase 음성, 호기성, 비운동성, 통성 혐기성
34	B-34	JIF16245	Acinetobacter oleivorans	99	-

○ JIF16003

Order Number : 161129KN-157
Sample name : B-1_contig_1

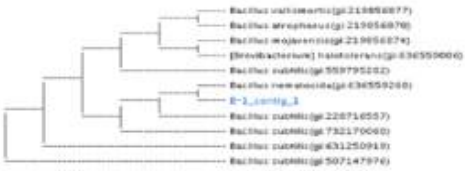
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.Ide
FN597644.1	Bacillus amyloliquefaciens	3980199	31530	33059	0	2787	0.0	1524/1531	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus amyloliquefaciens



○ JIF16011

Order Number : 161129KN-157
Sample name : B-2_contig_1

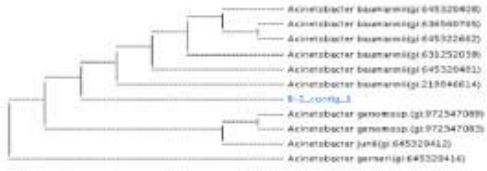
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.Ide
NR_117620.1	Acinetobacter baumannii	1529	15	1517	98	2754	0.0	1498/1501	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Moraxellaceae	Acinetobacter	Acinetobacter baumannii



○ JIF16015

B-3 sample은 multipeak 나타내어
Report 없음.
Multipeak는 *E. coli, Citrobacter sp.*

○ JIF16016

Order Number : 161129KN-157
Sample name : B-4_contig_1

Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.Ide
NR_117620.1	Acinetobacter baumannii	1529	14	1517	98	2772	0.0	1503/1504	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Moraxellaceae	Acinetobacter	Acinetobacter baumannii

○ JIF16020

Order Number : 161129KN-157
Sample name : B-5_contig_1

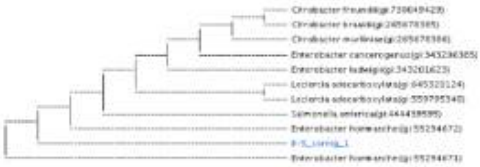
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.Ide
AJ853689.1	Enterobacter hormaechei	1515	1	1501	99	2741	0.0	1496/1504	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Enterobacteriaceae	Enterobacter	Enterobacter hormaechei



○ JIF16023

Order Number : 161129KN-157
Sample name : B-6_contig_1

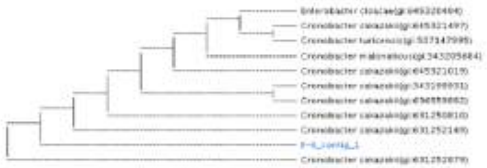
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

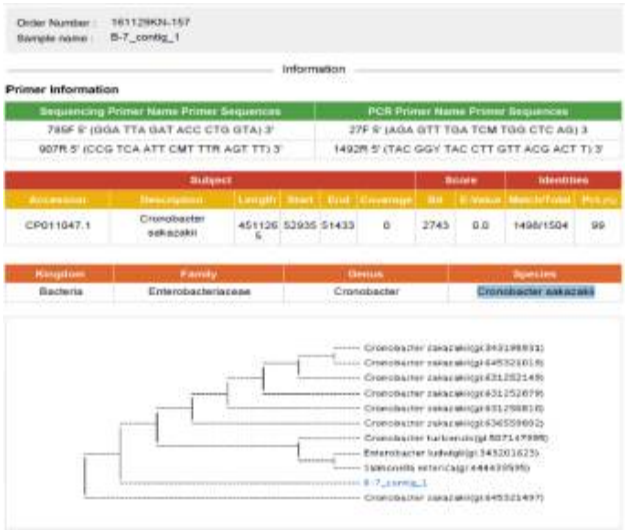
Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.Ide
CP011047.1	Cronobacter sakazakii	4511265	795236	793717	0	2754	0.0	1515/1525	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Enterobacteriaceae	Cronobacter	Cronobacter sakazakii



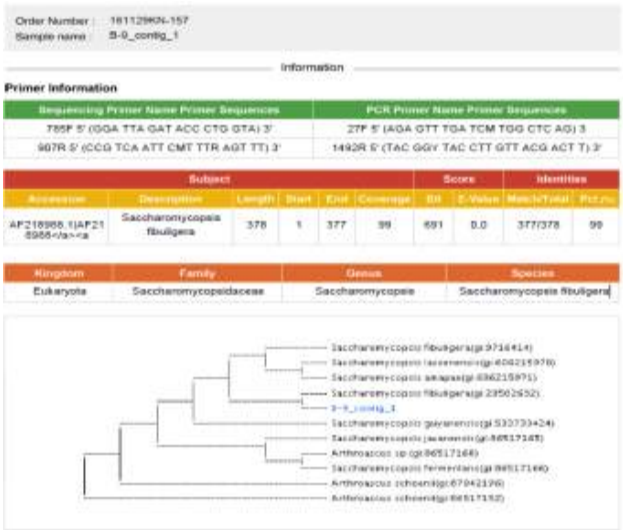
<그림 13> 효소활성을 갖는 균주의 동정(B-1~B-6)

○ JIF16023

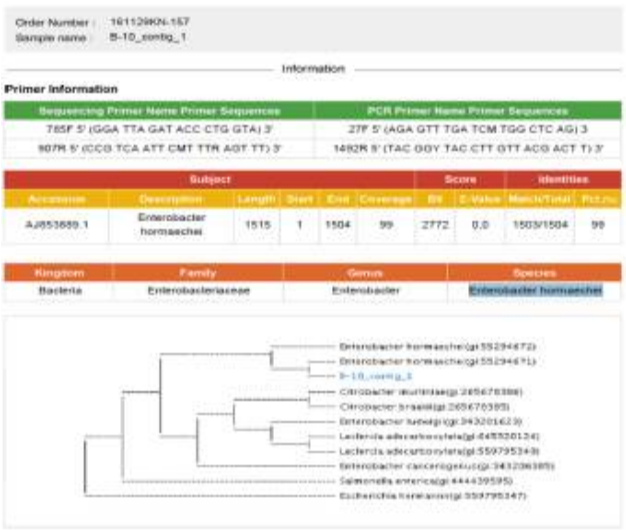


○ JIF16025

○ JIF16026



○ JIF16040

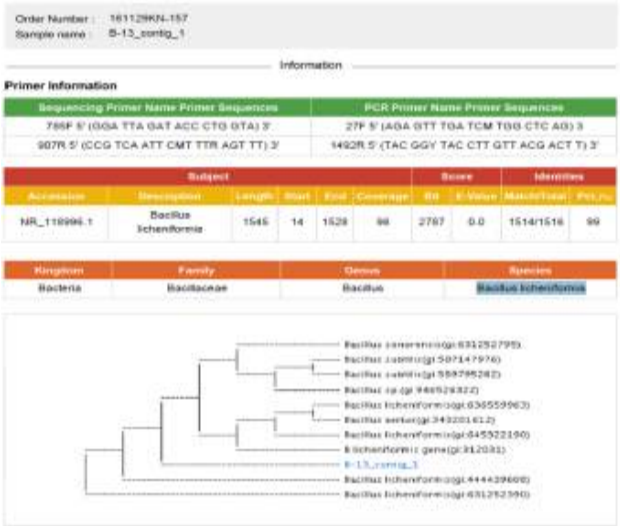


○ JIF16044

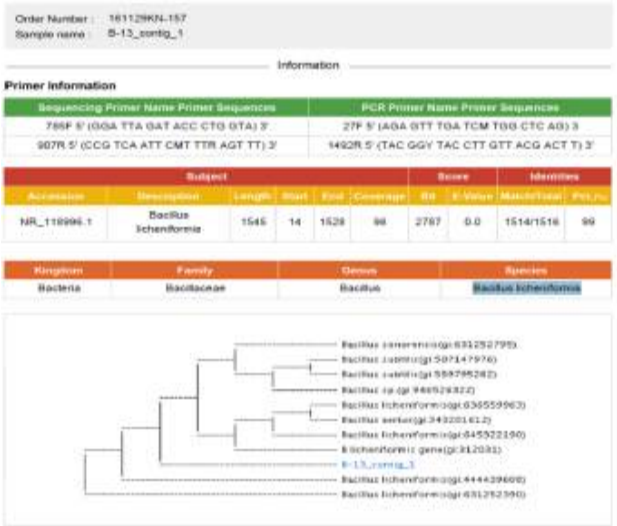
○ JIF16045

<그림 14> 효소활성을 갖는 균주의 동정(B-7~B-12)

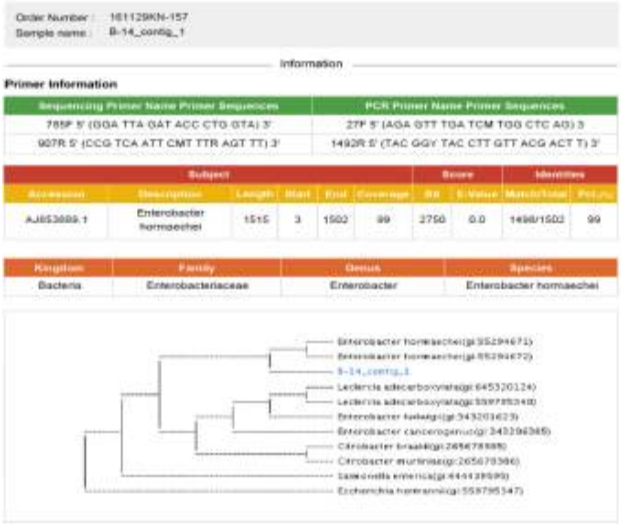
○ JIF16046



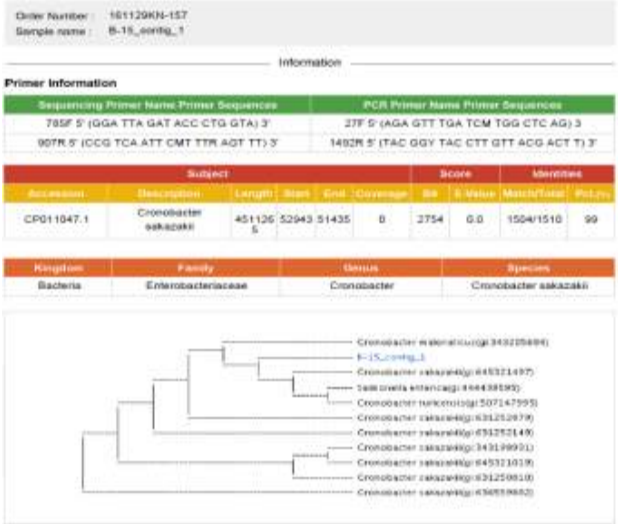
○ JIF16047



○ JIF16048

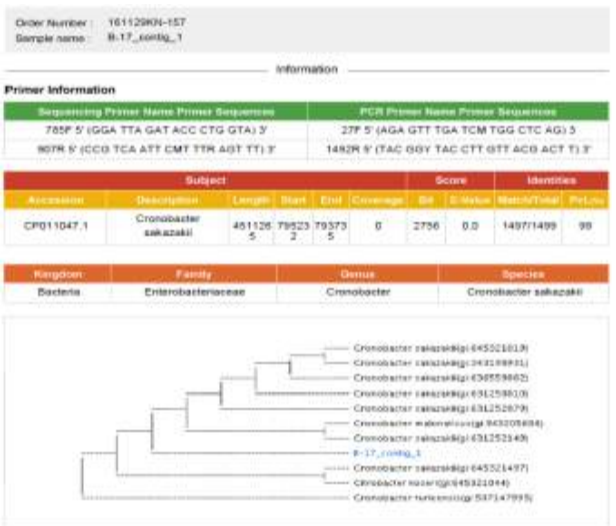


○ JIF16049



○ JIF16053

○ JIF16058



<그림 15> 효소활성을 갖는 균주의 동정(B-13~B-17)

○ JIF16061

Order Number : 161129KN-157
Sample name : B-18_contig_1

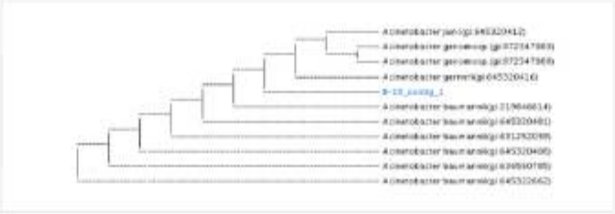
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
NR_117677.1	Acinetobacter baumannii	1515	3	1499	98	2741	0.0	1486/1487	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Moraxellaceae	Acinetobacter	Acinetobacter baumannii



○ JIF16064

Order Number : 161129KN-157
Sample name : B-19_contig_1

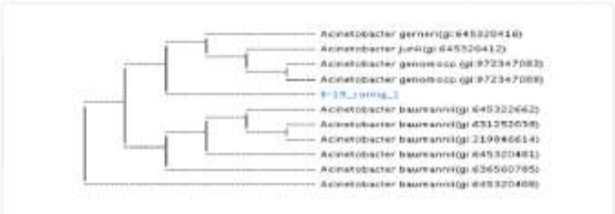
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
NR_117677.1	Acinetobacter baumannii	1515	9	1497	98	2739	0.0	1488/1490	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Moraxellaceae	Acinetobacter	Acinetobacter baumannii



○ JIF16068

Order Number : 161129KN-157
Sample name : B-20_contig_1

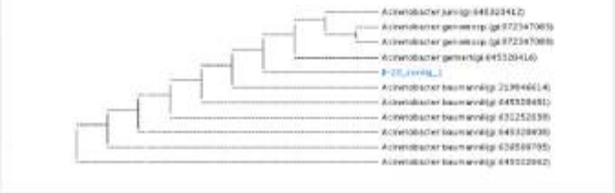
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
NR_117677.1	Acinetobacter baumannii	1515	3	1497	98	2756	0.0	1494/1495	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Moraxellaceae	Acinetobacter	Acinetobacter baumannii



○ JIF16069

Order Number : 161129KN-157
Sample name : B-21_contig_1

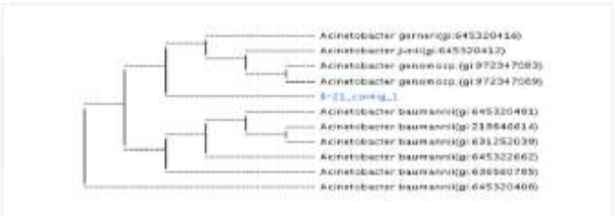
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
NR_117677.1	Acinetobacter baumannii	1515	4	1500	98	2760	0.0	1496/1497	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Moraxellaceae	Acinetobacter	Acinetobacter baumannii



○ JIF16072

Order Number : 161129KN-157
Sample name : B-22_contig_1

Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
NR_117620.1	Acinetobacter baumannii	1529	18	1517	98	2758	0.0	1498/1500	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Moraxellaceae	Acinetobacter	Acinetobacter baumannii

○ JIF16073

Order Number : 161129KN-157
Sample name : B-23_contig_1

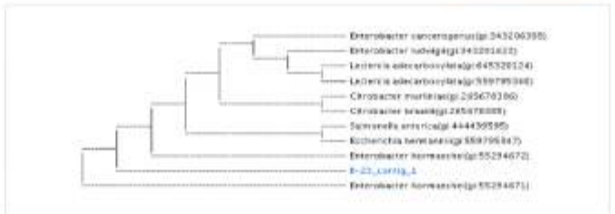
Information

Primer Information

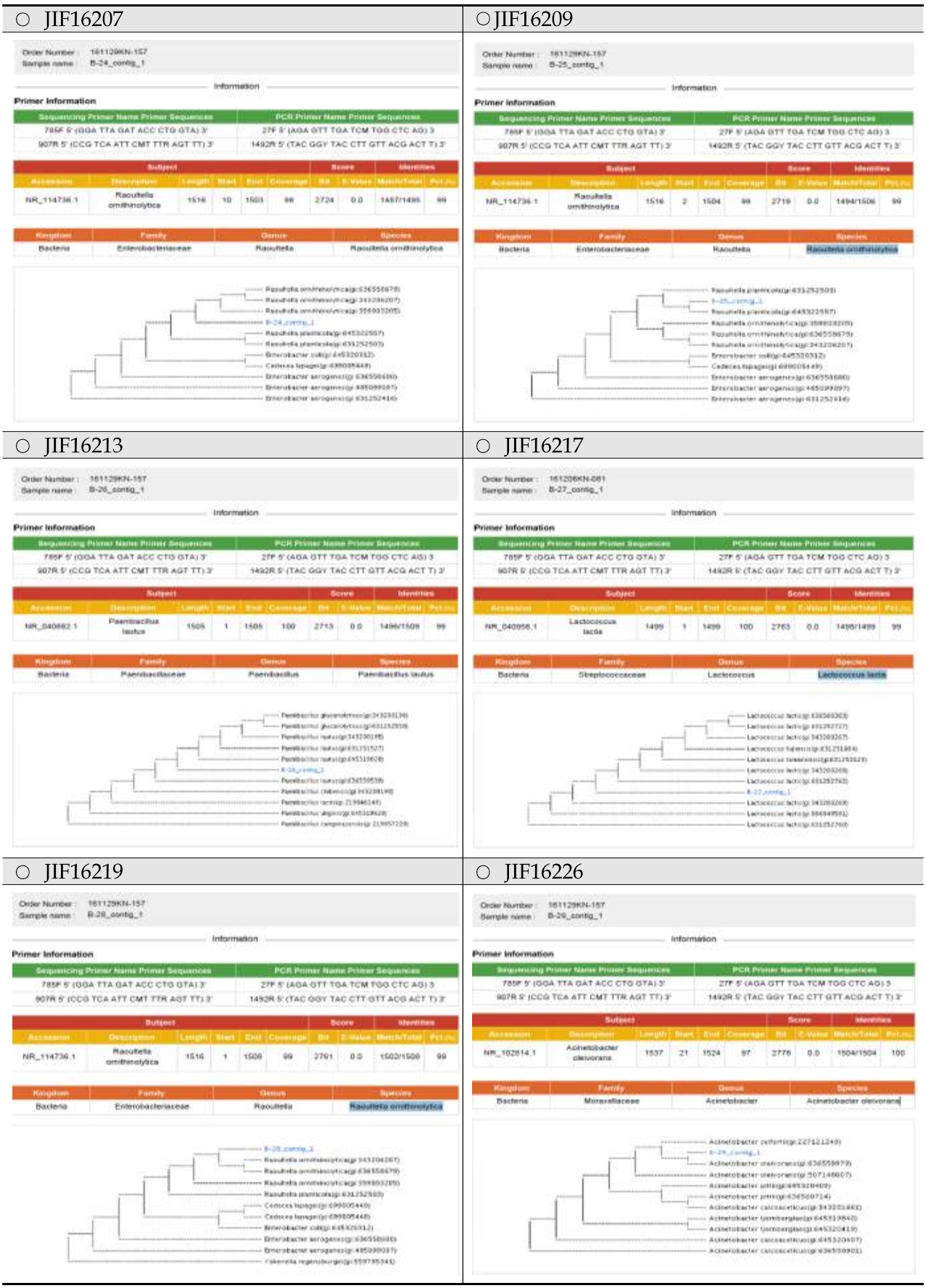
Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
AJ853889.1	Enterobacter hormaechei	1515	4	1499	98	2756	0.0	1495/1496	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Enterobacteriaceae	Enterobacter	Enterobacter hormaechei



<그림 16> 효소활성을 갖는 균주의 동정(B-18~B-23)



<그림 17> 효소활성을 갖는 균주의 동정(B-24~B-29)

○ JIF16237

Order Number : 161129KN-157
Sample name : B-30_contig_1

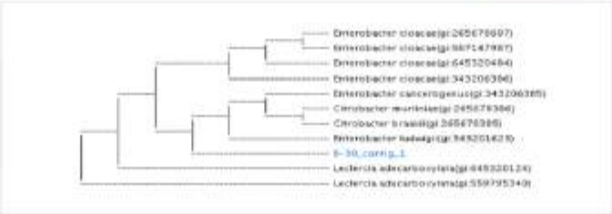
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct (%)
NR_042349.1	Enterobacter ludwigii	1513	1	1500	99	2760	0.0	1499/1501	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Enterobacteriaceae	Enterobacter	Enterobacter ludwigii



○ JIF16238

Order Number : 161129KN-157
Sample name : B-31_contig_1

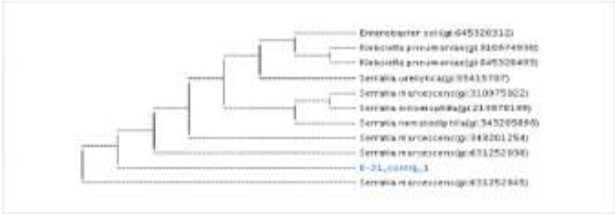
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct (%)
NR_036886.1	Serratia marcescens	1532	16	1532	99	2760	0.0	1513/1521	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	-	Serratia	Serratia marcescens



○ JIF16240

Order Number : 161129KN-157
Sample name : B-32_contig_1

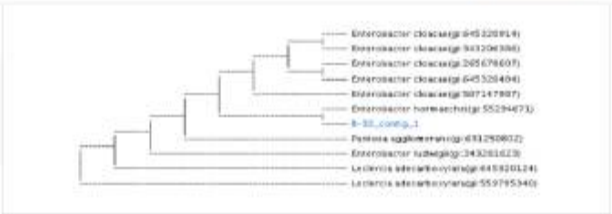
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct (%)
NR_042349.1	Enterobacter ludwigii	1513	6	1500	98	2734	0.0	1491/1496	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Enterobacteriaceae	Enterobacter	Enterobacter ludwigii



○ JIF16241

Order Number : 161206KN-081
Sample name : B-33_contig_1

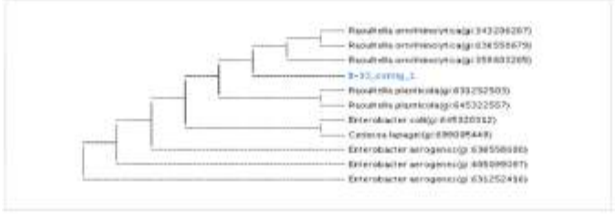
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct (%)
NR_114736.1	Raoultella ornithinolytica	1516	3	1504	99	2724	0.0	1494/1505	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Enterobacteriaceae	Raoultella	Raoultella ornithinolytica



○ JIF16245

Order Number : 161129KN-157
Sample name : B-34_contig_1

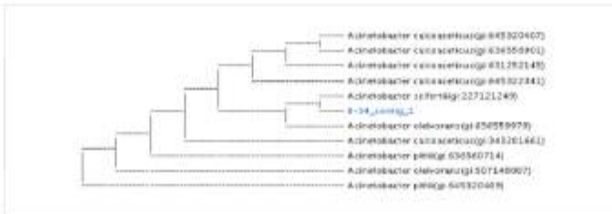
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct (%)
NR_102814.1	Acinetobacter oleivorans	1537	25	1519	97	2745	0.0	1494/1497	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Moraxellaceae	Acinetobacter	Acinetobacter oleivorans



<그림 18> 효소활성을 갖는 균주의 동정(B-30~B-34)

<표 23> 효소활성을 갖는 79종의 균주에 대한 유전학적 동정 결과(전통발효식품, 토양으로부터 분리)

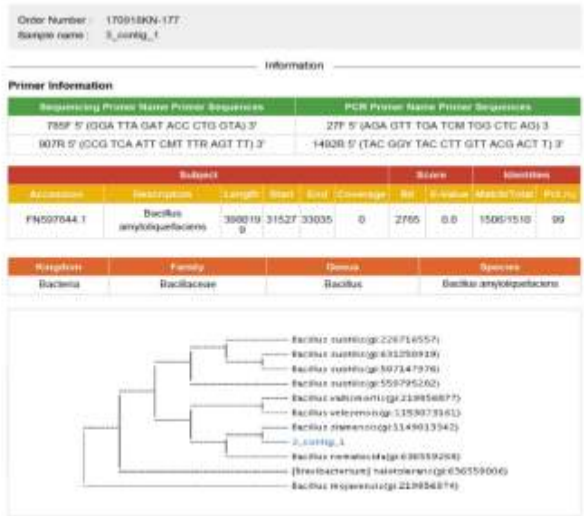
NO	분리균주 번호	동정 균주명	유사도(%)	특성
1	JIF17601	Bacillus amyloliquefaciens	99	단백질 barnase를 합성
2	JIF17603	Bacillus subtilis	98	그람양성, catalase 양성
3	JIF17604	Bacillus amyloliquefaciens	99	단백질 barnase를 합성
4	JIF17606	Bacillus amyloliquefaciens	99	단백질 barnase를 합성
5	JIF17607	Bacillus amyloliquefaciens	99	단백질 barnase를 합성
6	JIF17609	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
7	JIF17611	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
8	JIF17612	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
9	JIF17614	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
10	JIF17615	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
11	JIF17617	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
12	JIF17619	Bacillus amyloliquefaciens	99	단백질 barnase를 합성
13	JIF17622	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
14	JIF17623	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
15	JIF17624	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
16	JIF17625	Bacillus siamensis	99	그람양성, 편성호기성, 통성혐기성
17	JIF17626	Bacillus amyloliquefaciens	99	단백질 barnase를 합성
18	JIF17630	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
19	JIF17633	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
20	JIF17644	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
21	JIF17648	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
22	JIF17656	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
23	JIF17657	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
24	JIF17683	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
25	JIF17687	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
26	JIF17688	Bacillus amyloliquefaciens	99	단백질 barnase를 합성
27	JIF17691	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
28	JIF17692	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
29	JIF17694	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
30	JIF17695	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
31	JIF17698	Bacillus amyloliquefaciens	99	단백질 barnase를 합성
32	JIF17699	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
33	JIF17706	Bacillus siamensis	99	그람양성, 편성호기성, 통성혐기성
34	JIF17710	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
35	JIF17714	Bacillus amyloliquefaciens	99	단백질 barnase를 합성
36	JIF17718	Bacillus safensis	97	그람양성, 편성호기성, 통성혐기성
37	JIF17722	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
38	JIF17727	Bacillus siamensis	99	그람양성, 편성호기성, 통성혐기성
39	JIF17728	Bacillus amyloliquefaciens	99	단백질 barnase를 합성
40	JIF17729	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성

NO	분리균주 번호	동정 균주명	유사도(%)	특성
41	JIF17754	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
42	JIF17760	Bacillus siamensis	99	그람양성, 편성호기성, 통성혐기성
43	JIF17765	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
44	JIF17766	Bacillus amyloliquefaciens	99	단백질 barnase를 합성
45	JIF17768	Bacillus siamensis	99	그람양성, 편성호기성, 통성혐기성
46	JIF17771	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
47	JIF17775	Bacillus licheniformis	98	그람양성, 중온성균
48	JIF17780	Bacillus licheniformis	99	그람양성, 중온성균
49	JIF17782	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
50	JIF17783	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
51	JIF17784	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
52	JIF17787	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
53	JIF17792	Bacillus subtilis	95	그람양성, catalase 양성
54	JIF17793	Bacillus licheniformis	99	그람양성, 중온성균
55	JIF17794	Bacillus licheniformis	99	그람양성, 중온성균
56	JIF17668	Bacillus aquimaris	98	그람양성, 편성호기성, 통성혐기성
57	JIF17672	-	-	-
58	JIF17741	Bacillus megaterium	99	그람양성, 호기성포자형성균
59	JIF17743	Bacillus megaterium	99	그람양성, 호기성포자형성균
60	JIF17748	Bacillus koreensis	99	그람양성, 편성호기성, 통성혐기성
61	JIF17795	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
62	JIF17796	Bacillus stratosphericus	97	그람양성, 편성호기성, 통성혐기성
63	JIF17799	Marinobacter hydrocarbonoclasticus	98	그람음성, 막대모양, 운동성
64	JIF17800	Bacillus siamensis	99	그람양성, 편성호기성, 통성혐기성
65	JIF17801	Bacillus megaterium	99	그람양성, 호기성포자형성균
66	JIF17802	Bacillus megaterium	99	그람양성, 호기성포자형성균
67	JIF17803	Bacillus licheniformis	99	그람양성, 중온성균
68	JIF17804	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
69	JIF17805	Bacillus stratosphericus	99	그람양성, 편성호기성, 통성혐기성
70	JIF17806	Bacillus subtilis	99	그람양성, 중온성균
71	JIF17807	Bacillus siamensis	99	그람양성, 편성호기성, 통성혐기성
72	JIF17808	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성
73	JIF17681	Bacillus megaterium	99	그람양성, 호기성포자형성균
74	JIF17682	Bacillus aryabhattai	99	그람양성, 편성호기성, 통성혐기성
75	JIF17752	Bacillus megaterium	99	그람양성, 호기성포자형성균
76	JIF17753	Bacillus megaterium	99	그람양성, 호기성포자형성균
77	JIF17810	Bacillus megaterium	99	그람양성, 호기성포자형성균
78	JIF17811	Bacillus megaterium	99	그람양성, 호기성포자형성균
79	JIF17812	Bacillus subtilis	99	그람양성, catalase 양성

○JIF17601

○JIF17603

○JIF17604



○JIF17606

○JIF17607

○JIF17609

<그림 19> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 1~6)

○JIF17611

○JIF17612

○JIF17614

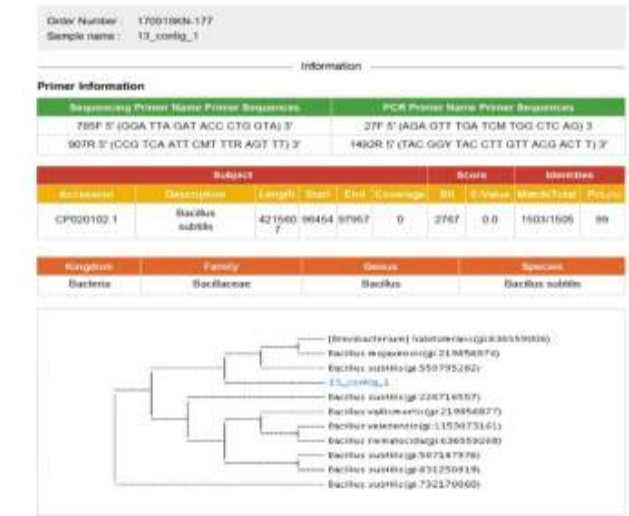
○JIF17615

○JIF17617

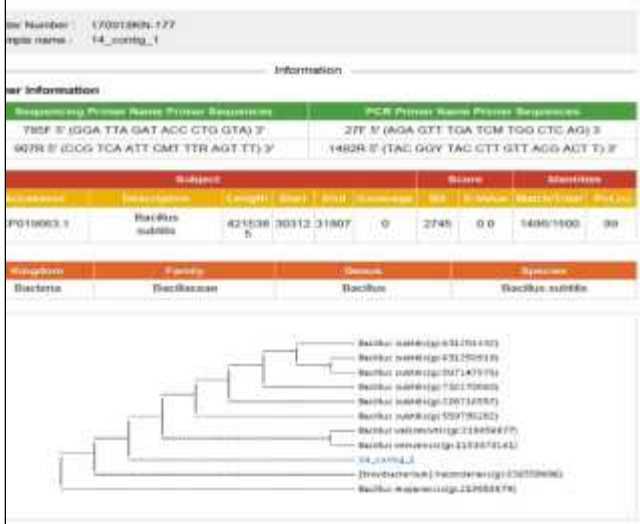
○JIF17619

<그림 20> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 7~12)

○JIF17622



○JIF17623

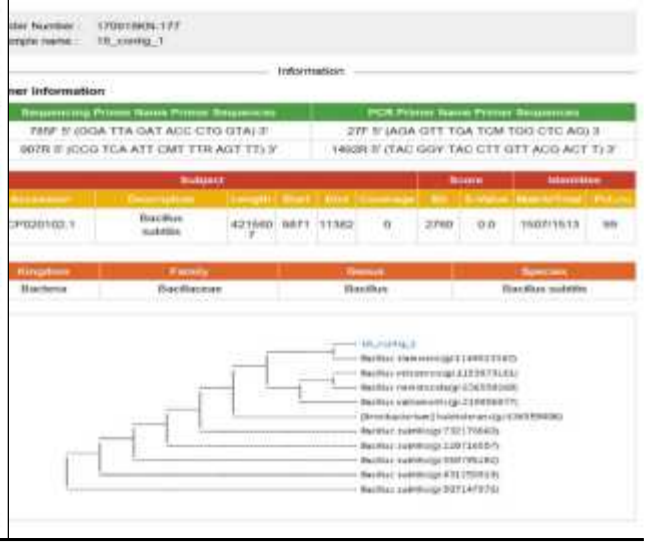


○JIF17624

○JIF17625

○JIF17626

○JIF17630



<그림 21> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 13~18)

○JIF17633

Order Number : 170922KR-073
Sample name : 19_contig_1

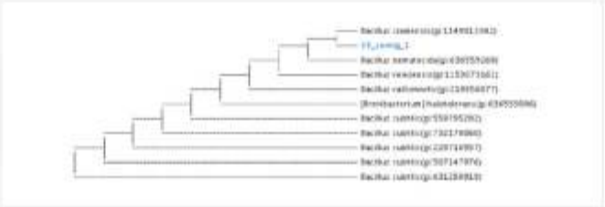
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
CP020102.1	Bacillus subtilis	4215607	9871	11377	0	2732	0.0	1502/1512	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus subtilis



○JIF17644

Order Number : 170918KN-177
Sample name : 20_contig_1

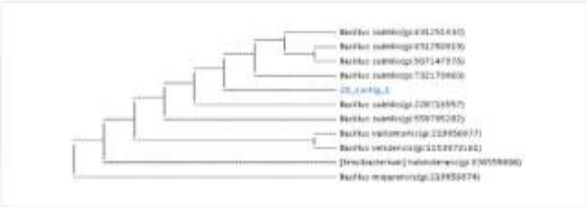
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
CP020102.1	Bacillus subtilis	4215607	96458	97957	0	2756	0.0	1500/1503	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus subtilis



○JIF17648

Order Number : 170918KN-177
Sample name : 21_contig_1

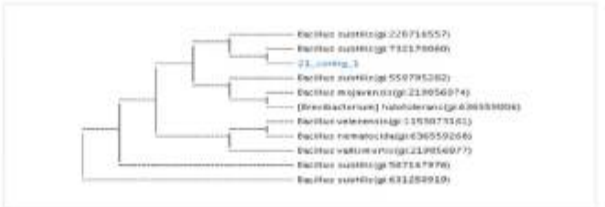
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
CP020102.1	Bacillus subtilis	4215607	16095 3	16245 4	0	2760	0.0	1502/1505	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus subtilis



○JIF17656

Order Number : 170918KN-177
Sample name : 22_contig_1

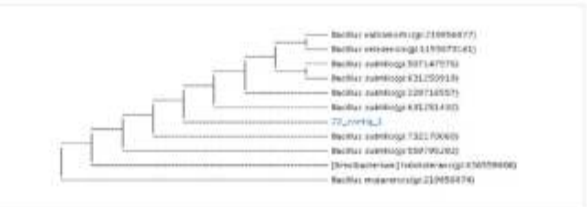
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
CP020102.1	Bacillus subtilis	4215607	96457	97954	0	2761	0.0	1498/1499	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus subtilis



○JIF17657

Order Number : 170918KN-177
Sample name : 23_contig_1

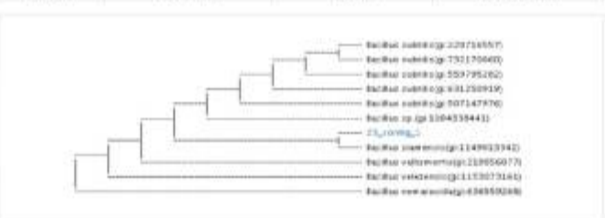
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
CP020102.1	Bacillus subtilis	4215607	9875	11373	0	2741	0.0	1495/1500	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus subtilis



○JIF17683

Order Number : 170922KR-073
Sample name : 24_contig_1

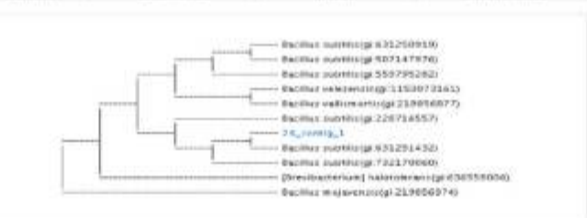
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
CP020102.1	Bacillus subtilis	4215607	96453	97962	0	2771	0.0	1508/1511	99

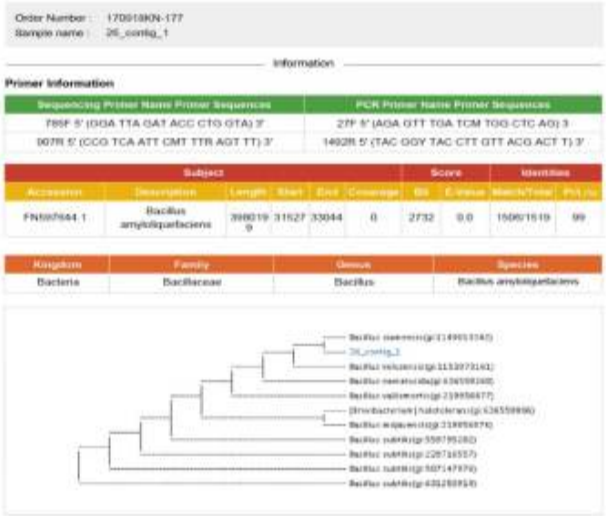
Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus subtilis



<그림 22> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 19~24)

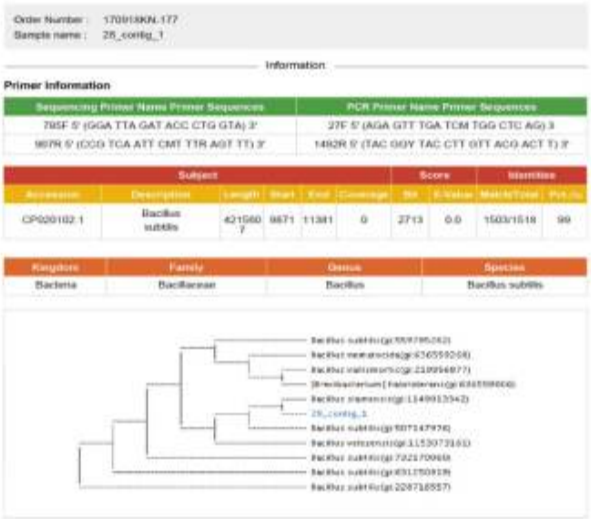
○JIF17687

○JIF17688



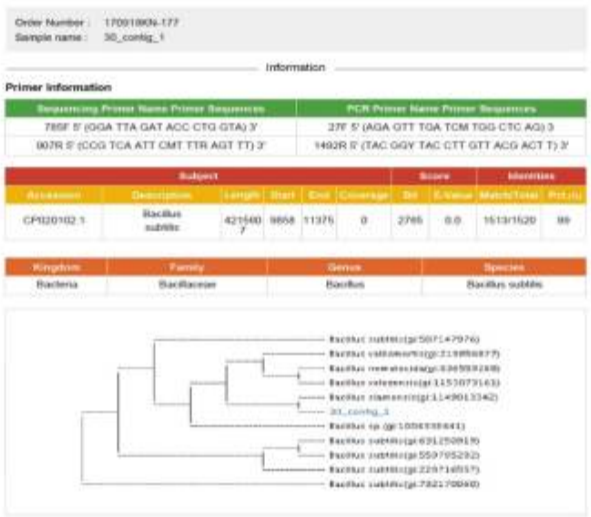
○JIF17691

○JIF17692



○JIF17694

○JIF17695



<그림 23> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 25~30)

○JIF17698

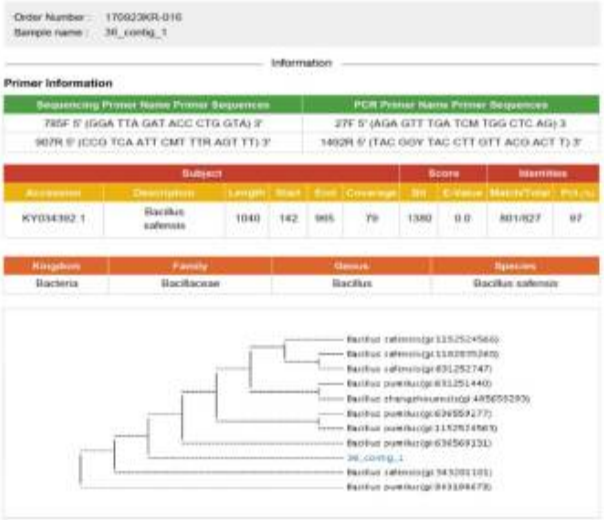
○JIF17699

○JIF17706

○JIF17710

○JIF17714

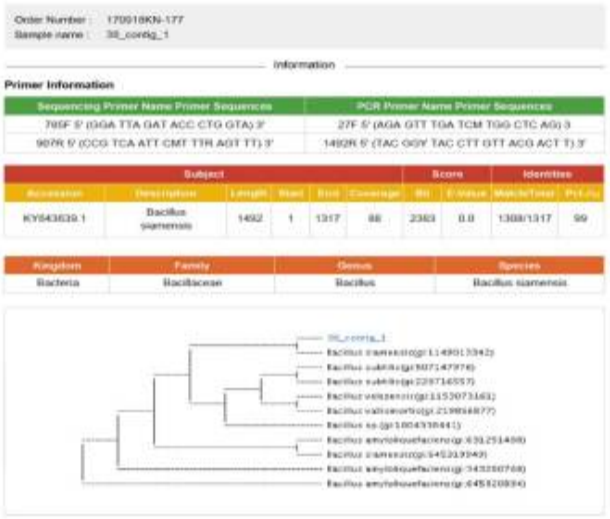
○JIF17718



<그림 24> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 31~36)

○JIF17722

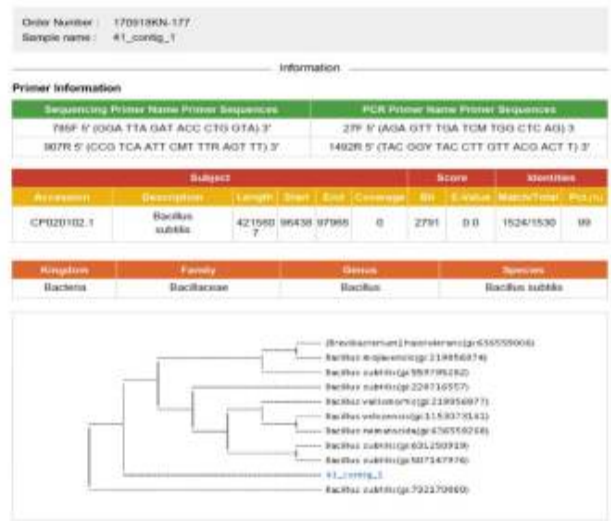
○JIF17727



○JIF17728

○JIF17729

○JIF17754



○JIF17760

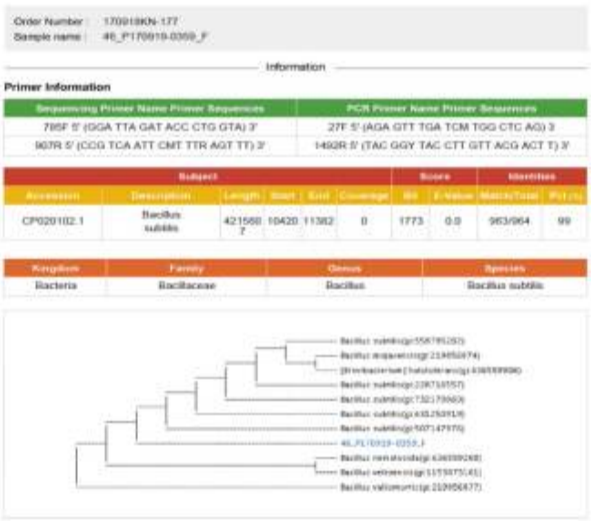
<그림 25> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 37~42)

○JIF17765

○JIF17766

○JIF17768

○JIF17771



○JIF17775

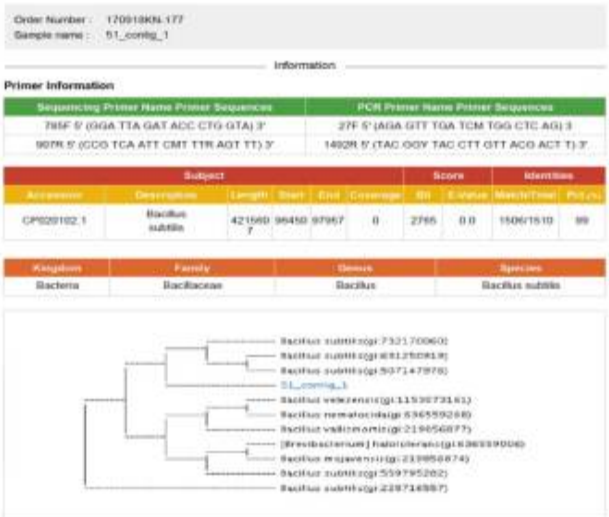
○JIF17780

<그림 26> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 43~48)

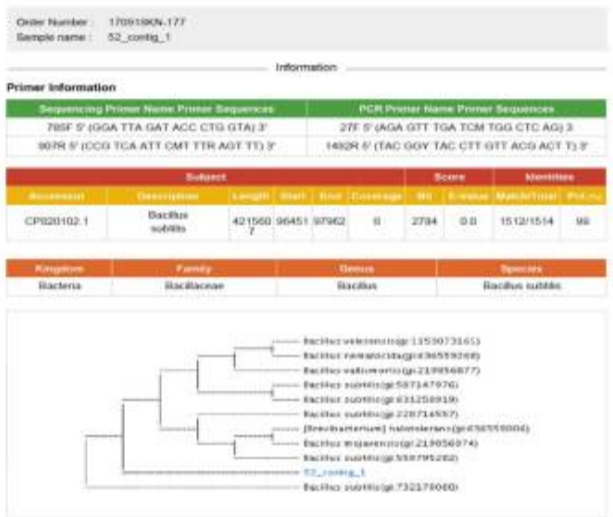
○JIF17782

○JIF17783

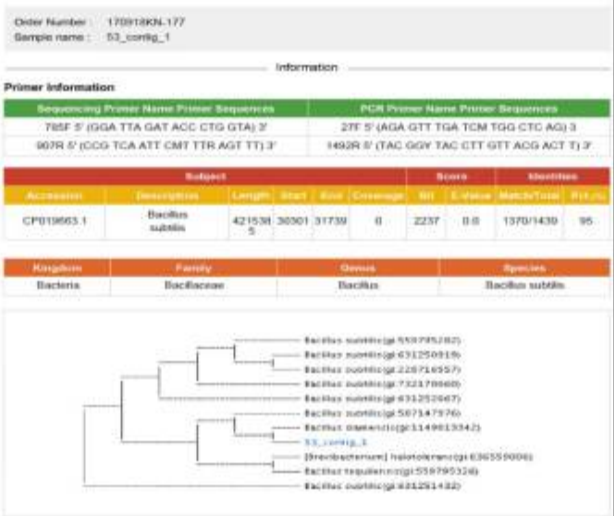
○JIF17784



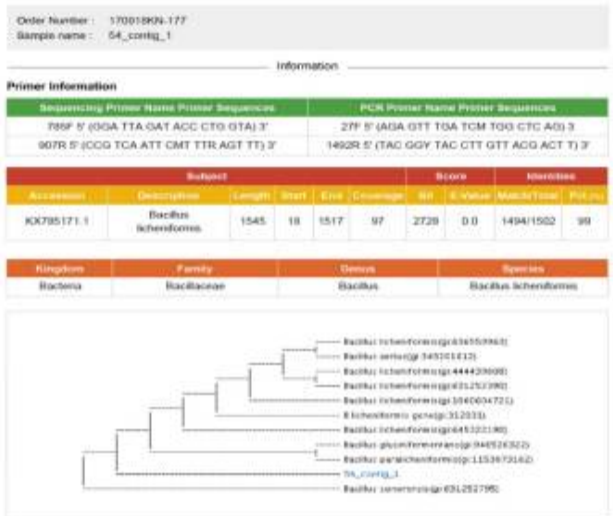
○JIF17787



○JIF17792



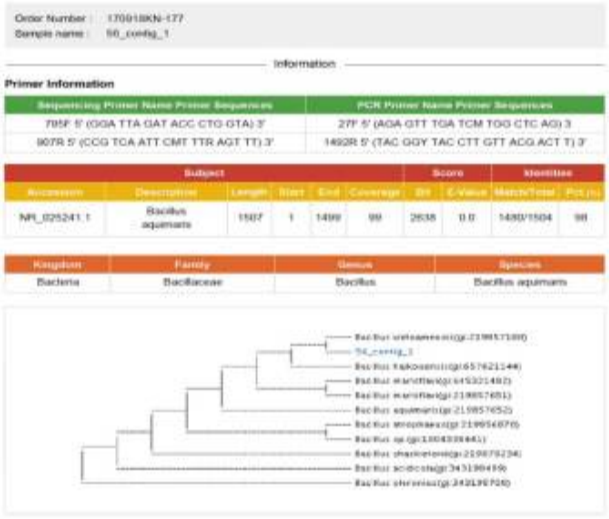
○JIF17793



<그림 27> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 49~54)

○JIF17794

○JIF17668



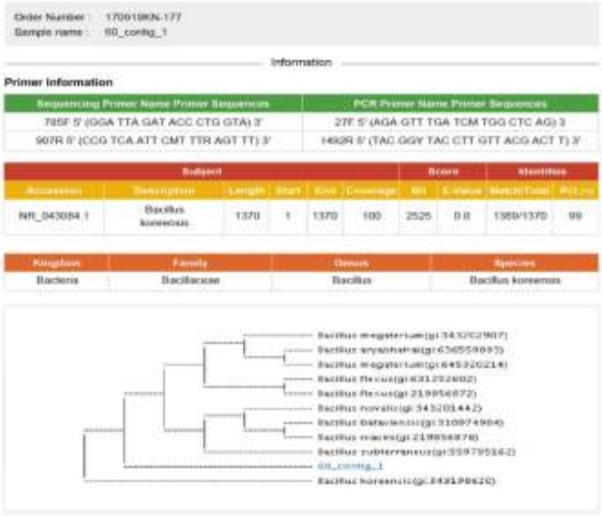
○JIF17672

57번 sample은 multipeak를 나타내어 동정불가.

○JIF17741

○JIF17743

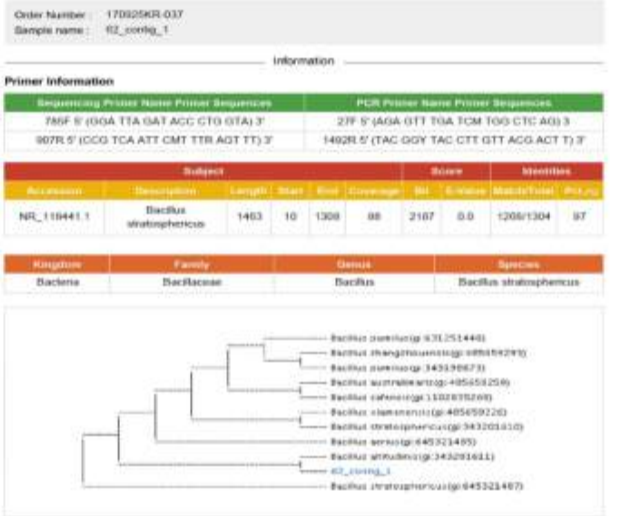
○JIF17748



<그림 28> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 55~60)

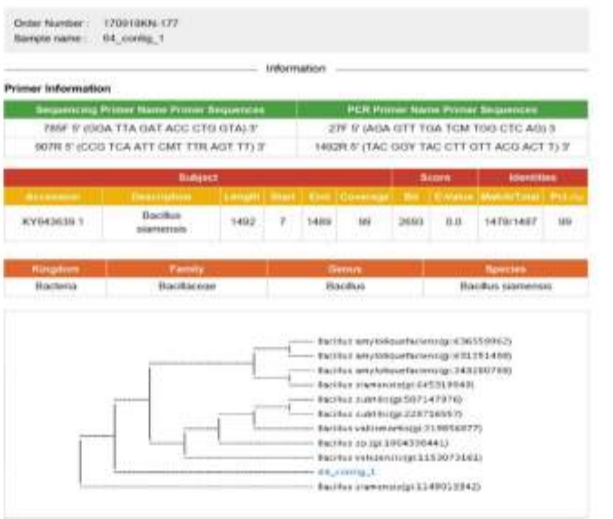
○JIF17795

○JIF17796



○JIF17799

○JIF17800



○JIF17801

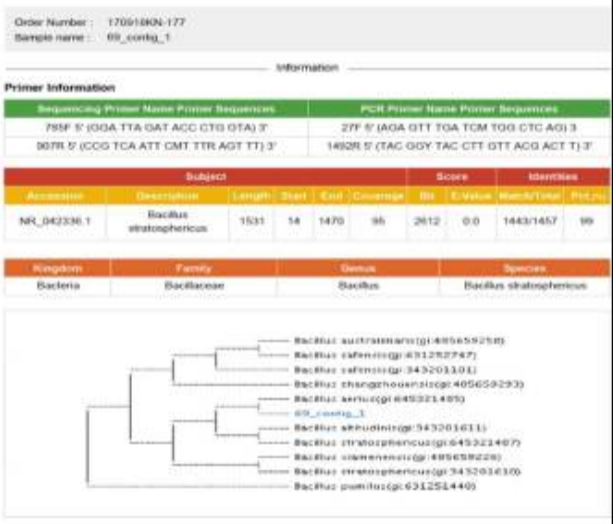
○JIF17802

<그림 29> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 61~66)

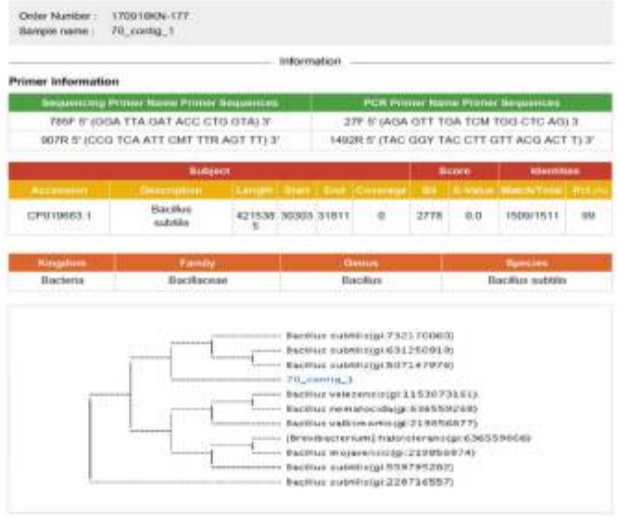
○JIF17803

○JIF17804

○JIF17805



○JIF17806



○JIF17807

○JIF17808

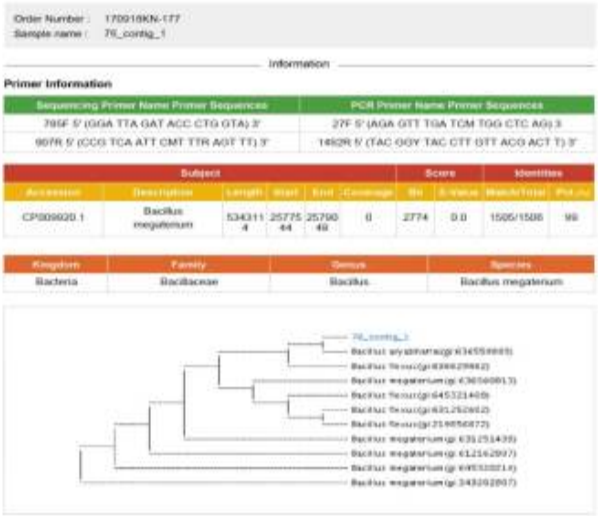
<그림 30> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 67~72)

○JIF17681

○JIF17682

○JIF17752

○JIF17753



○JIF17810

○JIF17811

<그림 31> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 73~78)

○JIF17812

Order Number : 170015KN-177
Sample name : 79_contig_1

Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

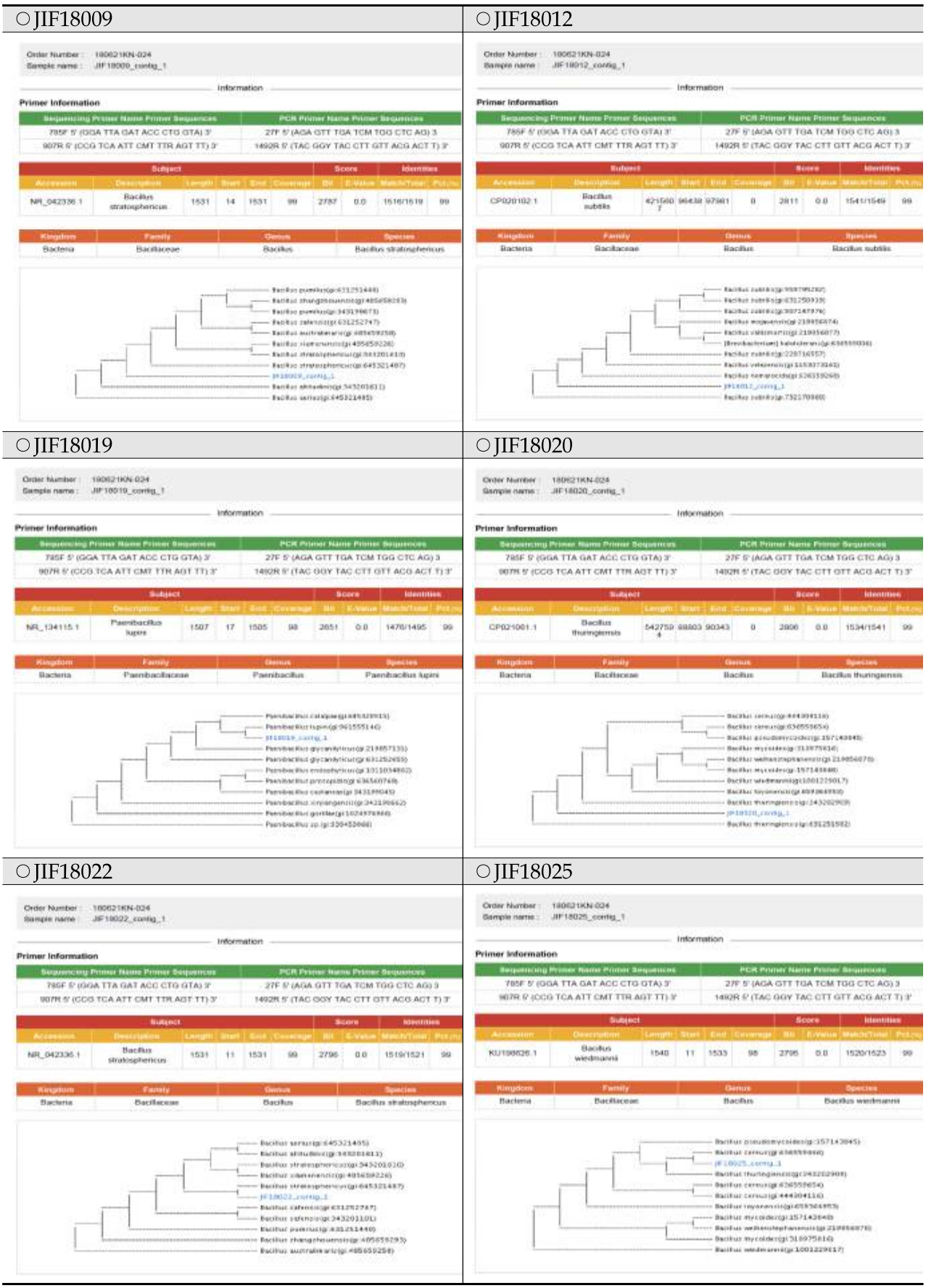
Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
CP020102.1	Bacillus subtilis	4215607	96437	97951	0	2743	0.0	1511/1522	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus subtilis

<그림 32> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 79)

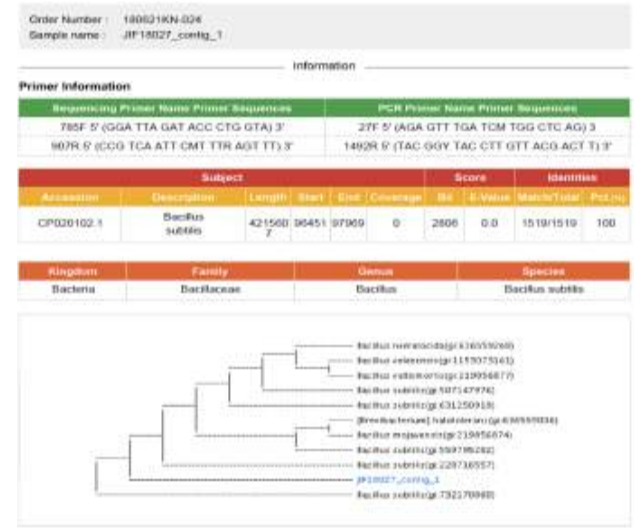
<표 24> 효소활성을 갖는 50종의 균주에 대한 유전학적 동정 결과(토양으로부터 분리)

NO	분리균주 번호	동정 균주명	유사도(%)
1	JIF18009	Bacillus stratosphericus	99
2	JIF18012	Bacillus subtilis	99
3	JIF18019	Paenibacillus lupini	99
4	JIF18020	Bacillus thuringiensis	99
5	JIF18022	Bacillus stratosphericus	99
6	JIF18025	Bacillus wiedmannii	99
7	JIF18027	Bacillus subtilis	100
8	JIF18029	Bacillus megaterium	99
9	JIF18030	Bacillus megaterium	99
10	JIF18031	Bacillus wiedmannii	99
11	JIF18035	Bacillus stratosphericus	99
12	JIF18048	Bacillus stratosphericus	99
13	JIF18062	Bacillus zhangzhouensis	99
14	JIF18084	Bacillus stratosphericus	99
15	JIF18104	Serratia liquefaciens	99
16	JIF18106	Bacillus amyloliquefaciens	99
17	JIF18108	Bacillus stratosphericus	99
18	JIF18109	Bacillus toyonensis	99
19	JIF18112	Bacillus subtilis	100
20	JIF18114	Bacillus subtilis	99
21	JIF18115	Bacillus subtilis	99
22	JIF18118	Bacillus stratosphericus	99
23	JIF18119	Bacillus licheniformis	99
24	JIF18122	Bacillus licheniformis	99
25	JIF18124	Bacillus licheniformis	99
26	JIF18125	Microbacterium foliorum	99
27	JIF18127	Bacillus stratosphericus	99
28	JIF18136	Bacillus wiedmannii	99
29	JIF18202	Bacillus subtilis	99
30	JIF18203	Bacillus subtilis	100
31	JIF18205	Bacillus subtilis	99
32	JIF18209	Bacillus megaterium	100
33	JIF18210	Bacillus stratosphericus	99
34	JIF18216	Bacillus megaterium	100
35	JIF18218	Bacillus subtilis	100
36	JIF18223	Bacillus stratosphericus	99
37	JIF18224	Bacillus wiedmannii	99
38	JIF18228	Bacillus megaterium	99
39	JIF18230	Bacillus glycinifermentans	99
40	JIF18231	Bacillus stratosphericus	99
41	JIF18232	Bacillus wiedmannii	99
42	JIF18240	Bacillus subtilis	99
43	JIF18242	Bacillus subtilis	99
44	JIF18243	Bacillus wiedmannii	99
45	JIF18244	Bacillus megaterium	100
46	JIF18044	Bacillus stratosphericus	99
47	JIF18085	Paenibacillus pabuli	99
48	JIF18146	Bacillus zhangzhouensis	99
49	JIF18156	Bacillus stratosphericus	99
50	JIF18208	Bacillus zhangzhouensis	99



<그림 33> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 1~6)

○JIF18027



Order Number : 190621KN-024
Sample name : JIF18027_contig_1

Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
CP020102.1	Bacillus subtilis	4215607	96451	97969	0	2806	0.0	1519/1519	100

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus subtilis

○JIF18029

Order Number : 190621KN-024
Sample name : JIF18029_contig_1

Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
CP009920.1	Bacillus megaterium	5343114	2577546	2579066	0	2802	0.0	1520/1521	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus megaterium

○JIF18030

Order Number : 190621KN-024
Sample name : JIF18030_contig_1

Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
CP009920.1	Bacillus megaterium	5343114	1758574	1757049	0	2806	0.0	1524/1526	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus megaterium

○JIF18031

Order Number : 190621KN-024
Sample name : JIF18031_contig_1

Information

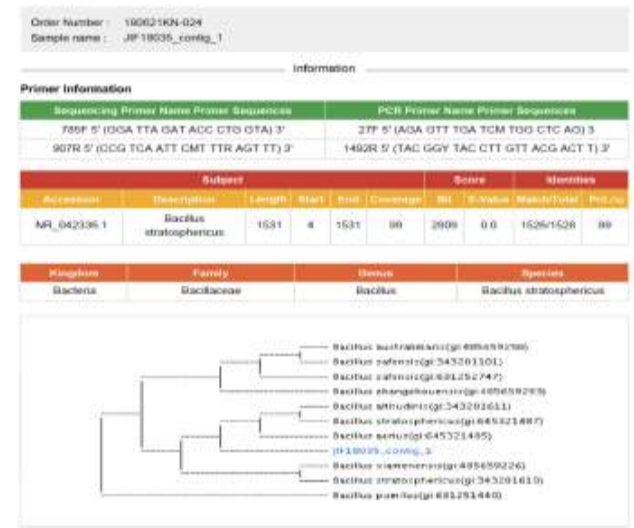
Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
KU199526.1	Bacillus wiedmannii	1540	15	1532	98	2798	0.0	1517/1518	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus wiedmannii

○JIF18035



Order Number : 190621KN-024
Sample name : JIF18035_contig_1

Information

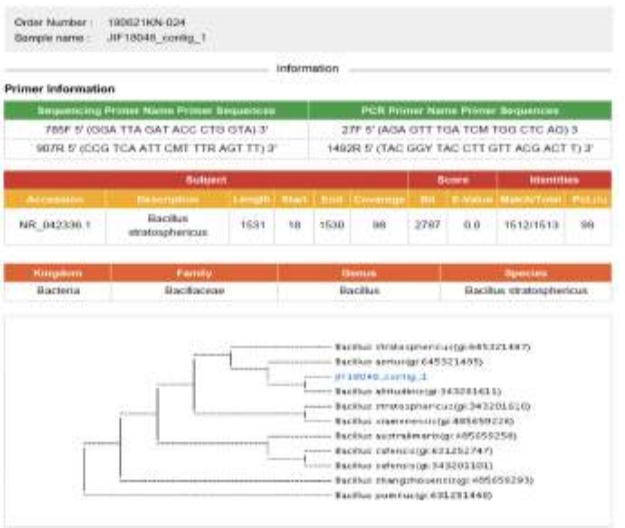
Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
NR_042336.1	Bacillus stratosphericus	1531	4	1531	99	2809	0.0	1526/1528	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus stratosphericus

○JIF18048



Order Number : 190621KN-024
Sample name : JIF18048_contig_1

Information

Primer Information

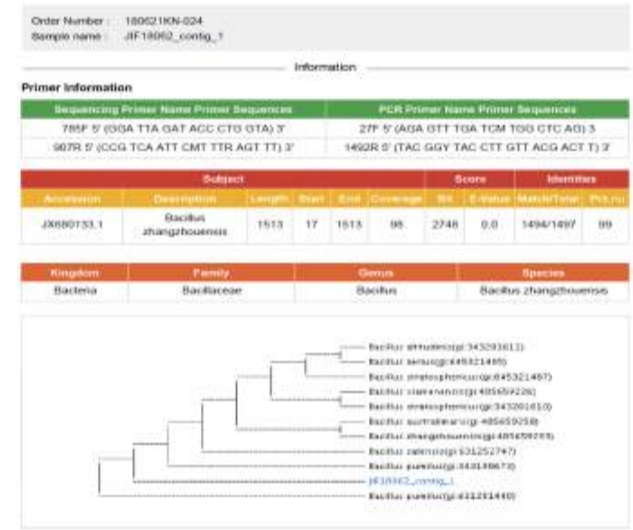
Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
NR_042336.1	Bacillus stratosphericus	1531	18	1530	98	2787	0.0	1512/1513	99

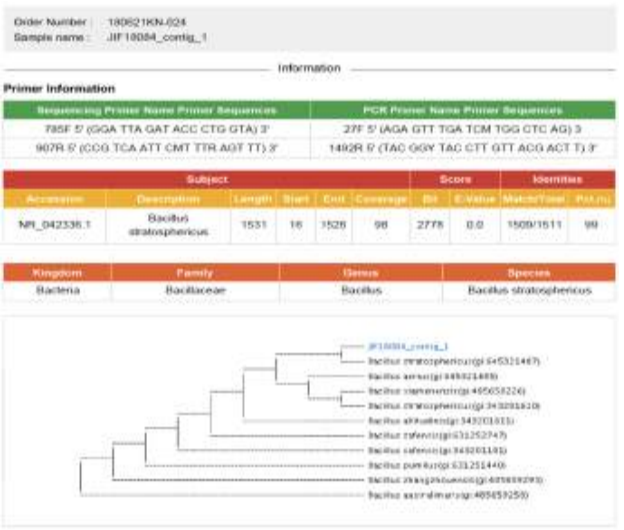
Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus stratosphericus

<그림 34> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 7~12)

○JIF18062



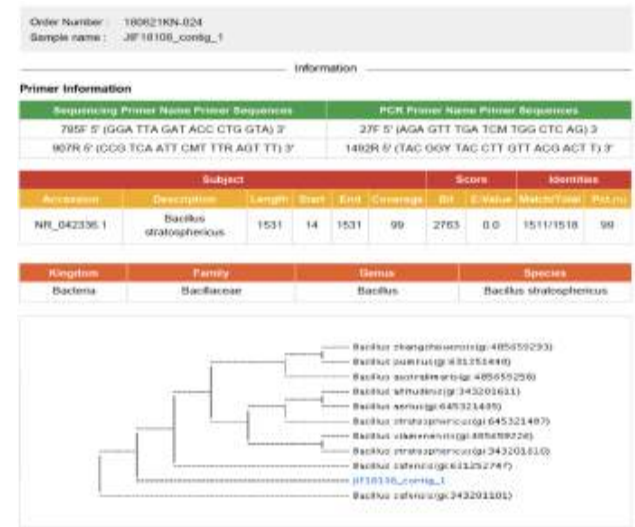
○JIF18084



○JIF18104

○JIF18106

○JIF18108



○JIF18109

<그림 35> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 13~18)

○JIF18112

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18112_contig_1

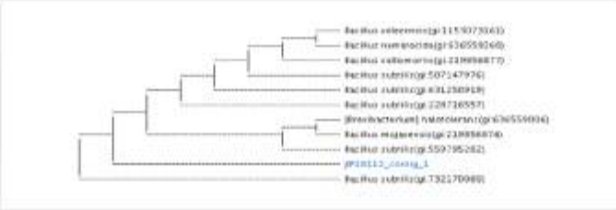
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
CP020102.1	Bacillus subtilis	4215607	96451	97967	0	2802	0.0	1517/1517	100

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus subtilis



○JIF18114

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18114_contig_1

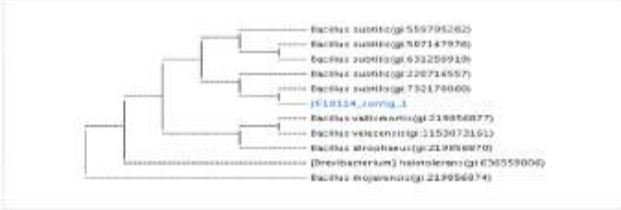
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
CP020102.1	Bacillus subtilis	4215607	96453	97967	0	2791	0.0	1514/1515	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus subtilis



○JIF18115

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18115_contig_1

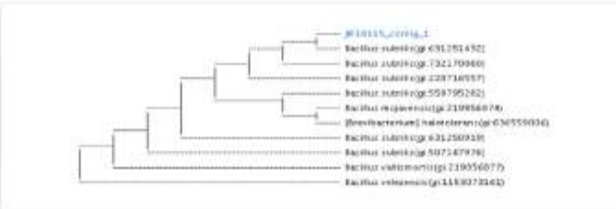
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
CP020102.1	Bacillus subtilis	4215607	96446	97967	0	2795	0.0	1519/1522	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus subtilis



○JIF18118

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18118_contig_1

Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
NR_042336.1	Bacillus stratosphericus	1531	17	1530	98	2789	0.0	1513/1514	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus stratosphericus

○JIF18119

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18119_contig_1

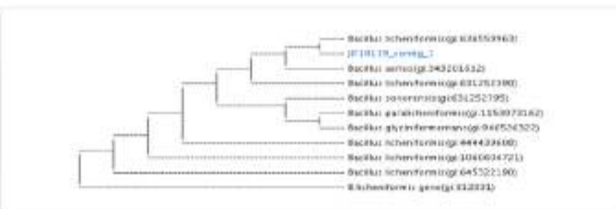
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
KX785171.1	Bacillus licheniformis	1545	24	1531	97	2767	0.0	1505/1508	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus licheniformis



○JIF18122

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18122_contig_1

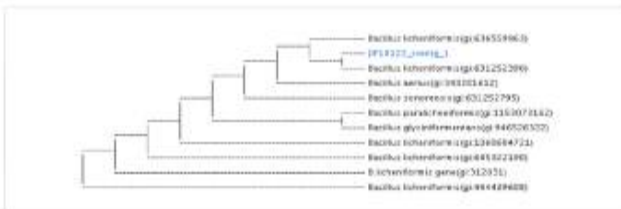
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
KX785171.1	Bacillus licheniformis	1545	20	1530	97	2774	0.0	1508/1511	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus licheniformis



<그림 36> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 19~24)

○JIF18124

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18124_contig_1

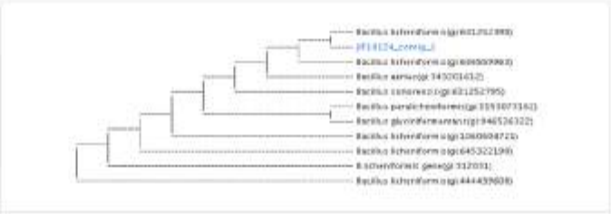
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
KX785171.1	Bacillus licheniformis	1545	18	1532	98	2793	0.0	1514/1515	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus licheniformis



○JIF18125

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18125_contig_1

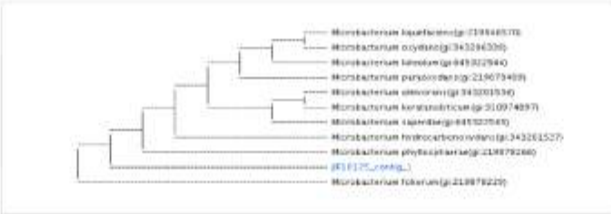
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
NR_025368.1	Microbacterium folorum	1480	1	1480	100	2695	0.0	1473/1480	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Microbacteriaceae	Microbacterium	Microbacterium folorum



○JIF18127

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18127_contig_1

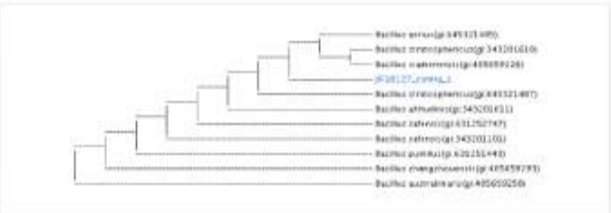
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
NR_042336.1	Bacillus stratosphericus	1531	18	1531	98	2789	0.0	1513/1514	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus stratosphericus



○JIF18136

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18136_contig_1

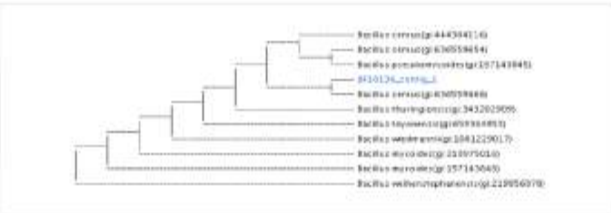
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
KU198626.1	Bacillus wiedmannii	1540	17	1532	98	2784	0.0	1513/1516	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus wiedmannii



○JIF18202

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18202_contig_1

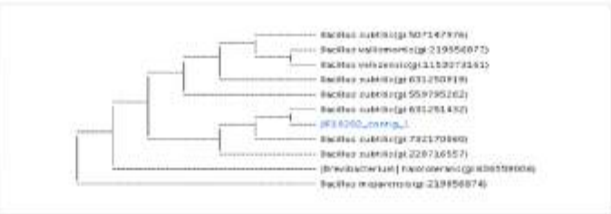
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
CP020102.1	Bacillus subtilis	4215607	96456	97979	0	2795	0.0	1521/1524	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus subtilis



○JIF18203

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18203_contig_1

Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
CP020102.1	Bacillus subtilis	4215607	96459	97966	0	2785	0.0	1508/1508	100

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus subtilis

<그림 37> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 25~30)

○JIF18205

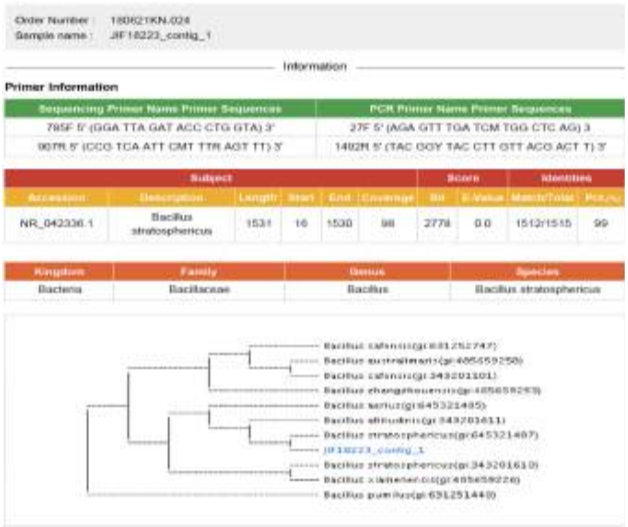
○JIF18209

○JIF18210

○JIF18216

○JIF18218

○JIF18223



<그림 38> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 31~36)

○JIF18224

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18224_contig_1

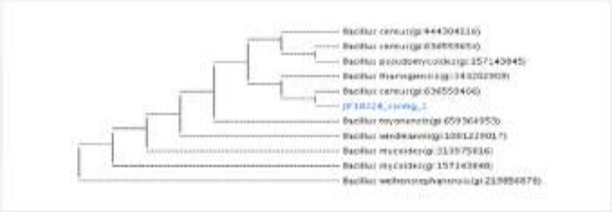
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
KU198626.1	Bacillus wedmanni	1540	19	1534	98	2787	0.0	1514/1516	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus wedmanni



○JIF18228

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18228_contig_1

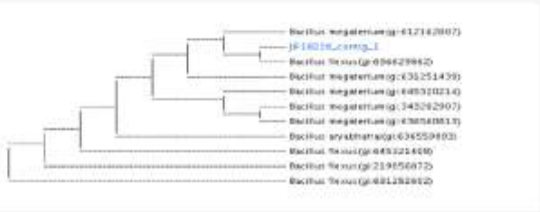
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
CP009920.1	Bacillus megaterium	5343114	2577545	2579061	0	2789	0.0	1515/1517	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus megaterium



○JIF18230

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18230_contig_1

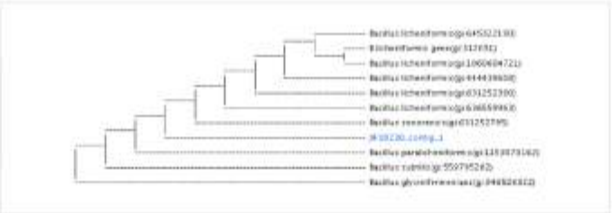
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
KT005408.1	Bacillus glycinifermentans	1554	25	1540	97	2778	0.0	1512/1516	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus glycinifermentans



○JIF18231

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18231_contig_1

Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
NR_042336.1	Bacillus stratosphericus	1531	16	1526	98	2778	0.0	1509/1511	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus stratosphericus

○JIF18232

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18232_contig_1

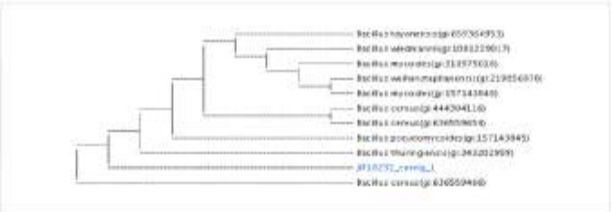
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
KU198626.1	Bacillus wedmanni	1540	18	1532	98	2793	0.0	1514/1515	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus wedmanni



○JIF18240

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18240_contig_1

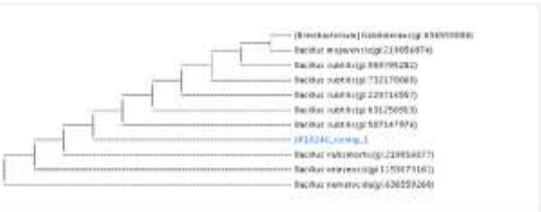
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
CP020102.1	Bacillus subtilis	4215607	9875	11387	0	2778	0.0	1510/1513	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus subtilis



<그림 39> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 37~42)

○JIF18242

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18242_contig_1

Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
CP020102.1	Bacillus subtilis	4215607	86454	87983	0	2798	0.0	1526/1531	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus subtilis

○JIF18243

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18243_contig_1

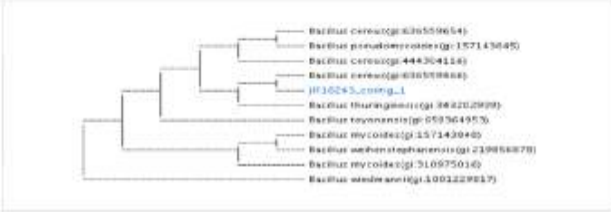
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
KU198626.1	Bacillus wiedmannii	1540	21	1534	98	2784	0.0	1512/1514	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus wiedmannii



○JIF18244

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18244_contig_1

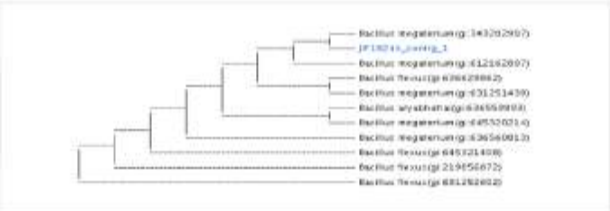
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
CP009928.1	Bacillus megaterium	5343114	2577549	2579860	0	2795	0.0	1513/1513	100

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus megaterium



○JIF18044

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18044_contig_1

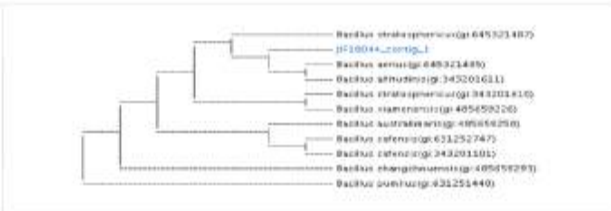
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
NR_042336.1	Bacillus stratosphericus	1531	21	1530	98	2782	0.0	1509/1510	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus stratosphericus



○JIF18085

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18085_contig_1

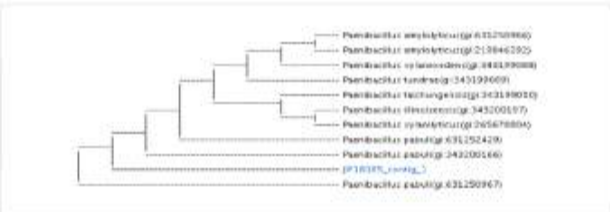
Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
NR_112164.1	Paenibacillus pabuli	1507	1	1507	100	2750	0.0	1500/1508	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Paenibacillaceae	Paenibacillus	Paenibacillus pabuli



○JIF18146

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18146_contig_1

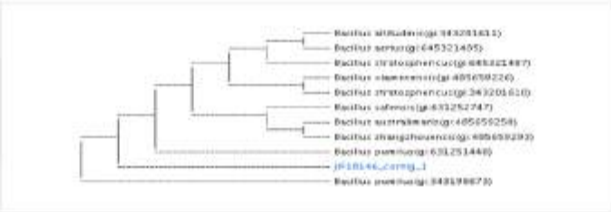
Information

Primer Information

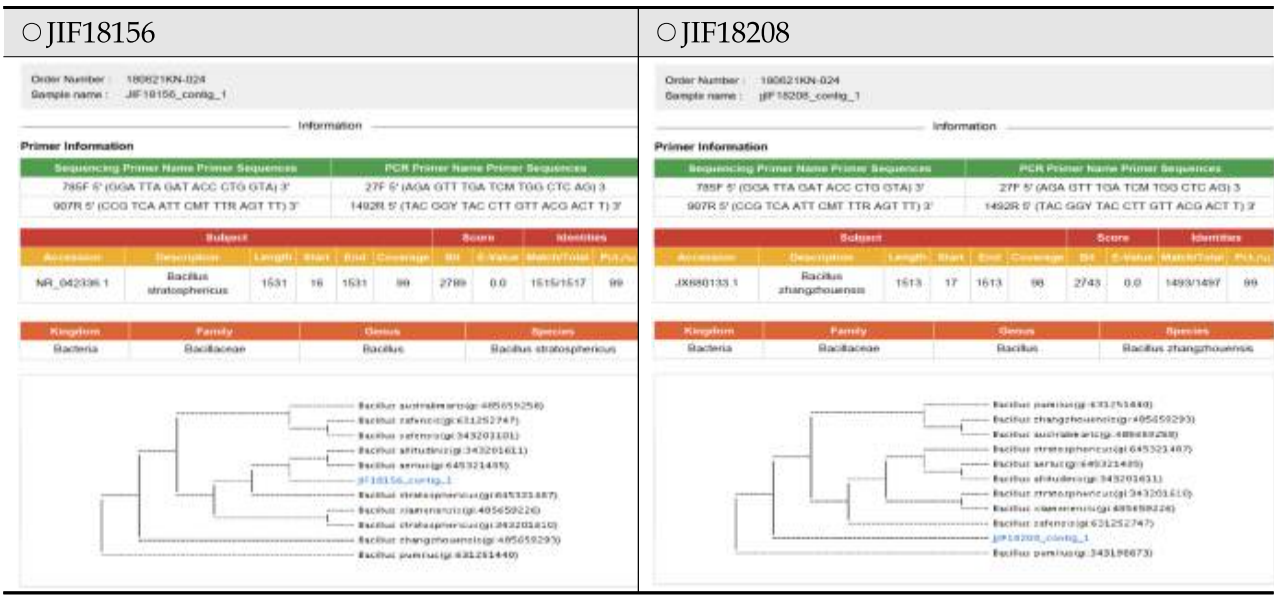
Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	Pct.(%)
JX980133.1	Bacillus zhangzhouensis	1513	18	1513	98	2741	0.0	1492/1496	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus zhangzhouensis



<그림 40> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 43~48)



○JIF18156

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18156_contig_1

Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	PI(%)
NR_042336.1	Bacillus stratosphericus	1531	16	1531	99	2789	0.0	1515/1517	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus stratosphericus

○JIF18208

Order Number : 180621KN-024
Sample name : JIF18208_contig_1

Information

Primer Information

Sequencing Primer Name Primer Sequences	PCR Primer Name Primer Sequences
785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3'	27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3
907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3'	1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3'

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-Value	Match/Total	PI(%)
JX880133.1	Bacillus zhangzhouensis	1513	17	1513	98	2743	0.0	1493/1497	99

Kingdom	Family	Genus	Species
Bacteria	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus zhangzhouensis

<그림 41> 효소활성을 갖는 균주의 동정(No. 49~50)

<표 25> 누룩, 음식물쓰레기, 전통발효식품, 토양으로부터 분리된 최종 선발 균주

연차	Identification name	Isolation No.	Source	Method	Similarity(%)
1차년도	Bacillus amyloliquefaciens	JIF16003	개량누룩	16s rRNA	99
	Acinetobactor baumannii	JIF16016	개량누룩		99
	Enterobacter hormaechei	JIF16026	송학곡자		99
	Saccharomycopsis fibuligera	JIF16040	산성누룩		99
	Raoultella ornithinolytics	JIF16209	음식물쓰레기		99
	Serratia marcescens	JIF16238	음식물쓰레기		99
2차년도	Bacillus subtilis	JIF17623	고추장		99
	Bacillus amyloliquefaciens	JIF17714	젓갈		99
	Bacillus siamensis	JIF17807	갯벌		99
	Bacillus licheniformis	JIF17775	젓갈		98
	Bacillus aquimaris	JIF17668	갯벌		98
	Bacillus megaterium	JIF17801	갯벌		99
	Bacillus koreensis	JIF17748	갯벌		99
	Bacillus stratoshericus	JIF17796	갯벌		97
	Bacillus aryabhattai	JIF17682	모래		99
	Bacillus safensis	JIF17718	젓갈		97
	Marinobacter hydrocarbonoclastius	JIF17799	갯벌		98
3차년도	Bacillus stratosphericus	JIF18127	토양		99%
	Bacillus subtilis	JIF18112	토양		100%
	Bacillus thuringiensis	JIF18020	토양		99%
	Bacillus wiedmannii	JIF18136	토양		99%
	Bacillus megaterium	JIF18244	토양		100%
	Bacillus zhangzhouensis	JIF18062	토양		99%
	Bacillus amyloliquefaciens	JIF18106	토양		99%
	Bacillus toyonensis	JIF18109	토양		99%
	Bacillus licheniformis	JIF18122	토양		99%
	Bacillus glycinifermentans	JIF18230	토양		100%
	Serratia liquefaciens	JIF18104	토양		99%

나. 유용균주의 최적 생육조건 확립

1) 재료 및 방법

① 미생물 배양 최적생육 조건

○ 누룩으로부터 분리된 균주 23종에 대하여 NA Plate에 stock중인 균주 1 백금이를 취하여 Nutrient Broth (Beef Extract 3 g, Peptone 5 g/1 L) 배지에 접종 후 600 nm에서 흡광도 측정.

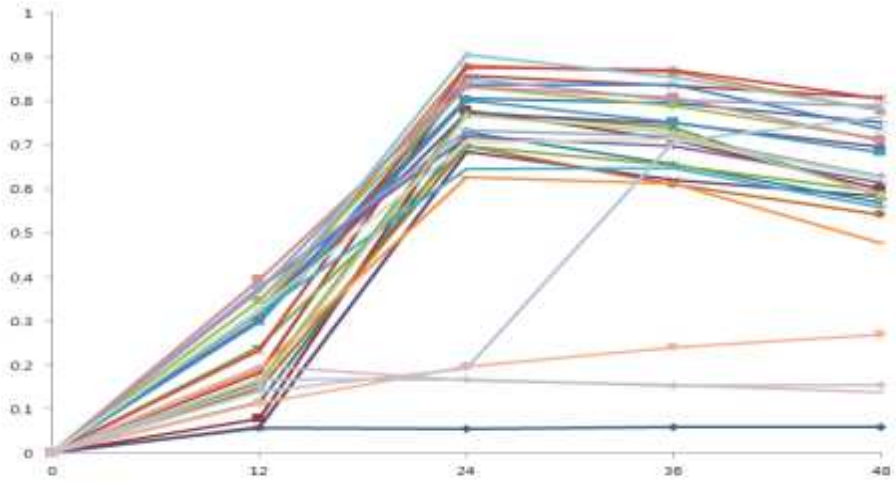
○ 전통발효식품(된장, 고추장, 젓갈), 토양으로부터 분리된 균주의 미생물 동정 결과 최종적으로 11종 이었으며, Bacillus subtilis (JIF17623), Bacillus amyloliquefaciens (JIF17714), Bacillus siamensis (JIF17807), Bacillus licheniformis (JIF17775), Bacillus aquimaris (JIF17668), Bacillus megaterium (JIF17801), Bacillus koreensis (JIF17748), Bacillus stratoshericus (JIF17796), Bacillus aryabhattai (JIF17682), Bacillus safensis (JIF17718), Marinobacter hydrocarbonoclasticus (JIF17799)의 균주를 선발. NA Plate에 냉장보관 중인 균주 11종에 대하여 1 백금이를 취하여 5mL Nutrient Broth(NB) 배지에 접종 후 24시간동안 배양하여 혼합하였으며 이 혼합균주를 1% 접종 후 30 ˚C에서 48hr 동안 배양하면서 600 nm에서 흡광도(Micro-Reader, VERSAmax, USA)를 측정하여 미생물의 성장을 측정.

○ 토양(논, 밭 등)으로부터 분리된 균주의 미생물 동정 결과 최종적으로 11종이었으며, Bacillus stratosphericus (JIF18127), Bacillus subtilis (JIF18112), Bacillus thuringiensis (JIF18020), Bacillus wiedmannii (JIF18136), Bacillus megaterium (JIF18244), Bacillus zhangzhouensis (JIF18062), Bacillus amyloliquefaciens (JIF18106), Bacillus toyonensis (JIF18109), Bacillus licheniformis (JIF18122), Bacillus glycinifermentans (JIF18230), Serratia liquefaciens (JIF18104)의 균주를 선발. NA Plate에 냉장보관 중인 균주 11종에 대하여 1 백금이를 취하여 5mL Nutrient Broth(NB) 배지에 접종 후 24시간동안 배양하여 혼합하였으며 이 혼합균주를 1% 접종 후 30 ˚C에서 48hr 동안 배양하면서 600 nm에서 흡광도(Micro-Reader, VERSAmax, USA)를 측정하여 미생물의 성장을 측정.

2) 실험 결과

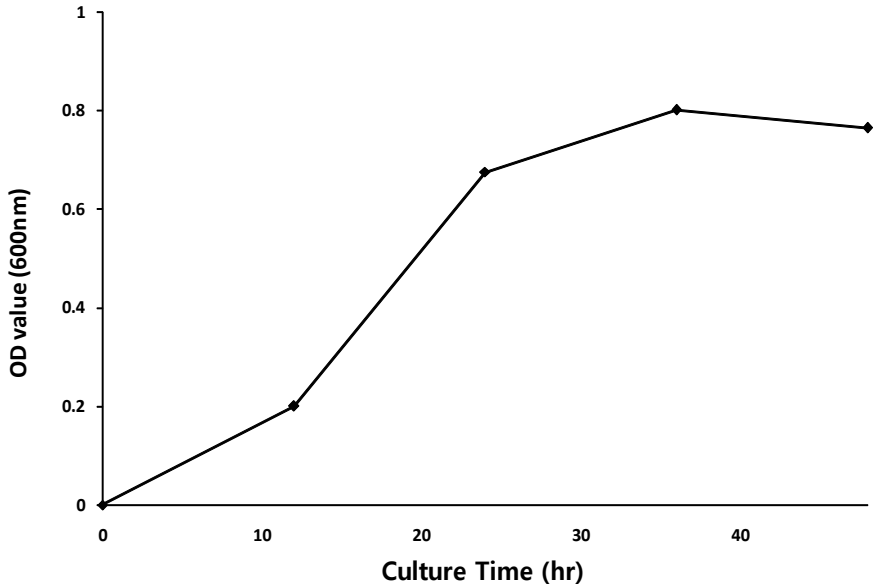
① 시간별 생장 곡선

○ 누룩으로부터 분리된 23종의 균주를 NB 배지상에서 배양한 결과, 접종 후 24시간이 지난 시점에서 총 균수가 가장 최대로 검출되었으며 12시간에서 24시간까지는 log phase 단계를 보였으며, 24시간에서 48시간 까지는 stationary phase를 유지하다가 48시간 이후 decline phase로 되는 경향을 보임. 따라서
30 ˚C, 200 rpm으로 24~48시간 배양할 경우 OD value가 0.6~0.9를 나타내어 최적의 배양 조건임 확인.



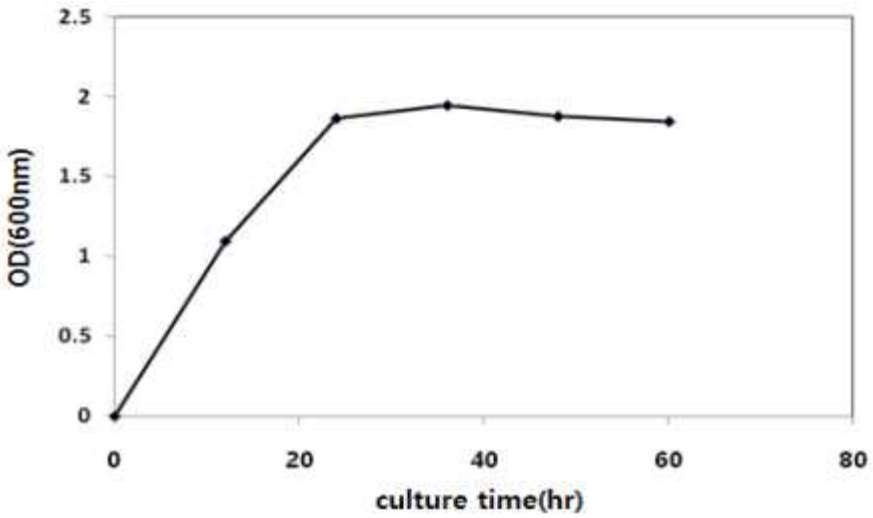
<그림 42> 누룩으로부터 분리된 효소활성을 갖는 균주의 시간별 배양학적 특성

○ 전통발효식품 및 토양으로부터 분리된 11종의 균주를 NB 배지상에서 배양한 결과, 접종 후 36시간이 지난 시점에서 O.D값이 최대로 나타났으며, 12시간에서 36시간까지는 log phase를 보였으며, 24시간에서 36시간 까지는 stationary phase를 유지하다가 48시간 이후 decline phase로 되는 경향을 보임. 따라서 혼합균주의 성장곡선을 확인한 결과 30 ˚C로 접종 후 24시간에서 36시간의 시점을 stationary phase (O.D값 약 0.8)로서 최적의 배양조건임을 확인하여 본 배양 접종시기로 설정하였음.



<그림 43> 전통발효식품 및 토양으로부터 분리된 효소활성을 갖는 혼합균주의 시간별 배양학적 특성

○ 토양으로부터 분리된 11종의 균주를 NB 배지상에서 배양한 결과, 접종 후 36시간째에 O.D값이 최대로 나타났으며, 12시간에서 24시간까지는 log phase를 보였으며, 24시간에서 36시간 까지는 stationary phase를 유지하다가 48시간 이후 decline phase로 되는 경향을 보임. 따라서 혼합균주의 성장곡선을 확인한 결과 30 ˚C로 접종 후 24시간에서 36시간의 시점을 stationary phase (O.D값 약 1.8)로서 최적의 배양조건임을 확인하였으며, 24시간 시점을 본 배양 접종시기로 설정하였음.



<그림 44> 토양으로부터 분리된 효소활성을 갖는 혼합균주의 시간별 배양학적 특성

1.3 마이크로 유용자원의 data base화

가. Group화를 통한 유용자원의 data base 구축

전라북도생물산업진흥원
유용균주 DB화

JIF
전라북도생물산업진흥원

목 차

Source에 따른 미생물 분리 ____ 1p

Source에 따른 동정된 미생물의 효소활성도 DB 구축 ____ 3p

특허균주 DB 구축 ____ 7p

Source에 따른 미생물 분리

01

누룩으로부터 72균주 분리

개량누룩

전주곡자

송약곡자

산성누룩

음식물쓰레기로부터 45균주 분리

다인가구

1인가구

상가

전통발효식품으로부터 548균주 분리

된장

고추장

젓갈

03

갯벌로부터 548균주 분리

모래로부터 49균주 분리

토양으로부터 140균주 분리

Source에 따른 동정된 미생물의 효소활성도 DB 구축

누룩으로부터 분리된 균주의 효소 활성도 DB 구축

No	Strain name	Enzyme activity[1]			
		A[2]	P	L[3]	C
JIF16003	Bacillus amyloliquefaciens	+	++	B	+
JIF16011	Acinetobacter baumannii	-	-	A	-
JIF16015	E.coli, Citrobacter sp.	-	-	A	-
JIF16016	Acinetobacter baumannii	-	+	A	-
JIF16020	Enterobacter hormaechei	-	-	A	-
JIF16023	Cronobacter sakazakii	-	+	B	-
JIF16025	Cronobacter sakazakii	-	+	B	-
JIF16026	Enterobacter hormaechei	+	+	B	-
JIF16040	Saccharomycopsis fibuligera	+	+	B	-
JIF16044	Enterobacter hormaechei	-	-	A	-
JIF16045	Enterobacter hormaechei	-	+	A	-
JIF16046	Bacillus licheniformis	-	+	B	-

No	Strain name	Enzyme activity[1]			
		A[2]	P	L[3]	C
JIF16047	Bacillus licheniformis	-	+	B	-
JIF16048	Enterobacter hormaechei	-	+	B	-
JIF16049	Cronobacter sakazakii	-	+	B	-
JIF16053	Enterobacter hormaechei	-	+	B	-
JIF16058	Cronobacter sakazakii	-	+	B	-
JIF16061	Acinetobacter baumannii	-	-	A	-
JIF16064	Acinetobacter baumannii	-	+	B	-
JIF16068	Acinetobacter baumannii	-	+	B	-
JIF16069	Acinetobacter baumannii	-	-	A	-
JIF16072	Acinetobacter baumannii	-	+	B	-
JIF16073	Enterobacter hormaechei	-	+	B	-

음식물쓰레기로부터 분리된 균주의 효소 활성도 DB 구축

No	Strain name	Enzyme activity[1]			
		A[2]	P	L[3]	C
JIF16207	Raoultella omithinolytica	-	-	B	+
JIF16209	Raoultella omithinolytica	+	++	B	-
JIF16213	Paenibacillus lautus	-	-	B	+
JIF16217	Lactococcus lactis	-	+	B	-
JIF16219	Raoultella omithinolytica	-	+	B	-

No	Strain name	Enzyme activity[1]			
		A[2]	P	L[3]	C
JIF16226	Acinetobacter oleivorans	-	+	B	-
JIF16237	Enterobacter ludwigii	-	++	B	-
JIF16238	Serratia marcescens	+	+	A	-
JIF16241	Raoultella omithinolytica	+	-	A	-
JIF16245	Acinetobacter oleivorans	-	+	B	-

된장으로부터 분리된 균주의 효소 활성도 DB 구축

No	Strain name	Enzyme activity[1]			
		A[2]	P	L[3]	C
JIF17601	Bacillus amyloliquefaciens	++	++	A	++
JIF17603	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17604	Bacillus amyloliquefaciens	++	++	A	++
JIF17606	Bacillus amyloliquefaciens	++	++	A	++
JIF17607	Bacillus amyloliquefaciens	++	++	A	++
JIF17609	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17611	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17612	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17614	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17615	Bacillus subtilis	++	++	A	++

No	Strain name	Enzyme activity[1]			
		A[2]	P	L[3]	C
JIF17617	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17683	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17687	Bacillus subtilis	+	++	A	++
JIF17688	Bacillus amyloliquefaciens	++	++	A	++
JIF17691	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17692	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17694	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17695	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17754	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17760	Bacillus siamensis	++	++	A	++

고추장으로부터 분리된 균주의 효소 활성도 DB 구축

No	Strain name	Enzyme activity[1]			
		A[2]	P	L[3]	C
JIF17619	Bacillus amyloliquefaciens	++	++	A	++
JIF17622	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17623	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17624	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17625	Bacillus siamensis	++	++	A	++
JIF17626	Bacillus amyloliquefaciens	++	++	A	++
JIF17630	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17633	Bacillus subtilis	++	++	A	++

No	Strain name	Enzyme activity[1]			
		A[2]	P	L[3]	C
JIF17698	Bacillus amyloliquefaciens	++	++	A	++
JIF17699	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17706	Bacillus siamensis	++	++	A	++
JIF17710	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17764	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17766	Bacillus amyloliquefaciens	++	++	A	++
JIF17768	Bacillus siamensis	++	++	A	++
JIF17771	Bacillus subtilis	++	++	A	++

젓갈로부터 분리된 균주의 효소 활성도 DB 구축

No.	Strain name	Enzyme activity[1]			
		A[2]	P	L[3]	C
JIF17644	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17648	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17656	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17657	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17714	Bacillus amyloliquefaciens	++	++	A	++
JIF17718	Bacillus safensis	++	++	A	++
JIF17722	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17727	Bacillus siamensis	++	++	A	++
JIF17728	Bacillus amyloliquefaciens	++	++	A	++
JIF17729	Bacillus subtilis	++	++	A	++

No.	Strain name	Enzyme activity[1]			
		A[2]	P	L[3]	C
JIF17775	Bacillus licheniformis	++	++	A	++
JIF17780	Bacillus licheniformis	++	++	A	++
JIF17782	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17783	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17784	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17787	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17792	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17793	Bacillus licheniformis	++	++	A	++
JIF17794	Bacillus licheniformis	++	++	A	++

갯벌로부터 분리된 균주의 효소 활성도 DB 구축

No.	Strain name	Enzyme activity[1]			
		A[2]	P	L[3]	C
JIF17741	Bacillus megaterium	+	++	A	-
JIF17743	Bacillus megaterium	+	++	A	-
JIF17748	Bacillus koreensis	++	++	B	-
JIF17795	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17796	Bacillus stratosphericus	-	++	A	++
JIF17800	Bacillus siamensis	++	++	A	++
JIF17801	Bacillus megaterium	-	++	A	-
JIF17802	Bacillus megaterium	-	++	A	-
JIF17803	Bacillus licheniformis	-	+	A	++
JIF17804	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17805	Bacillus stratosphericus	-	++	A	++
JIF17806	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17807	Bacillus siamensis	-	++	B	++

모래로부터 분리된 균주의 효소 활성도 DB 구축

No.	Strain name	Enzyme activity[1]			
		A[2]	P	L[3]	C
JIF17681	Bacillus megaterium	++	++	A	-
JIF17682	Bacillus aryabhattai	++	++	A	-
JIF17752	Bacillus megaterium	++	++	A	-
JIF17753	Bacillus megaterium	++	++	A	-
JIF17808	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF17810	Bacillus megaterium	++	++	A	-
JIF17811	Bacillus megaterium	+	++	A	-
JIF17812	Bacillus subtilis	++	++	A	++

토양으로부터 분리된 균주의 효소 활성도 DB 구축

No.	Strain name	Enzyme activity[1]			
		A[2]	P	L[3]	C
JIF18009	Bacillus stratosphericus	-	+	A	+
JIF18012	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF18019	Paenibacillus lupini	++	++	A	++
JIF18020	Bacillus thuringiensis	+	++	A	+
JIF18022	Bacillus stratosphericus	+	+	B	+
JIF18025	Bacillus wiedmannii	-	++	A	+
JIF18027	Bacillus subtilis	++	++	A	+
JIF18029	Bacillus megaterium	+	++	A	-
JIF18030	Bacillus megaterium	+	+	A	-
JIF18031	Bacillus wiedmannii	++	++	B	+
JIF18035	Bacillus stratosphericus	-	+	A	+
JIF18048	Bacillus stratosphericus	-	+	A	+
JIF18062	Bacillus zhangzhouensis	-	++	A	+
JIF18084	Bacillus stratosphericus	-	+	A	+
JIF18104	Serratia liquefaciens	-	++	A	+
JIF18106	Bacillus amyloliquefaciens	++	++	A	++
JIF18108	Bacillus stratosphericus	-	+	A	++
JIF18109	Bacillus toyonensis	++	++	A	+
JIF18112	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF18114	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF18115	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF18118	Bacillus stratosphericus	-	+	A	+
JIF18119	Bacillus licheniformis	-	+	A	+
JIF18122	Bacillus licheniformis	-	+	A	++
JIF18124	Bacillus licheniformis	-	+	A	++

No.	Strain name	Enzyme activity[1]			
		A[2]	P	L[3]	C
JIF18125	Microbacterium foliorum	++	+	A	+
JIF18127	Bacillus stratosphericus	-	+	A	++
JIF18136	Bacillus wiedmannii	++	++	A	++
JIF18202	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF18203	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF18205	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF18209	Bacillus megaterium	+	++	A	-
JIF18210	Bacillus stratosphericus	-	+	A	++
JIF18216	Bacillus megaterium	+	++	A	-
JIF18218	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF18223	Bacillus stratosphericus	-	+	A	++
JIF18224	Bacillus wiedmannii	++	++	A	++
JIF18228	Bacillus megaterium	+	++	A	-
JIF18230	Bacillus glycinifermentans	-	+	A	++
JIF18231	Bacillus stratosphericus	-	+	A	++
JIF18232	Bacillus wiedmannii	++	++	A	+
JIF18240	Bacillus subtilis	+	++	A	++
JIF18242	Bacillus subtilis	++	++	A	++
JIF18243	Bacillus wiedmannii	++	++	A	++
JIF18244	Bacillus megaterium	+	++	A	-
JIF18044	Bacillus stratosphericus	-	+	B	+
JIF18085	Paenibacillus pabuli	+	-	B	+
JIF18146	Bacillus zhangzhouensis	-	-	A	++
JIF18156	Bacillus stratosphericus	-	-	A	+
JIF18208	Bacillus zhangzhouensis	-	+	B	++

1) Size of halo zone (++ 20~30mm / + less than 20mm / - trace)
2) A_amylase / C_cellulase / L_lipase / P_protease
3) A_Detection / B_Non-detection

특허균주 DB 구축

07

Strain name	Bacillus amyloliquefaciens		
JIF No.	JIF16003		
Kind	Bacteria	Year	2016
Source	Nuruk	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(+)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(+), Protease(++), Cellulase(+), Lipase(-)		

Strain name	Acinetobactor baumannii		
JIF No.	JIF16016		
Kind	Bacteria	Year	2016
Source	Nuruk	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(+)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(-), Protease(+), Cellulase(-), Lipase(+)		

Strain name	Enterobacter hormaechei		
JIF No.	JIF16045		
Kind	Bacteria	Year	2016
Source	Nuruk	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(+)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(-), Protease(+), Cellulase(-), Lipase(+)		

Strain name	Saccharomycopsis fibuligera		
JIF No.	JIF16040		
Kind	Eukaryota	Year	2016
Source	Nuruk	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(-), 50℃(-)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(+), Protease(+), Cellulase(-), Lipase(-)		

Strain name	Raoultella ornithinolytics		
JIF No.	JIF16209		
Kind	Bacteria	Year	2016
Source	Food waste	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(+)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(+), Protease(+), Cellulase(-), Lipase(-)		

Strain name	Serratia marcescens		
JIF No.	JIF16238		
Kind	Bacteria	Year	2016
Source	Food waste	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(-)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(+), Protease(+), Cellulase(-), Lipase(+)		

08

Strain name	Bacillus subtilis		
JIF No.	JIF17623		
Kind	Bacteria	Year	2017
Source	Gochujang	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(-)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(+), Protease(+), Cellulase(+), Lipase(+)		

Strain name	Bacillus amyloliquefaciens		
JIF No.	JIF17714		
Kind	Bacteria	Year	2017
Source	Jeotgal	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(-)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(+), Protease(+), Cellulase(+), Lipase(+)		

Strain name	Bacillus siamensis		
JIF No.	JIF17807		
Kind	Bacteria	Year	2017
Source	tidal flats	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(+)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(-), Protease(+), Cellulase(+), Lipase(-)		

Strain name	Bacillus licheniformis		
JIF No.	JIF17775		
Kind	Bacteria	Year	2017
Source	Jeotgal	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(-)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(+), Protease(+), Cellulase(+), Lipase(+)		

Strain name	Bacillus megaterium		
JIF No.	JIF17801		
Kind	Bacteria	Year	2017
Source	tidal flats	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(+)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(-), Protease(+), Cellulase(-), Lipase(+)		

Strain name	Bacillus stratosphericus		
JIF No.	JIF17796		
Kind	Bacteria	Year	2017
Source	tidal flats	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(+)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(-), Protease(+), Cellulase(+), Lipase(+)		

Strain name	Bacillus aryabhattai		
JIF No.	JIF17682		
Kind	Bacteria	Year	2017
Source	sand	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(-)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(+), Protease(+), Cellulase(-), Lipase(+)		

Strain name	Bacillus safensis		
JIF No.	JIF17718		
Kind	Bacteria	Year	2017
Source	Jeotgal	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(-)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(+), Protease(+), Cellulase(+), Lipase(+)		

Strain name	Bacillus stratosphericus		
JIF No.	JIF18127		
Kind	Bacteria	Year	2018
Source	Soils	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(+)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(-), Protease(+), Cellulase(+), Lipase(+)		

Strain name	Bacillus subtilis		
JIF No.	JIF18112		
Kind	Bacteria	Year	2018
Source	Soils	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(+)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(+), Protease(+), Cellulase(+), Lipase(+)		

Strain name	Bacillus thuringiensis		
JIF No.	JIF18020		
Kind	Bacteria	Year	2018
Source	Soils	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(+)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(+), Protease(+), Cellulase(+), Lipase(+)		

Strain name	Bacillus wiedmannii		
JIF No.	JIF18136		
Kind	Bacteria	Year	2018
Source	Soils	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(+)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(+), Protease(+), Cellulase(+), Lipase(+)		

Strain name	Bacillus megaterium		
JIF No.	JIF18244		
Kind	Bacteria	Year	2018
Source	Soils	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(+)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(+), Protease(+), Cellulase(-), Lipase(+)		

Strain name	Bacillus zhangzhouensis		
JIF No.	JIF18062		
Kind	Bacteria	Year	2018
Source	Soils	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(+)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(-), Protease(+), Cellulase(+), Lipase(+)		

Strain name	Bacillus amyloliquefaciens		
JIF No.	JIF18106		
Kind	Bacteria	Year	2018
Source	Soils	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(+)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(+), Protease(+), Cellulase(+), Lipase(+)		

Strain name	Bacillus toyonensis		
JIF No.	JIF18109		
Kind	Bacteria	Year	2018
Source	Soils	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(+)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(+), Protease(+), Cellulase(+), Lipase(+)		

Strain name	Bacillus licheniformis		
JIF No.	JIF18122		
Kind	Bacteria	Year	2018
Source	Soils	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(+)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(-), Protease(+), Cellulase(+), Lipase(+)		

Strain name	Bacillus glycinifermentans		
JIF No.	JIF18230		
Kind	Bacteria	Year	2018
Source	Soils	Temperature	30℃
내염, 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(+)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(-), Protease(+), Cellulase(+), Lipase(+)		

Strain name	Serratia liquefaciens		
균주 No	JIF18104		
Kind	Bacteria	Year	2018
Source	Soils	Temperature	30℃
내염 내열성	NaCl 5%(+), 50℃(+)	Media	Nutrient Broth
Enzyme activity	Amylase(-), Protease(+), Cellulase(+), Lipase(+)		

2. 리그닌 분해 미생물의 분리 및 유전체 분석

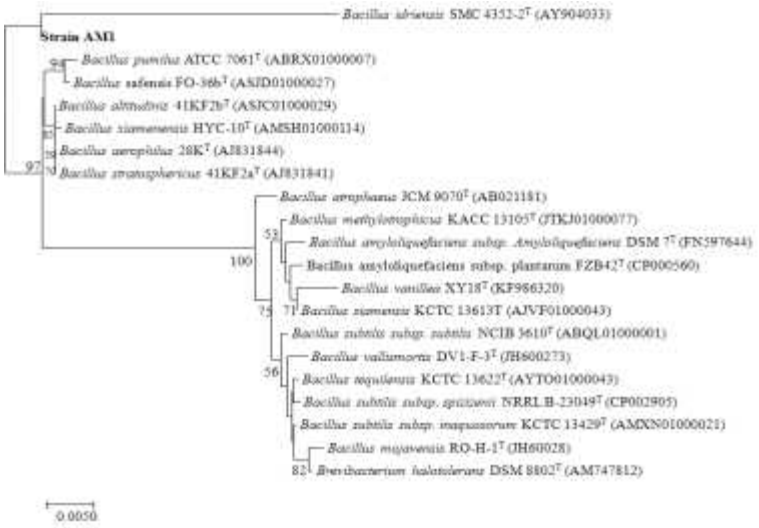
2.1 리그닌 분해 미생물 동정

○ 음식물쓰레기 속에 포함된 다양한 성분을 고려하여 가장 분해가 어려운 고분자량의 다량체(리그닌 유도체)를 대상으로 분해 미생물 32종을 퇴비로부터 분리하였음. 1% lignosulfonic acid, alkaline lignin, humic acid를 단일 탄소원으로 첨가한 최소영양배지에서 37 °C와 65 °C 조건에서 미생물을 분리하였음.

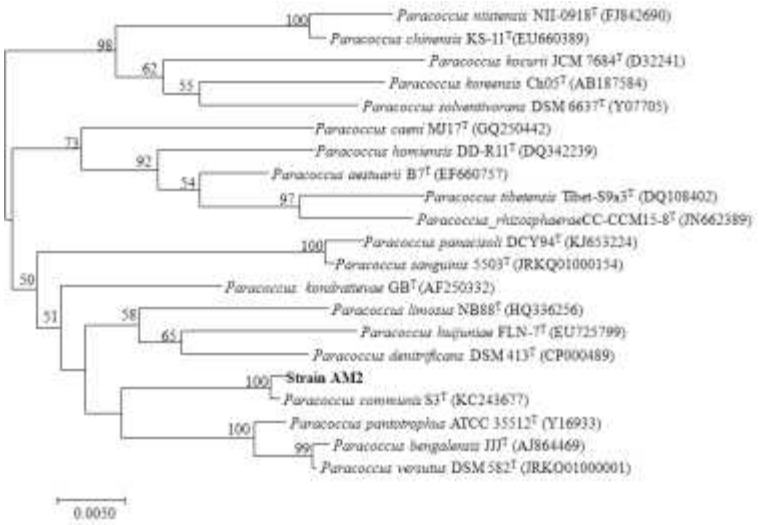
○ 분리된 미생물들의 16S rRNA 유전자를 PCR 증폭하여 염기서열을 결정하고 이 정보를 이용하여 미생물 동정을 실시하였음. GeneAll사의 genomic DNA extraction kit(GeneAll, Korea)를 이용하여 gDNA를 추출한 후 universal primer인 27f(AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG)와 1492r(GGT TAC CTT GTT ACG ACT T)를 이용하여 중합효소 연쇄 반응(PCR) 방법으로 16S rRNA 유전자를 증폭하였음. 증폭된 PCR 산물들은 ABI 3730XL(Applied Biosystems, CA)로 염기서열을 분석하고 미국국립생물공학정보센터에서 운영하는 GenBank 데이터베이스를 활용하여 분자생물학적 동정을 실시하였음. 그 결과, 아래 표와 같이 17종의 Bacillus, 1종의 Sphingobacterium, 1종의 Enterobacter, 3종의 Pseudomonas, 1종의 Acinetobacter, 1종의 Enterococcus, 1종의 Pantoea, 1종의 Paracoccus, 2종의 Ochrobactrum, 1종의 Staphylococcus, 3종의 Geobacillus 속으로 동정되었음.

<표 26> 16S rRNA 유전자를 이용한 분리균 동정결과

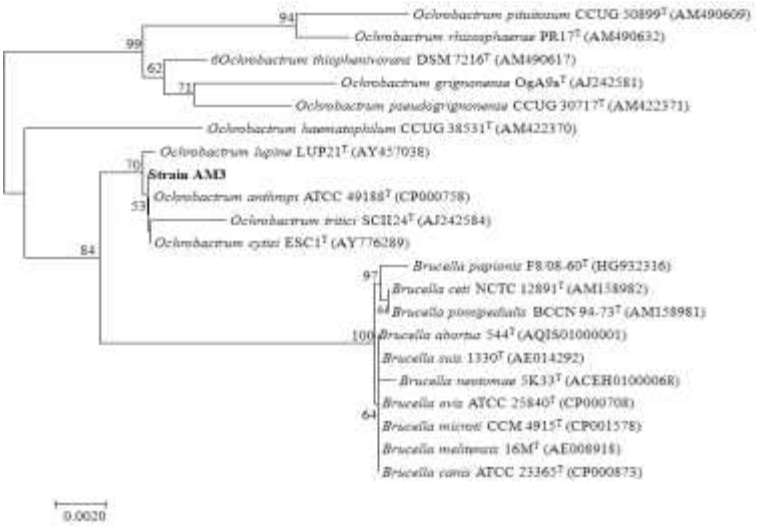
Isolate	Top-hit taxon	Top-hit strain	Family
AM1	Bacillus aerophilus	28K	Bacillaceae
AM2	Paracoccus communis	S3	Rhodobacteraceae
AM3	Ochrobactrum anthropi	ATCC 49188(T)	Brucellaceae
LM4	Bacillus cereus	ATCC14579(T)	Bacillaceae
LM5	Ochrobactrum anthropi	ATCC 49188(T)	Brucellaceae
AT6	Staphylococcus capitis	AT6	Staphylococcaceae
AT7	Geobacillus thermodenitrificans	R-35467	Bacillaceae
LT8	Geobacillus thermodenitrificans	NG80-2	Bacillaceae
HT9	Geobacillus thermodenitrificans	F84b	Bacillaceae
K1	Bacillus paralicheniformis	KJ-16(T)	Bacillaceae
K2	Sphingobacterium limentarium	WCC 4521(T)	Sphingobacteriaceae
K3	Bacillus siamensis	KCTC 13613(T)	Bacillaceae
K4	Enterobacter xiangfangensis	10-17(T)	Enterobacteriaceae
K5	Pseudomonas xanthomarina	DSM 18231(T)	Pseudomonadaceae
K6	Acinetobacter haemolyticus	CIP 64.3(T)	Moraxellaceae
K7	Enterococcus faecium	CGMCC 1.2136(T)	Enterobacteriaceae
K9	Pseudomonas alcaliphila	JCM 10630(T)	Pseudomonadaceae
K10	Pseudomonas alcaliphila	JCM 10630(T)	Pseudomonadaceae
K11	Bacillus cereus	ATCC 14579(T)	Bacillaceae
K12	Bacillus cereus	ATCC 14579(T)	Bacillaceae
K13	Bacillus aryabhattai	ATCC 14579(T)	Bacillaceae
K14	Bacillus marisflavi	ATCC 14579(T)	Bacillaceae
P1	Bacillus toyonensis	BCT-7112(T)	Bacillaceae
P3	Pantoearwandensis	LMG 26275(T)	Enterobacteriaceae
P4	Bacillus wiedmannii	FSL W8-0169(T)	Bacillaceae
P5	Bacillus wiedmannii	FSL W8-0169(T)	Bacillaceae
P6	Bacillus cereus	ATCC 14579(T)	Bacillaceae
P7	Bacillus megaterium	NBRC 15308(T)	Bacillaceae
P9	Bacillus cereus	ATCC 14579(T)	Bacillaceae
P10	Bacillus cereus	ATCC 14579(T)	Bacillaceae
P11	Bacillus megaterium	NBRC 15308(T)	Bacillaceae
P12	Bacillus wiedmannii	FSL W8-0169(T)	Bacillaceae



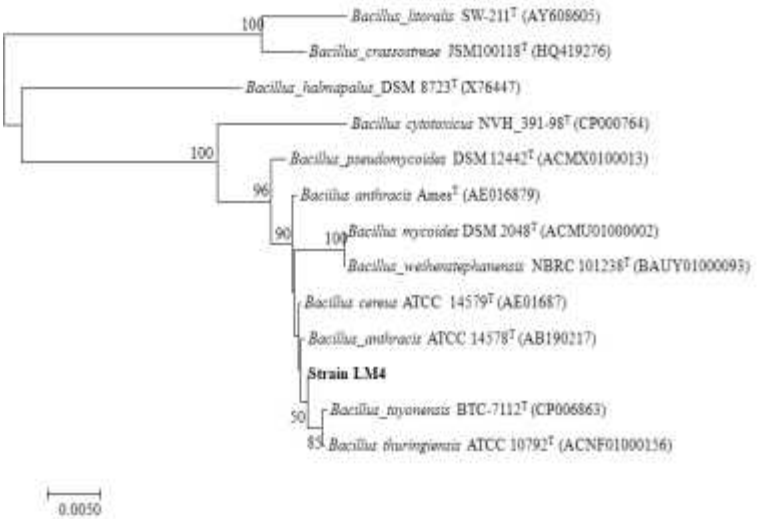
<그림 45> 16S rRNA 유전자를 이용한 분리균 AM1의 계통분류도



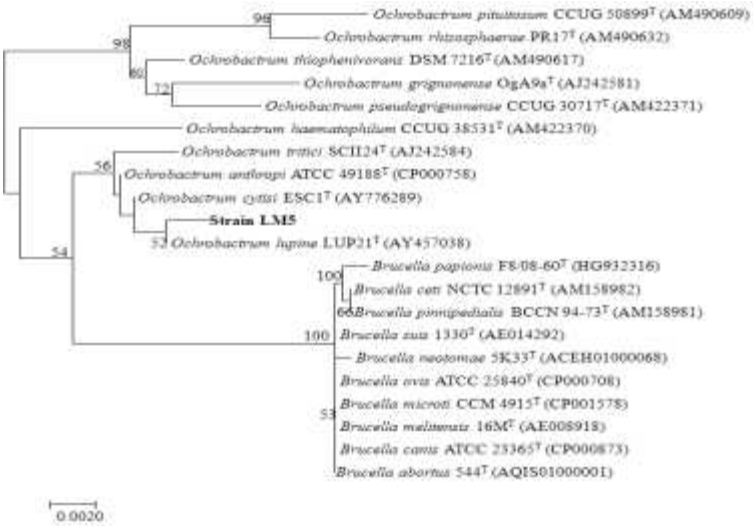
<그림 46> 16S rRNA 유전자를 이용한 분리균 AM2의 계통분류도



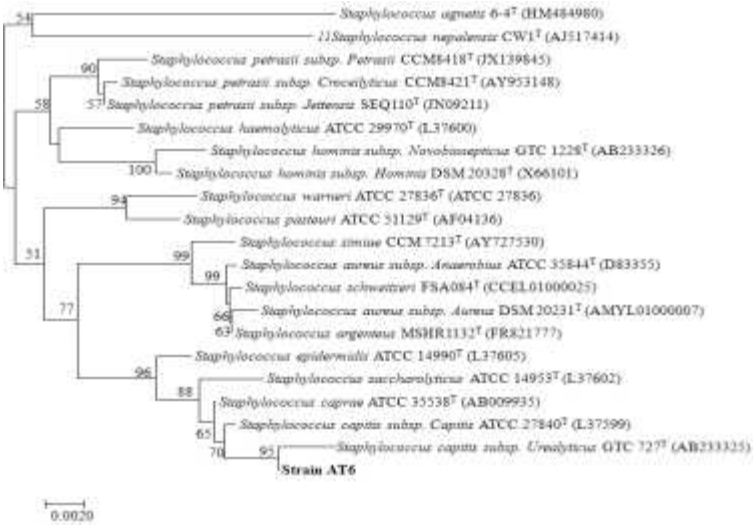
<그림 47> 16S rRNA 유전자를 이용한 분리균 AM3의 계통분류도



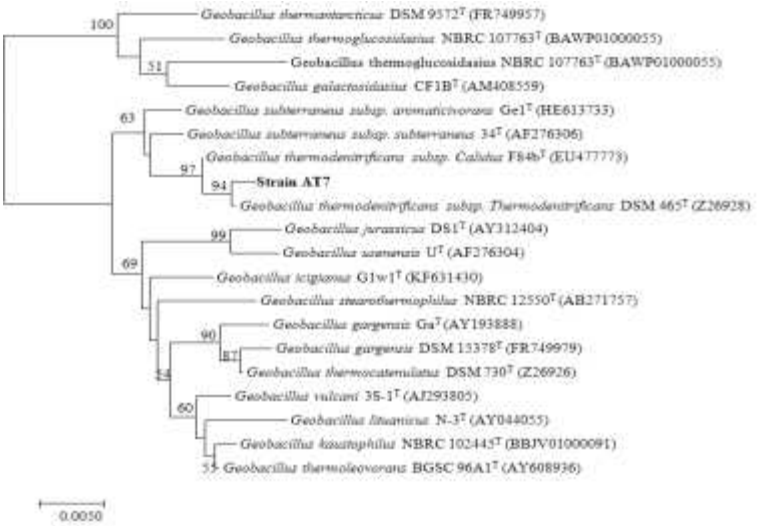
<그림 48> 16S rRNA 유전자를 이용한 분리균 LM4의 계통분류도



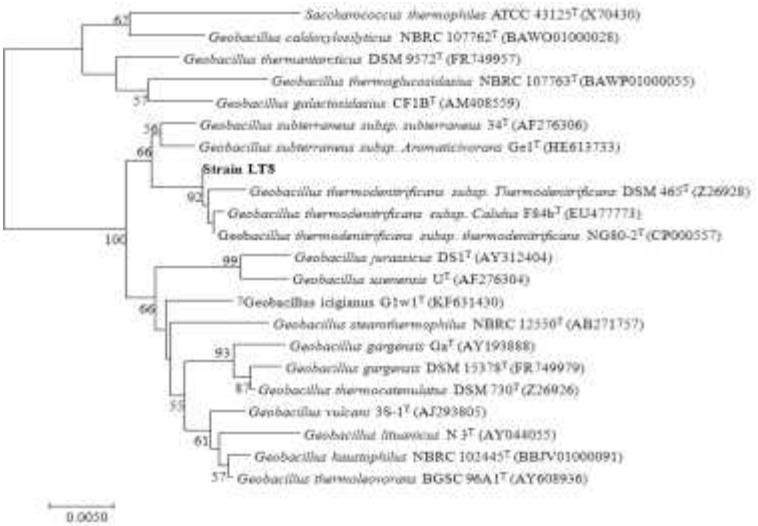
<그림 49> 16S rRNA 유전자를 이용한 분리균 LM5의 계통분류도



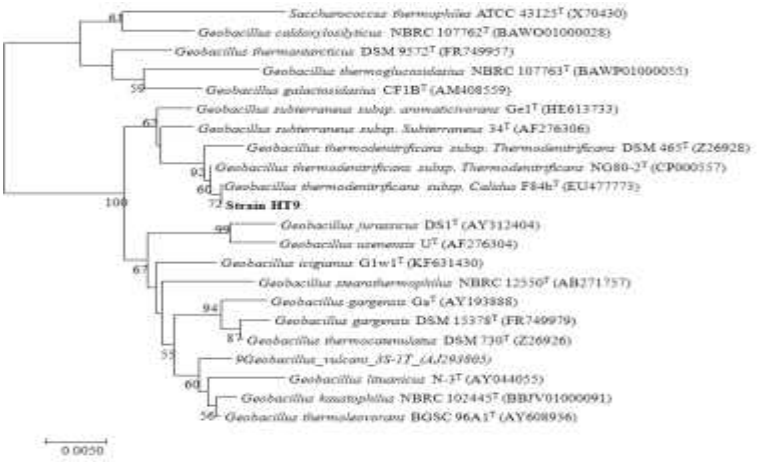
<그림 50> 16S rRNA 유전자를 이용한 분리균 AT6의 계통분류도



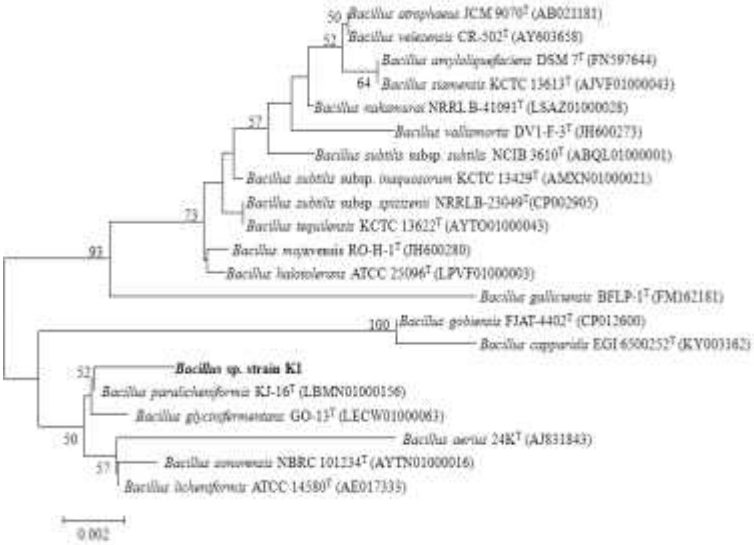
<그림 51> 16S rRNA 유전자를 이용한 분리균 AT7의 계통분류도



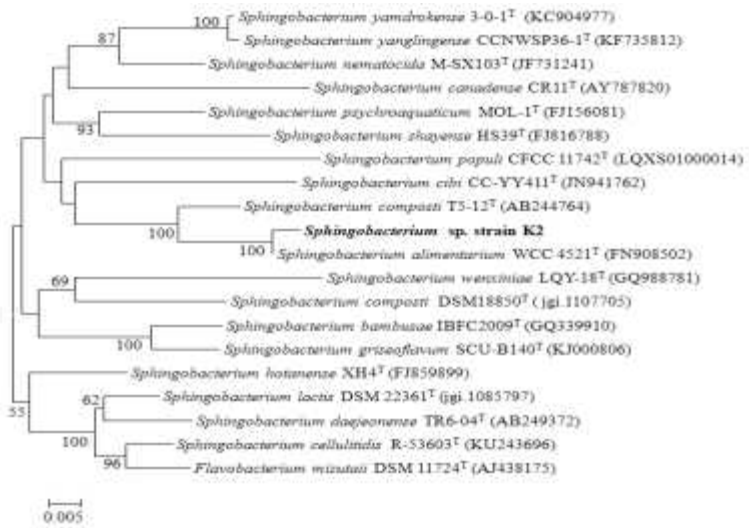
<그림 52> 16S rRNA 유전자를 이용한 분리균 LT8의 계통분류도



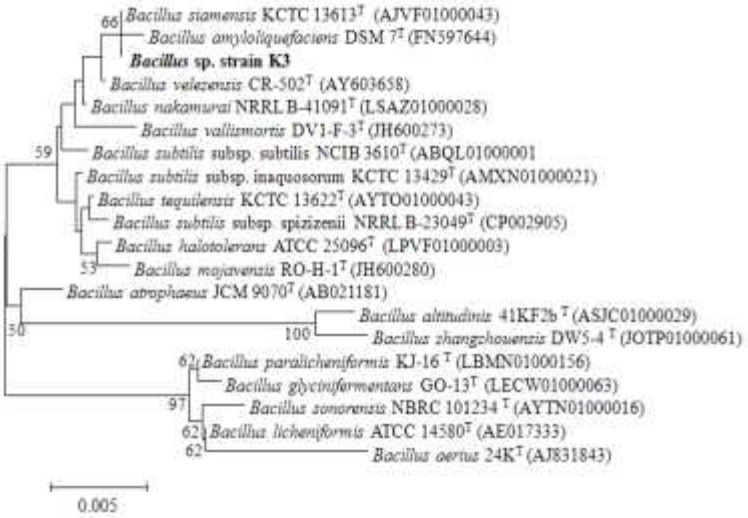
<그림 53> 16S rRNA 유전자를 이용한 분리균 HT9의 계통분류도



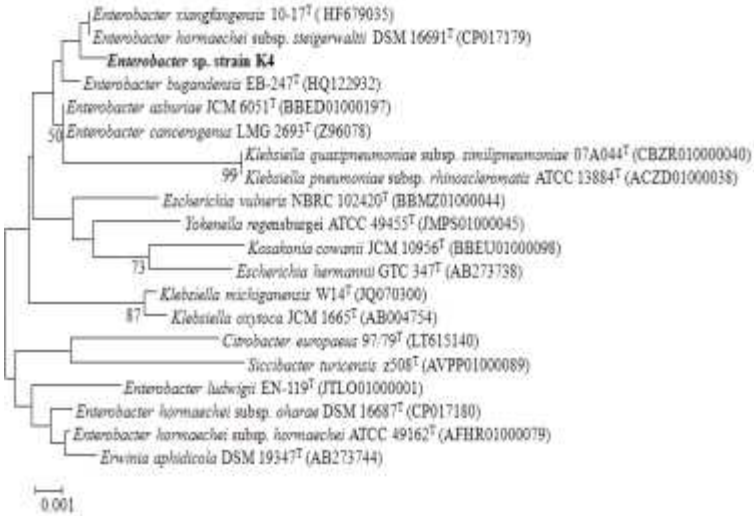
<그림 54> 16S rRNA 유전자를 이용한 Bacillus sp. K1의 계통분류도



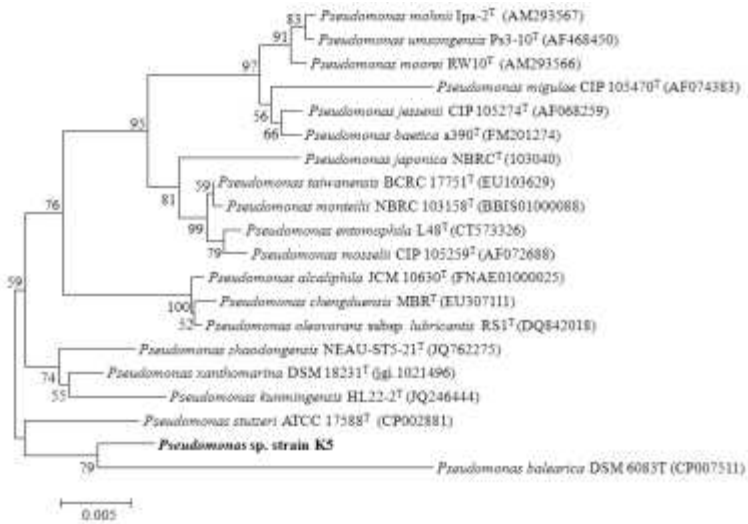
<그림 55> 16S rRNA 유전자를 이용한 Sphingobacterium sp. strain K2의 계통분류도



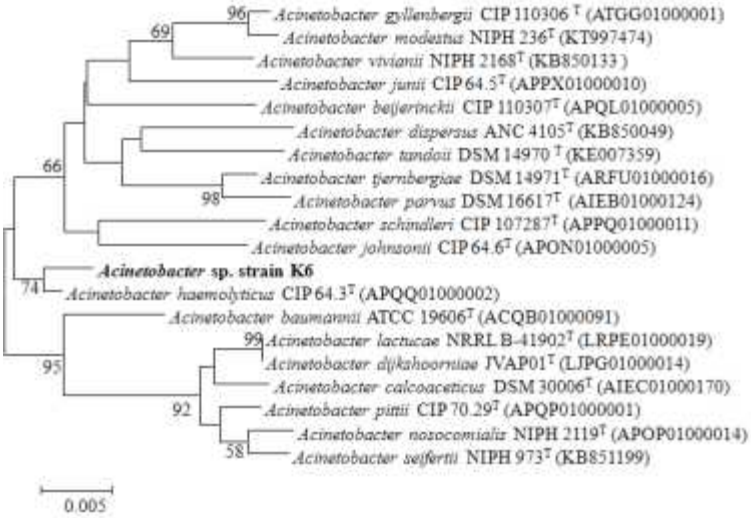
<그림 56> 16S rRNA 유전자를 이용한 Bacillus sp. strain K3의 계통분류도



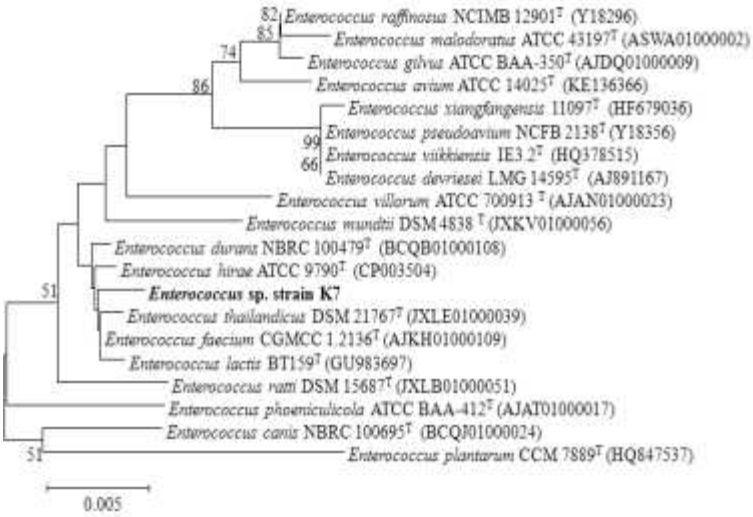
<그림 57> 16S rRNA 유전자를 이용한 Enterobacter sp. strain K4의 계통분류도



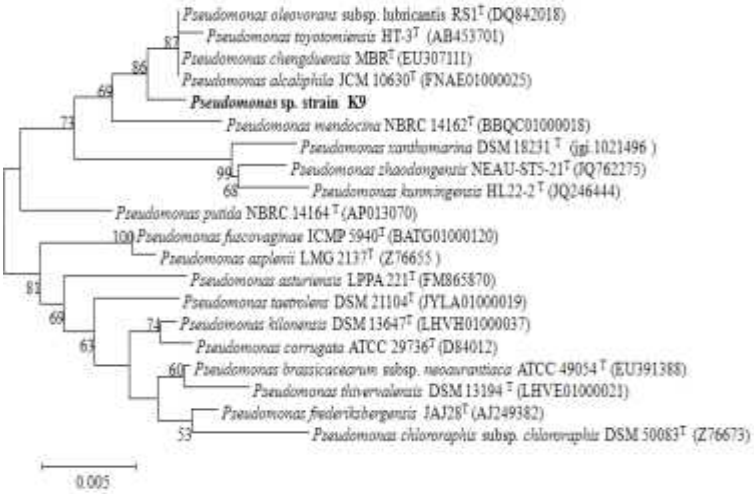
<그림 58> 16S rRNA 유전자를 이용한 Pseudomonas sp. strain K5의 계통분류도



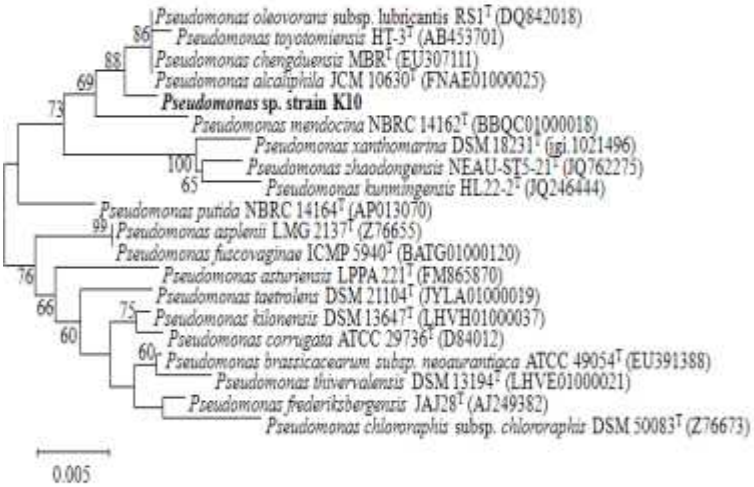
<그림 59> 16S rRNA 유전자를 이용한 Acinetobacter sp. strain K6의 계통분류도



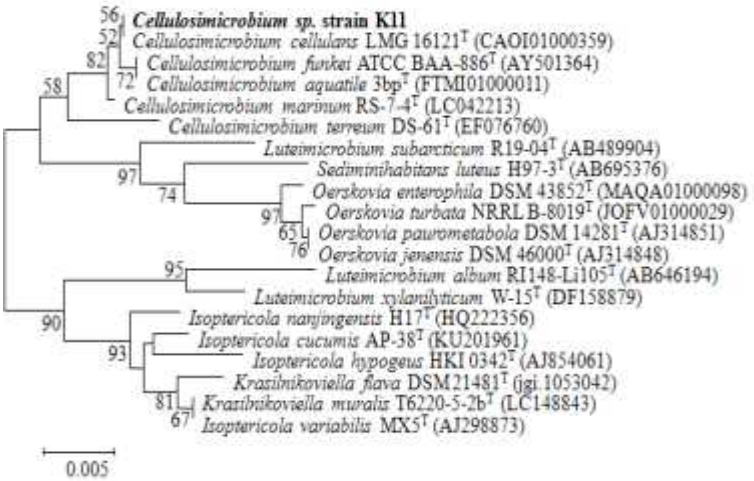
<그림 60> 16S rRNA 유전자를 이용한 Enterococcus sp. strain K7의 계통분류도



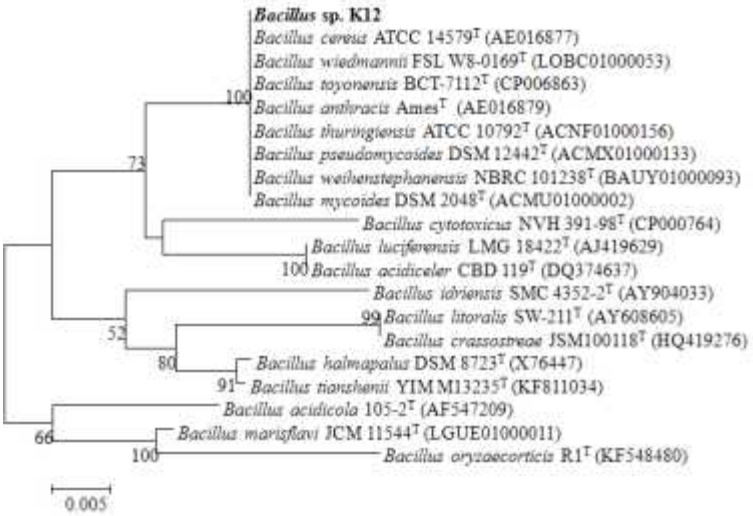
<그림 61> 16S rRNA 유전자를 이용한 Pseudomonas sp. strain K9의 계통분류도



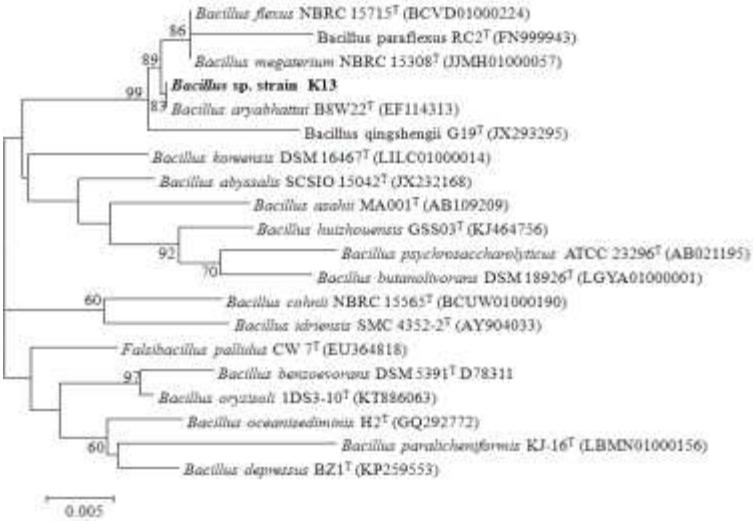
<그림 62> 16S rRNA 유전자를 이용한 Pseudomonas sp. strain K10의 계통분류도



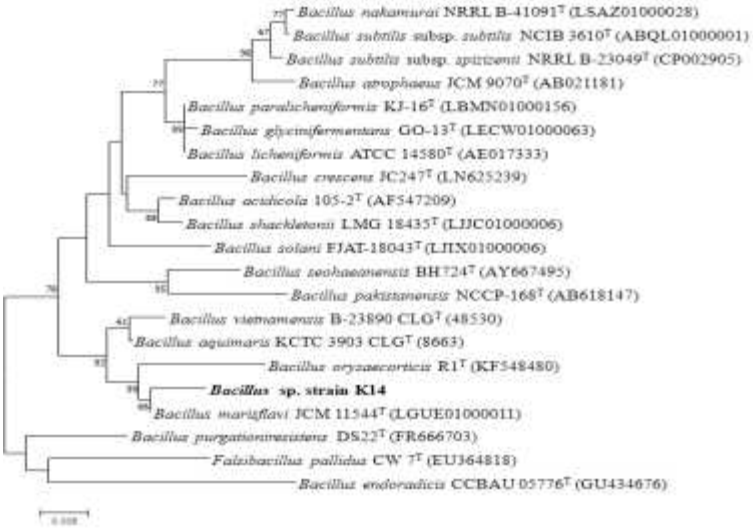
<그림 63> 16S rRNA 유전자를 이용한 Bacillus sp. strain K11의 계통분류도



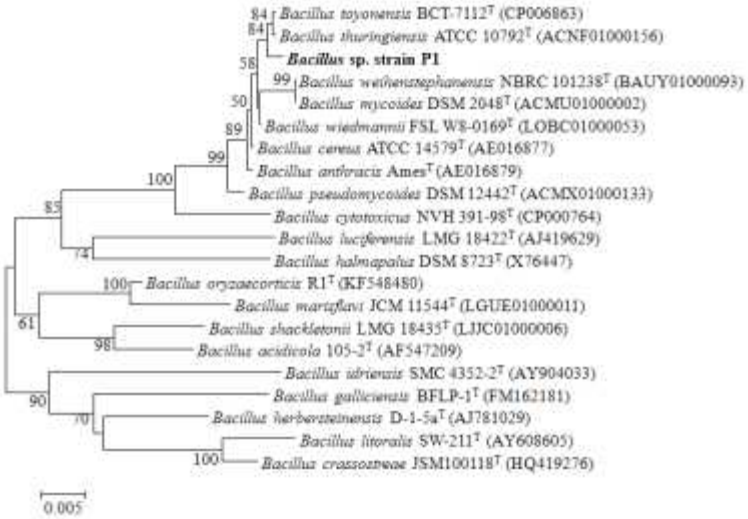
<그림 64> 16S rRNA 유전자를 이용한 Bacillus sp. K12의 계통분류도



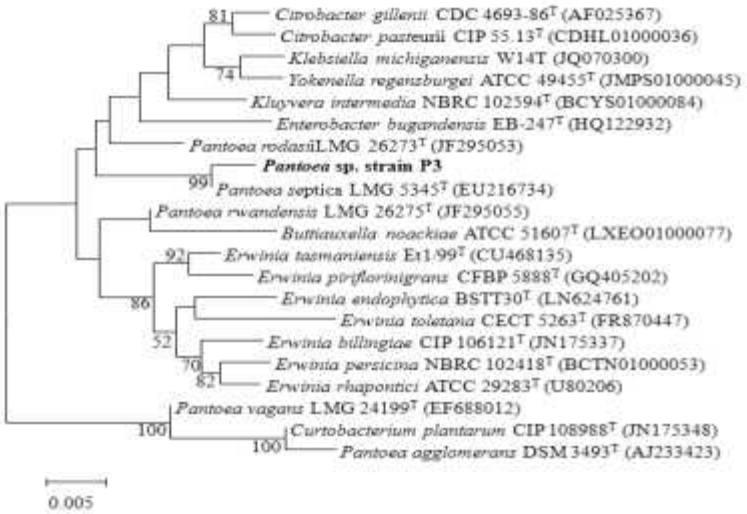
<그림 65> 16S rRNA 유전자를 이용한 Bacillus sp. K13의 계통분류도



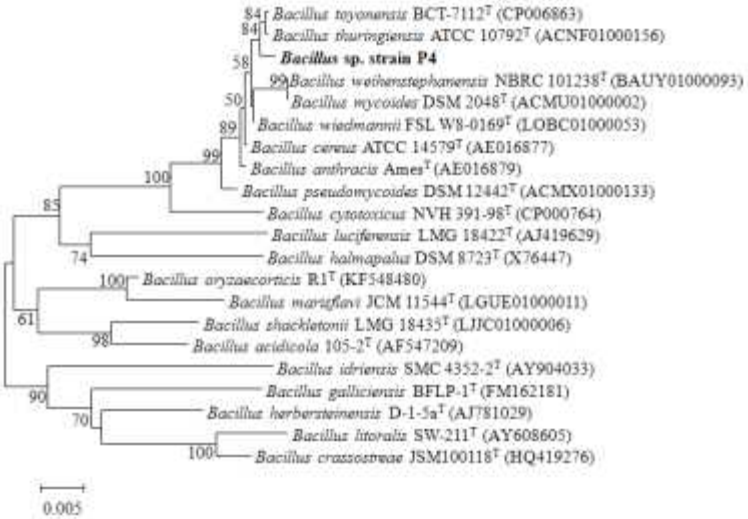
<그림 66> 16S rRNA 유전자를 이용한 Bacillus sp. K14의 계통분류도



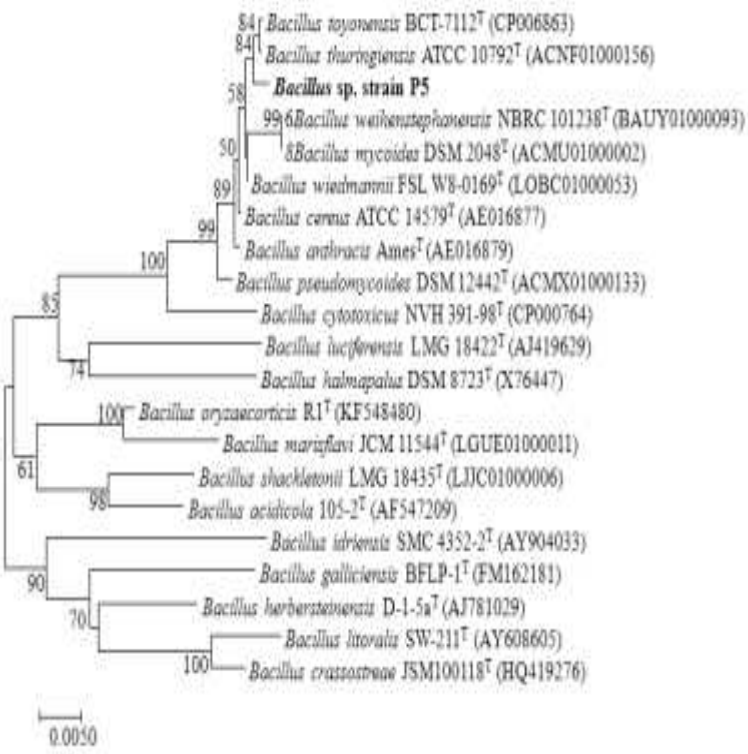
<그림 67> 16S rRNA 유전자를 이용한 Bacillus sp. P1의 계통분류도



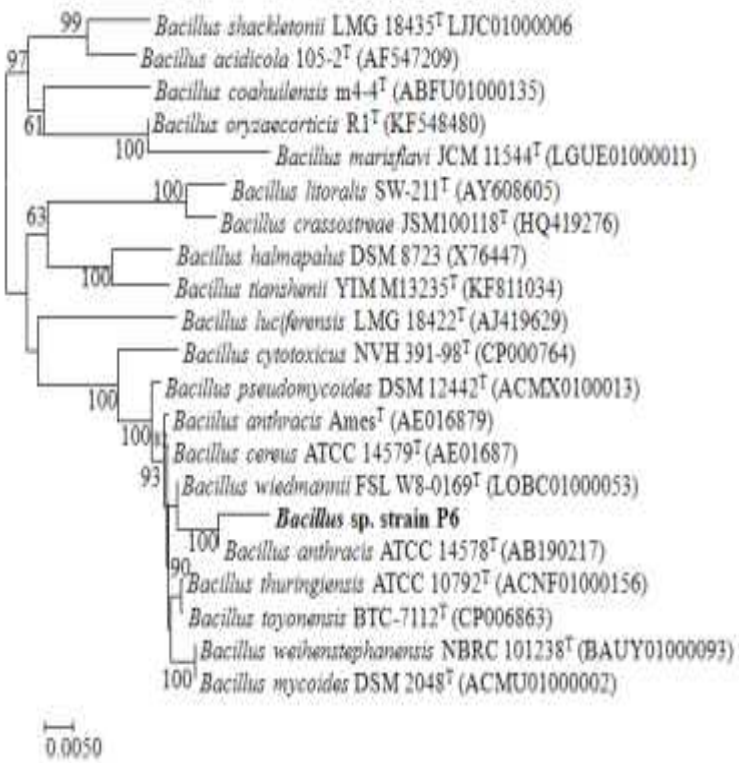
<그림 68> 16S rRNA 유전자를 이용한 Pantoea sp. strain P3의 계통분류도



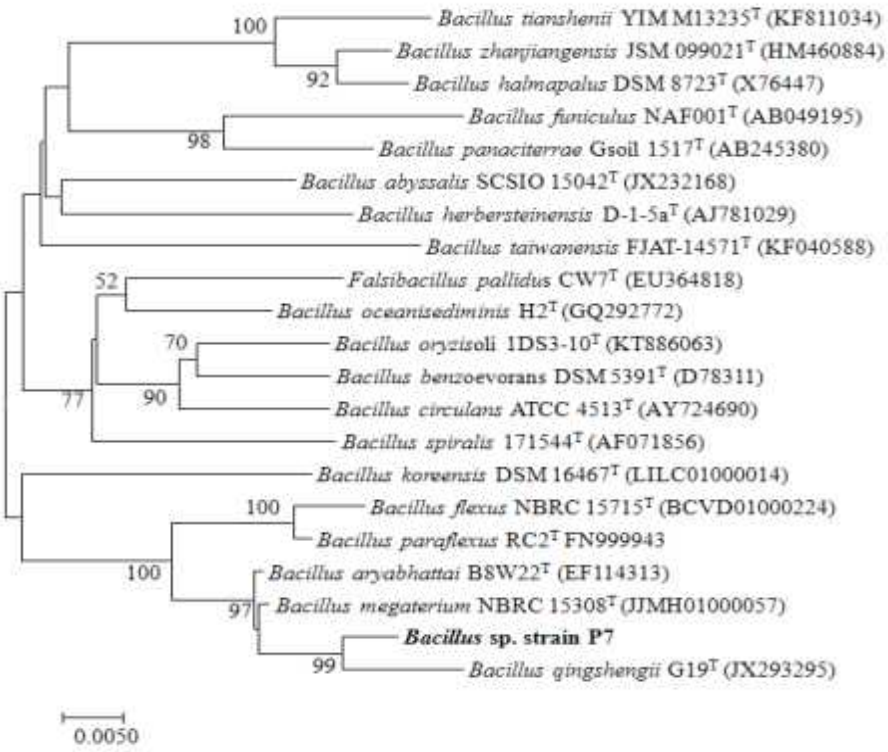
<그림 69> 16S rRNA 유전자를 이용한 Bacillus sp. P4의 계통분류도



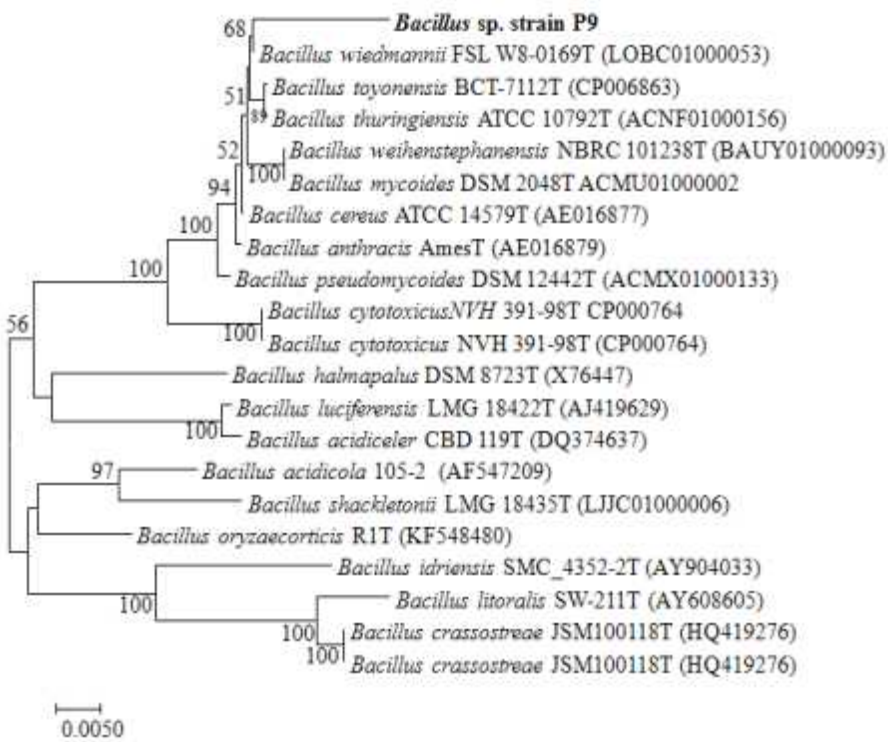
<그림 70> 16S rRNA 유전자를 이용한 Bacillus sp. P5의 계통분류도



<그림 71> 16S rRNA 유전자를 이용한 Bacillus sp. P6의 계통분류도



<그림 72> 16S rRNA 유전자를 이용한 Bacillus sp. P7의 계통분류도



<그림 73> 16S rRNA 유전자를 이용한 Bacillus sp. P9의 계통분류도

2.2 리그닌 분해 미생물의 생리학적 특성

○ 분리된 32종의 미생물에 대한 내염성을 확인하기 위하여 배양배지에 NaCl을 추가적으로 첨가하여 생장을 측정한 결과는 아래 표와 같음. 16종의 균주에서는 10%의 염 농도에서도 생장이 관찰되었으며 모든 균주들이 3%까지의 염 농도에 내염성을 나타내는 것으로 분석되었음.

<표 27> 분리균들의 내염성 측정

Isolates	NaCl (%)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AM1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
AM2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
AM3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—
LM4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—
LM5	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—
AT6	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
AT7	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
LT8	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
HT9	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
P1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
P3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
P4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—
P5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
P6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
P7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
P9	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
P10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
P11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
P12	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
K1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
K2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
K3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
K4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
K5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
K6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
K7	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—
K8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
K9	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—
K10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
K11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
K12	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
K13	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
K14	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

○ 분리된 32종의 미생물에 대하여 생장온도 범위를 조사한 결과는 아래 표와 같음. 음식물쓰레기 처리기의 일반적 운전온도인 상온(30~37 °C)을 기준으로 미생물의 대사활동에 의해 온도가 상승할 수 있는 50 °C와 65 °C에서 생장을 조사하였음. lignosulfonic acid를 이용하여 37 °C에서 성장하는 LM4, LM5 균주들이 분리되었으며 65 °C에서 성장하는 LT8 균주가 분리되었음. 또한 humic acid를 이용하여 65°C에서 성장하는 HT9 균주가 분리되었음. alkaline lignin을

이용하여 65 °C에서 성장하는 AT6, AT7, LT8 균주들이 분리되었으며 1종의 Pseudomonas (strain K10)만 50 °C 까지의 생장이 관찰되었음. AM1, AM2, AM3를 비롯한 표의 나머지 균주들은 37 °C에서만 성장하였음.

<표 28> 분리균들의 온도에 따른 생장

Isolates	Temperature (°C)			
	30	37	50	65
AM1	+	+	—	—
AM2	+	+	—	—
AM3	+	+	—	—
LM4	+	+	—	—
LM5	+	+	—	—
AT6	+	+	+	+
AT7	+	+	+	+
LT8	+	+	+	+
HT9	+	+	—	—
P1	+	+	—	—
P3	+	+	—	—
P4	+	+	—	—
P5	+	+	—	—
P6	+	+	—	—
P7	+	+	—	—
P9	+	+	—	—
P10	+	+	—	—
P11	+	+	—	—
P12	+	+	—	—
K1	+	+	—	—
K2	+	+	—	—
K3	+	+	—	—
K4	+	+	—	—
K5	+	+	—	—
K6	+	+	—	—
K7	+	+	—	—
K8	+	+	—	—
K9	+	+	—	—
K10	+	+	+	—
K11	+	+	—	—
K12	+	+	—	—
K13	+	+	—	—
K14	+	+	—	—

○ 분리된 미생물에 대하여 리그닌 대사산물을 이용하여 생장을 측정한 결과는 아래 표와 같음. 리그닌은 고분자의 복잡한 구조로 구성되어 있으며 미생물에 의해 분해가 되면 아래 표의 물질들이 대사산물로 생성됨. 특히 ferulic acid, p-coumaric acid, syringic acid, gallic acid, sinappic acid는 가장 대표적인 대사산물로 알려져 있음. 이 화합물들은 많은 경우에서 3,4-dihydroxy benzoic acid를 경유하여 이산화탄소로 완전 산화된다고 알려져 있음. 분리균들 중 이 화합물들을 이용하여 생장하는 분리균들을 선발하여 5 mM 농도의 각 화합물에 대한 생장을 조사한 결과는 표와 같음.

<표 29> 분리균들의 방향족 탄화수소 분해능

Lignin derivatives	AM1	AM2	AM3	LM4	LM5	AT6	AT7	LT8	HT9	P6	P7	P11	K1	K3	K6	K13	K14
Lignosulfonic acid	+	+	++	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Alkaline lignin	+	+	++	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+
Humic acid	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Phenol	+	+	++	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Vanilic acid	+	+	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+
4-Hydroxybenzoate	+	+	++	++	+	+	+	+	+	++	++	++	++	++	++	++	+
Protocatachuate	+	+	++	++	+	+	+	+	+	++	++	++	++	++	++	+	+
4-Methoxybenzoate	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Guaiacol	+	+	++	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Vanillin	+	+	++	++	++	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-
Ferulic acid	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	++	-	++	++	-
P-Coumaric acid	+	+	++	++	++	+	+	+	+	-	++	++	-	++	++	++	-
Isovanillic acid	+	+	++	++	++	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	++	-
Coniferyl aldehyde	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	-
trans-Cinnamic acid	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	-	++	-

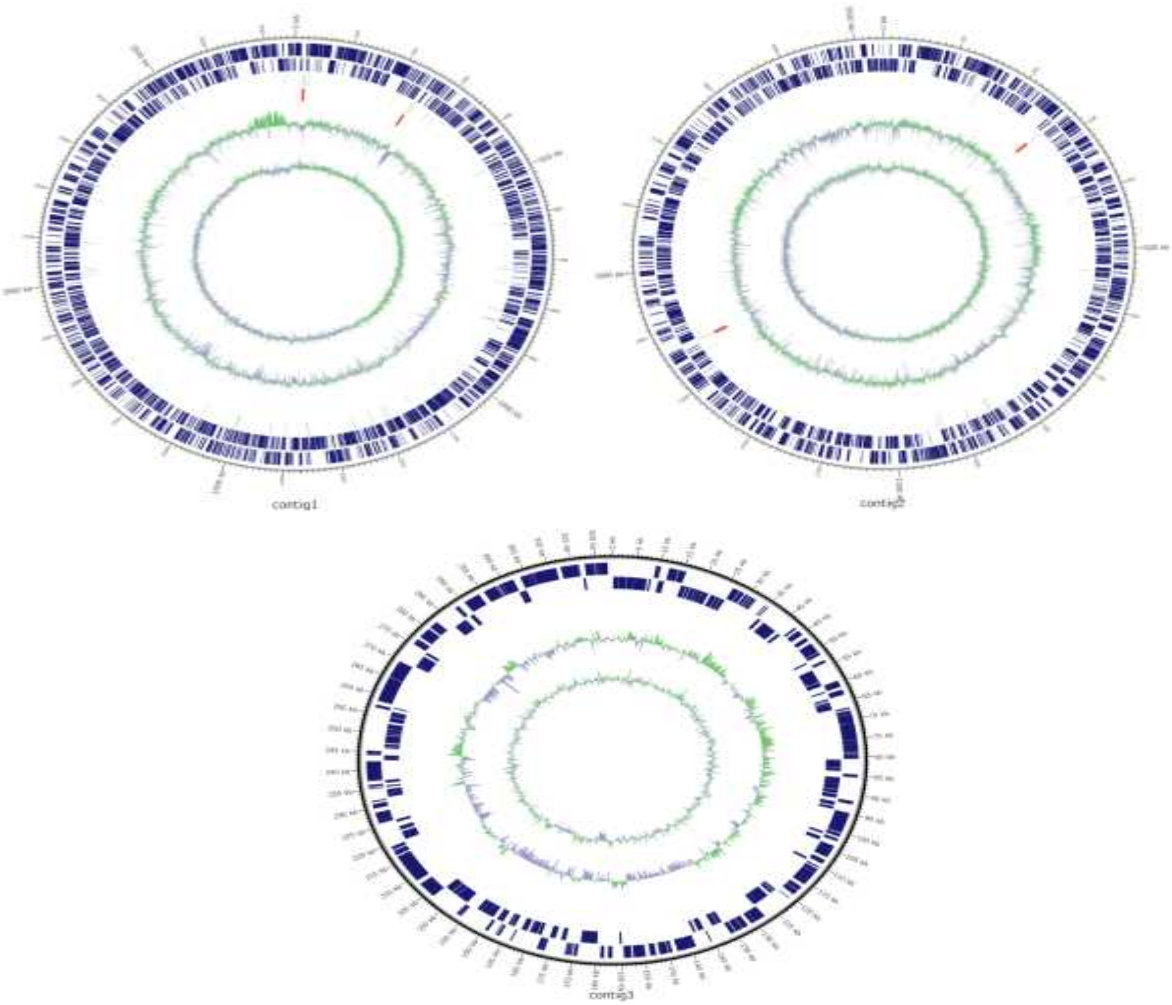
++, good growth; +,weak growth; -, no growth

2.3 Ochrobactrum anthropi AM3 균주의 유전체 분석

○ 리그닌 유도체 및 리그닌 대사산물을 이용한 생장이 분리균들 중에서 상대적으로 높게 관찰된 AM3 균주에 대해 유전체 분석을 실시하였음. DNA extraction kit (ExgeneTM Cell SV, GeneAll Biotechnology co., ltd., Korea)를 이용하여 AM3균주의 유전체 DNA를 추출하여 20 kb SMRTbell(TM) template library를 구축하는데 사용하였음. 유전체 염기서열 결정은 차세대 염기서열분석법인 PacBio RSII platform (Pacific Biosciences)으로 실시하였으며 유전체의 약 190배 정도 되는 총 974,551,597 bp를 결정하였음. 그리고 hierarchical genome assembly process (HGAP, v3.0)를 통해 염기서열을 재배열하여 3개의 contig (2,754,709 bp, 2,037,532 bp, and 323,461 bp)가 생산되었음. 이 결과, AM3 균주의 유전체는 56.2% G+C%로 구성된 5.11Mb 크기로 분석되었음.

<표 30> Ochrobactrum anthropi AM3 균주의 유전체 특성

Contig	Length (bp)	CDS	tRNA	rRNA
Contig 1	2,754,709	2,628	43	6
Contig 2	2,037,532	1,942	17	6
Contig 3	323,461	335	0	0
Total	5,115,702	4,905	60	12



<그림 74> 차세대염기서열분석으로 결정된 AM3 균주의 유전체 지도

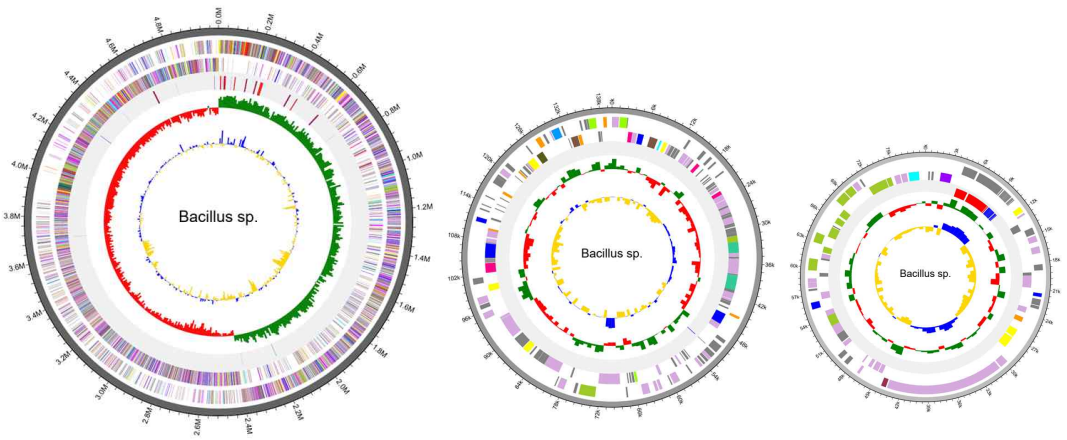
2.4 Bacillus aryabhattai K13 균주의 유전체 염기서열 분석

○ 리그닌 유도체 및 리그닌 대사산물을 이용한 생장이 분리균들 중에서 상대적으로 높게 관찰된 K13 균주를 유전체 분석을 위해 선발하였음. K13 균주는 그람양성이며 포자형성균임. 10%까지의 NaCl에 대해 내염성을 보이며 생장온도 범위는 20-45 ˚C이고 최적온도는 30 ˚C임. 운동성을 가지고 있으며 amylase, lipase, protease에 대한 활성을 나타내고 cellulase와 laccase에 대한 활성은 관찰되지 않거나 매우 낮은 활성을 보임. 특히, 분석대상으로 사용된 모든 방향족 탄화수소들에 대해 5mM 농도까지 분해능을 보임.

○ 유전체 분석은 다음과 같이 실시하였음. DNA extraction kit (ExgeneTM Cell SV, GeneAll Biotechnology co., ltd., Korea)를 이용하여 K13균주의 유전체 DNA를 추출하여 20 kb SMRTbell(TM) template library를 구축하는데 사용하였음. 유전체 염기서열 결정은 차세대염기서열분석법인 PacBio RSII platform (Pacific Biosciences)으로 실시하였으며 유전체의 약 124.26배 coverage에 해당되는 염기서열을 결정하였음. 그리고 hierarchical genome assembly process (HGAP, v3.0)를 통해 염기서열을 재배열하여 3개의 contig (5,035,815 bp, 139,863 bp, 78,572 bp)가 생산되었음. 이 결과, K13 균주의 유전체는 평균 38.17% G+C%로 구성된 5.25Mb 크기로 분석되었음. 각 contig들의 염기서열이 모두 원형화 되었으며 이것은 유전체 해독이 완성되었다는 것을 의미함.

<표 31> Bacillus aryabhattai K13 균주의 유전체 특성

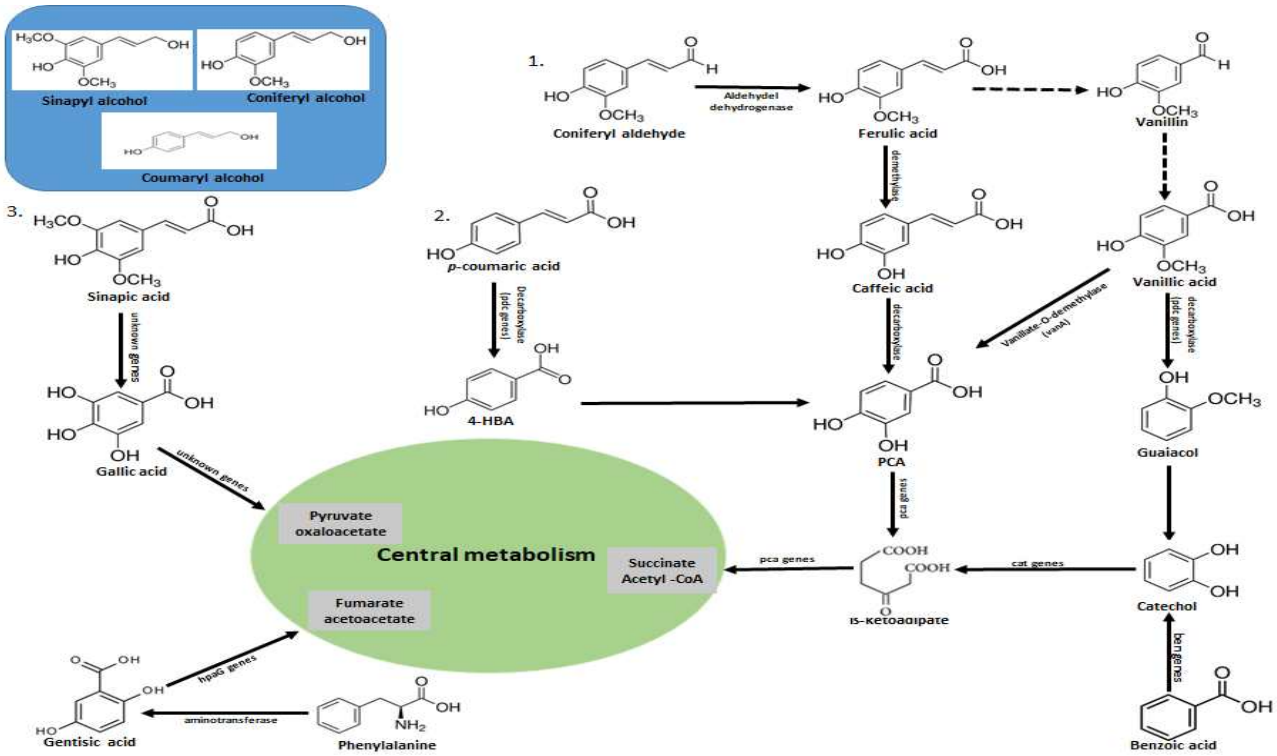
Contig	Length (bp)	CDS	tRNA	rRNA	G+C ratio
Contig 1	5,035,815	5,097	112	39	38.33
Contig 2	139,863	161	1	3	33.53
Contig 3	78,572	62	16	0	36.02
Total	5,254,250	5320	129	42	38.17



contig 1(chromosome) contig 2 (plasmid) contig 3 (plasmid)

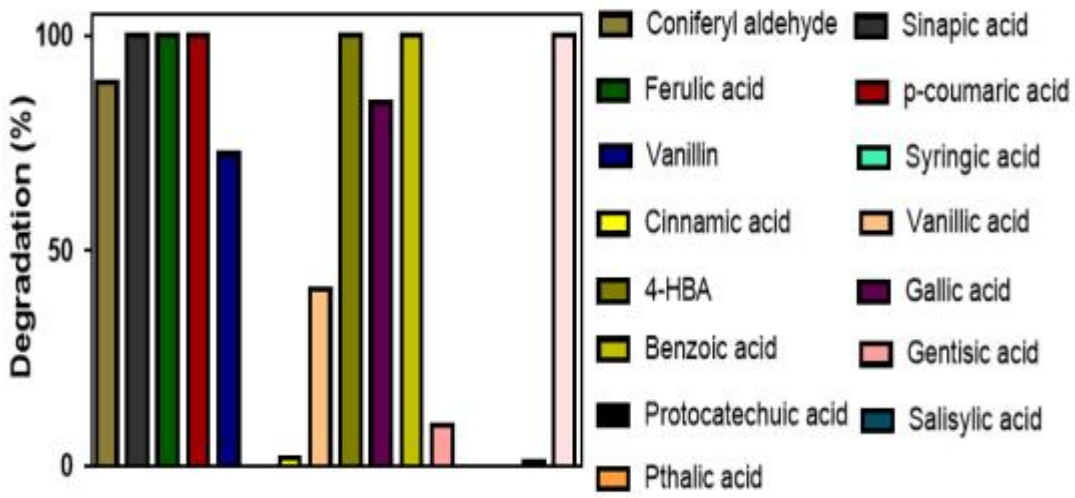
<그림 75> 차세대염기서열분석으로 결정된 K13 균주의 유전체 지도

○ K13 균주의 결정된 유전체를 분석을 통해 리그닌 유도체들의 대사경로를 파악하고자 하였음. KEGG를 이용하여 유전체를 분석한 결과, 아래와 같은 리그닌 유도체들의 대사에 관련된 유전자들이 검출되었으며 이를 바탕으로 대사경로를 추정할 수 있었음.



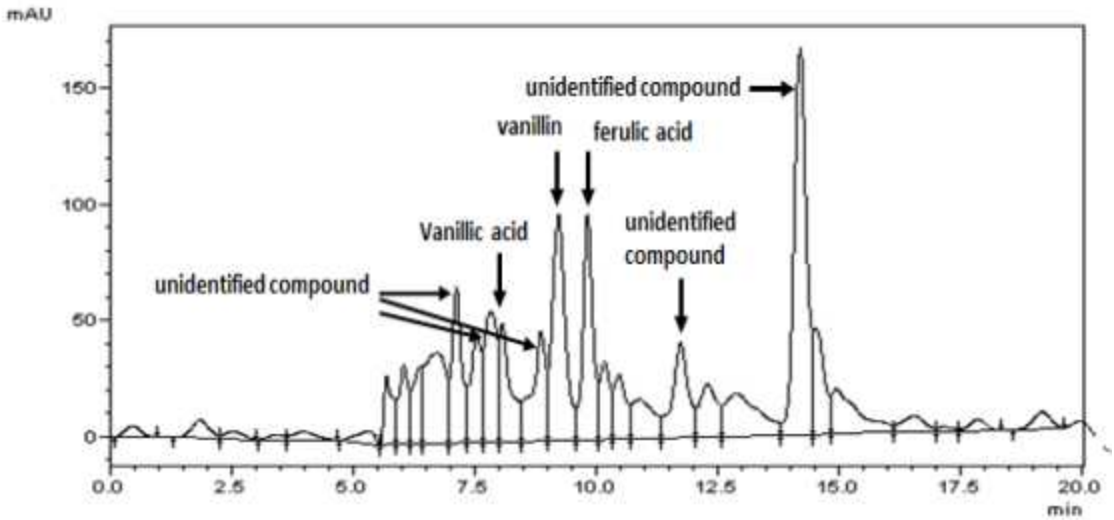
<그림 76> K13 균주 유전체를 KEGG로 분석한 리그닌 유도체들의 대사경로

○ 유전체 분석을 통해 분석된 유전자들의 활성을 검증하기 위해 리그닌 대사산물을 이용한 분해실험을 resting cell assay로 진행하였음. 그 결과, syringic acid, cinnamic acid, protocatechuic acid, salisylic acid 이외의 실험에 사용된 대사산물들에 대해 분해능이 있음을 HPLC를 통해 검증하였음. HPLC 분석을 위해 Shimadzu 사의 HPLC system(Shimadzu Instruments Co. Colombia, MD)을 이용하였음. resting cell assay 방법을 이용해 세포에 각 화합물들을 50mM phosphate buffer(pH 7.0)에 녹여 단일 탄소원으로 제공한 뒤 30 ˚C shaking incubator에 현탁시킨 뒤 필터하여 supernatant를 HPLC 기기로 분석하였음. 대사물질 분리를 위한 컬럼은 reverse-phase C18(25 cm)컬럼을 이용하고, 검출파장은 254 nm, 컬럼온도는 40 ˚C 분당유속은 500 μL, 이동상 용매로는 A용매로 acetonitrile, B용매로 100% MeOH를 사용하여 gradient 방식으로 분석하였음.



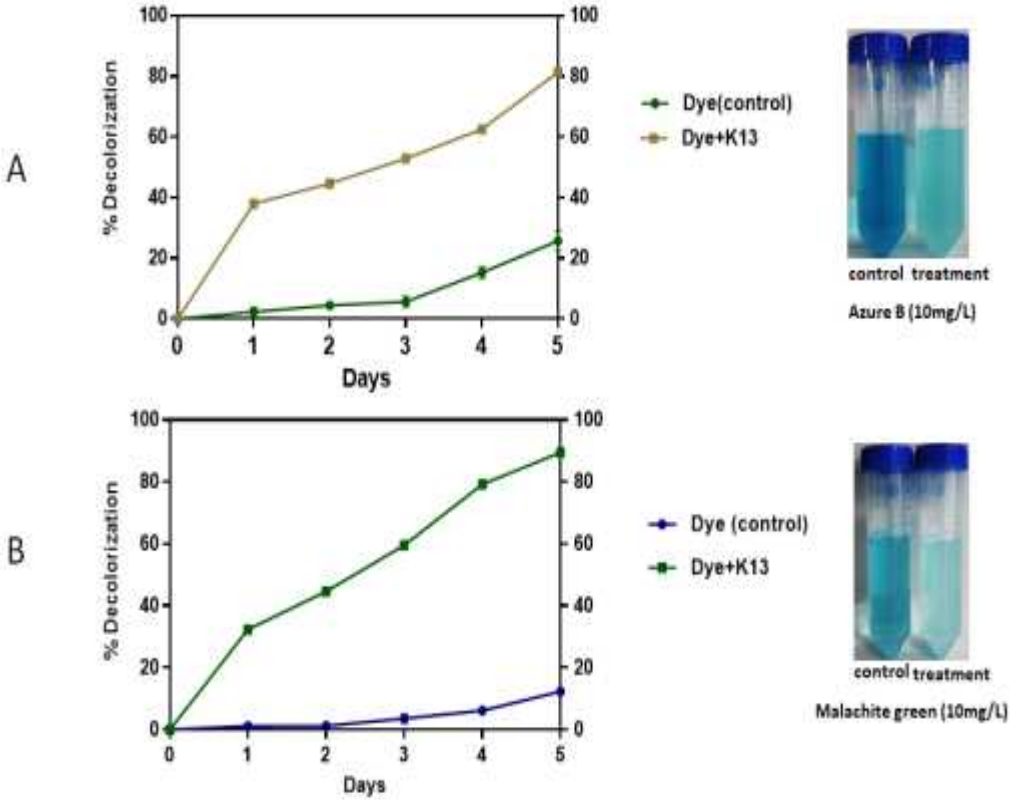
<그림 77> K13 균주의 리그닌 대사산물 분해 활성

○ ferulic acid를 탄소원으로 사용하여 배양한 후, 상등액을 ethyl acetate로 추출하여 HPLC로 분석한 결과는 아래 그림과 같음. 예측했던 vanillin, vanillic acid가 검출되었으나 이외에 알려지지 않은 대사산물들이 HPLC 상에 같이 검출되었음. 이에 대한 구조분석을 통해 대사경로를 검증할 필요가 있다고 사료됨.



<그림 78> K13 균주에 의한 ferulic acid 분해과정에서 생성된 대사산물

○ 또한 리그닌 분해활성을 대체하여 검증할 수 있는 염색시료의 탈색활성을 K13균주로 확인하였음. 아래 그림과 같이 Azure B와 malachite green에 대해 탈색활성을 확인할 수 있었음. 이를 위해 배양 상층액에 대해 spectrophotometer를 이용하여 흡광도를 측정함으로서 탈색활성을 검증할 수 있었음.

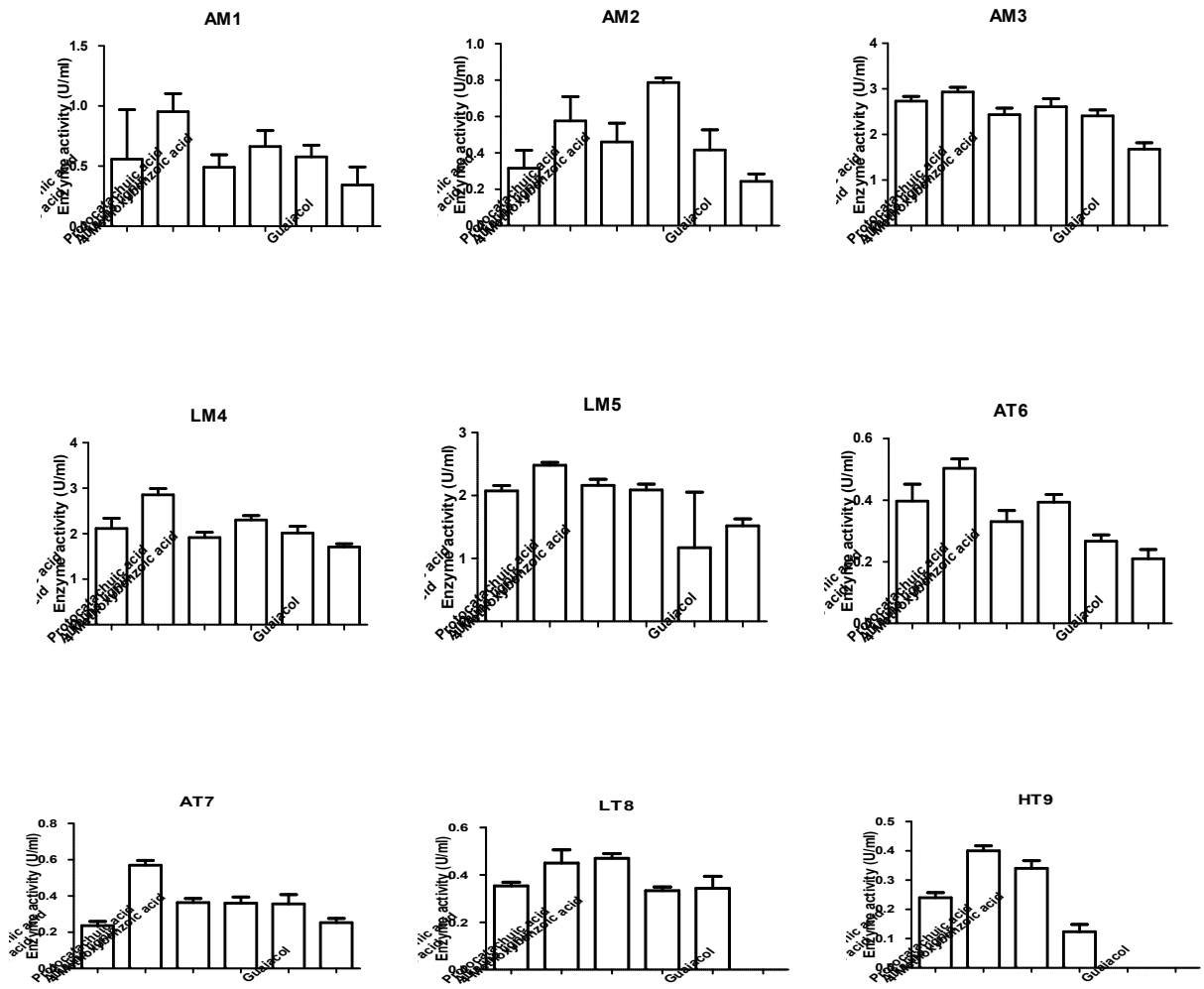


<그림 79> K13 균주에 의한 탈색 활성

2.5 리그닌 분해 관련 효소활성 분석

가. lignin peroxidase 활성

○ 리그닌 분해활성을 간접적으로 분석하기 위해 리그닌 분해에 중요한 역할을 하는 효소들인 lignin peroxidase, manganese peroxidase, laccase 활성을 분리균들로부터 측정하였음. 이를 위해 LB배지에서 전배양을 실시한 후 다음의 기질이 단일 탄소원으로 첨가된 최소영양배지에서 분리균들을 배양하였음: humic acid (0.1%), lignosulfonic acid (0.1%), alkaline lignin (0.1%), protocatchuic acid (2mM), 4-methoxybenzoic acid (2mM), guaiacol (2mM). 조효소액은 초음파 파쇄법을 이용하여 배양균으로부터 추출하였으며 이를 이용해 효소활성을 측정하였음.
○ lignin peroxidase 활성: 100 mM propanol, 250 mM tartaric acid, 10 mM H2O2 혼합액을 이용하여 조효소와 반응시킨 후 생성된 propanaldehyde를 spectrophotometer를 이용하여 300nm의 흡수파장을 측정하여 활성을 분석하였음.
○ 각 균주들의 기질에 따른 lignin peroxidase의 효소활성 결과는 아래 그림과 같음.

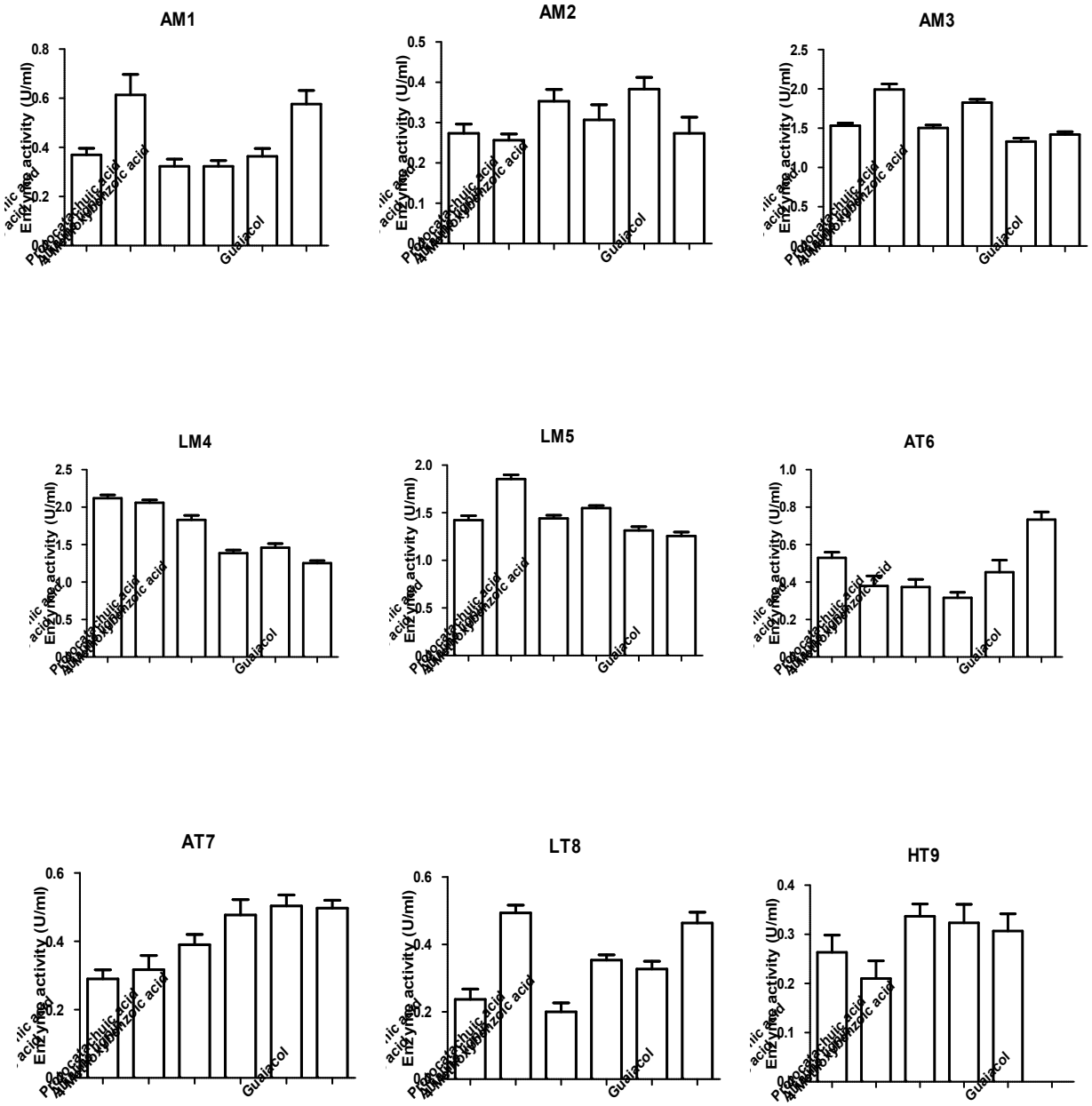


<그림 80>기질에 따른 분리균들의 lignin peroxidase 활성

나. manganese peroxidas 활성

○ manganese peroxidase 활성: 1 mM MnSO4, 50 mM H202, 2 mM guaiacol 혼합액을 이용하여 조효소와 반응시킨 후 guaiacol의 산화를 spectrophotometer로 465nm의 흡수파장을 측정함으로서 활성을 분석하였음.

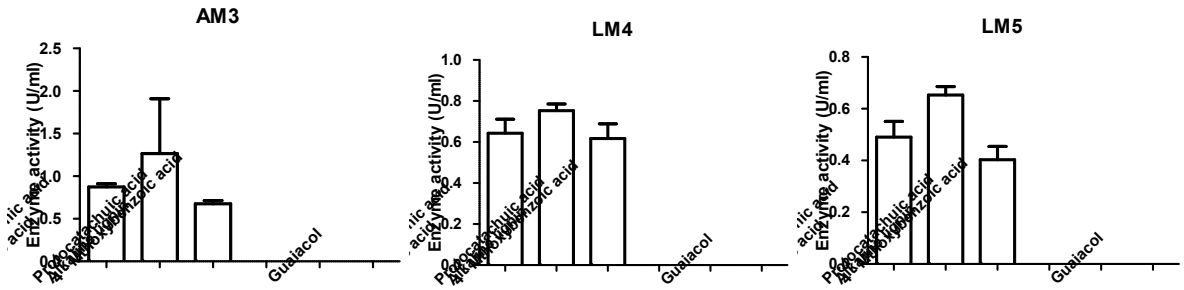
○ 각 균주들의 기질에 따른 manganese peroxidase의 효소활성 결과는 아래 그림과 같음.



<그림 81> 기질에 따른 분리균들의 manganese peroxidase 활성

다. laccase 활성

○ laccase 활성: 2,2′-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS)를 기질로 이용하여 효소와 반응시킨 후 420nm의 흡수파장을 측정하여 활성을 분석하였음.
○ 각 균주들의 기질에 따른 manganese peroxidase의 효소활성 결과는 아래 그림과 같음. 위 두 효소의 활성과는 다르게 laccase의 경우에는 AM3, LM4, LM5에서만 활성이 관찰되었으며 3 균주들에서도 humic acid, lignosulfonic acid, alkaline lignin을 기질로 사용한 경우에만 활성이 나타났음.



<그림 82> 기질에 따른 분리균들의 laccase 활성

라. amylase, protease, cellulase, lipase, laccase 활성 분석

○ 음식물쓰레기를 구성하고 있는 당, 단백질, 탄수화물, 지방, 리그닌의 분해에 관여하는 단백질 활성을 간접적으로 분석하기 위해 해당 효소들인 amylase, protease, cellulase, lipase, laccase 활성을 분리균들로부터 측정하였음. 이를 위해 LB배지에서 전배양을 실시한 후 다음의 기질이 단일 탄소원으로 첨가된 최소영양배지에서 분리균들을 배양한 후, 활성을 고체배지 상에서 검증하였음
○ amylase 활성: starch 1%가 함유된 starch agar (Difco)에 분리균을 48시간 배양하였음. 그리고 15ml iodine reagent (5g/l iodine and 50g/l KI in distilled water)를 배지 위에 처리한 후 1분 동안 정체하였음. 여분의 iodine reagent를 버린 후 clear zone의 직경을 Scan4000 기계를 사용하여 측정하였음.
○ protease 활성: 0.5% skim milk와 1.5% agar로 구성된 배지에 분리균을 48시간 배양하였음. 그리고 군집락 주변에 생성된 clear zone의 직경을 Scan4000 기계를 사용하여 측정하였음.
○ cellulase 활성: 0.5%의 CMC가 함유된 MSB 최소배지에 분리균을 48시간 배양하였음. 그리고 15ml congo red 염색시약(1mg/ml congo red, 1N NaCl)을 배지 위에 처리한 후 15분 동안 정체하였음. 1N NaCl로 1분 동안 탈색한 후, 증류수로 세척하였음. 그리고 생성된 clear zone의 직경을 Scan4000 기계를 사용하여 측정하였음.
○ lipase 활성: spirit blue agar(10g/l pancreatic digest of casein, 5g/l yeast extract, 0.15g/l spirit blue, 20g/l agar, 3%(v/v) Difco lipase reagent)에 분리균을 접종하여 48시간 배양하였음.

이때 기질로서 1% tween80을 사용하였음. 그리고 군집락 주변에 생성된 clear zone의 생성 유무로 활성을 결정하였음.

○ laccase 활성: 0.05mg/ml bromophenol blue가 함유된 MSB 최소배지에 분리균을 48시간 배양하였음. 그리고 군집락 주변에 생성된 clear zone의 생성 유무로 활성을 결정하였음.

<표 32> 분리균들의 방향족 탄화수소 분해능

Isolates	Activity				
	Amylase1	Protease1	Cellulase1	Lipase	Laccase
AM1	19	15	—	+	—
AM2	—	—	—	—	—
AM3	17	15	10	—	+
LM4	—	—	—	+	+
LM5	—	—	—	+	+
AT6	—	15	—	+	—
AT7	—	17	—	—	—
LT8	—	14	—	—	—
HT9	—	16	—	—	—
P1	19	15	—	+	+
P3	—	29	13	+	+
P4	21	12	—	+	—
P5	17	31	09	+	—
P6	17	32	10	+	—
P7	—	—	—	—	—
P9	16	34	12	+	—
P10	21	14	12	+	—
P11	—	24	—	+	—
P12	18	26	13	+	—
K1	—	29	11	+	—
K2	—	—	—	+	—
K3	18	22	09	+	—
K4	—	25	—	+	+
K5	—	—	—	+	—
K6	—	—	—	+	—
K7	—	—	—	+	—
K8	—	20	—	—	—
K9	—	14	—	+	—
K10	—	—	15	+	—
K11	15	—	11	—	—
K12	17	27	16	—	—
K13	29	24	—	+	—
K14	—	—	—	+	—

1) diameter of clear zone; +, activity; —, no activity

3. 마이크로 유용자원의 second metabolites 탐색

3.1 항균활성을 가진 균주 선별

가. 미생물의 항균활성 확인

1) 재료 및 방법

○ 유용미생물을 음식물쓰레기에 처리시 항균작용에 의하여 병원성 세균의 성장 발육을 억제하여 우점함으로써 항균성을 지닌 균주를 확인하기 위하여 항균활성 실험을 진행함. 유해균주로 Escherichia coli 와 Bacillus cereus를 사용하였으며 NA 배지에 Escherichia coli 와 Bacillus cereus를 도말하여 6mm paper disc를 올린 후 균주 배양액을 10 ㎕씩 분주 함. 30 ˚C 인큐베이터에 48시간동안 배양하여 clear zone의 크기를 측정함.

2) 실험결과

○ 미생물의 항균활성을 확인한 결과 Bacillus subtilis, Bacillus thuringiensis, Bacillus wiedmannii, Bacillus amyloliquefaciens, Bacillus licheniformis, Bacilllus glycinifermentans에서 Escherichia coli 에 대한 항균력을 보였으며, Bacillus subtilis, Bacillus amyloliquefaciens, Bacillus glycinifermentans에서 Bacillus cereus에 대한 항균력을 보임. 이 중 Escherichia coli 와 Bacillus cereus에서 clear zone이 가장 높은 Bacillus glycinifermentans와 Bacillus amyloliquefaciens를 선택하여 GC-MS 수행함.

<표 33> E. coli 및 Bacillus cereus에 대한 항균활성 측정 결과 (단위 : mm)

NO.	균주명	균주번호	E. coli	Bacillus cereus	비고
1	Bacillus stratosphericus	JIF18127	ND	ND	
2	Bacillus subtilis	JIF18112	10	8	
3	Bacillus thuringiensis	JIF18020	12	ND	
4	Bacillus wiedmannii	JIF18136	11	ND	
5	Bacillus megaterium	JIF18244	ND	ND	
6	Bacillus zhangzhouensis	JIF18062	ND	ND	
7	Bacillus amyloliquefaciens	JIF18106	8	14	
8	Bacillus toyonensis	JIF18109	ND	ND	
9	Bacillus licheniformis	JIF18122	9	ND	
10	Bacillus glycinifermentans	JIF18230	15	10	
11	Serratia liquefaciens	JIF18104	ND	ND	

* ND : Not Determined

3.2 균주 배양 및 fractionation

가. 재료 및 방법

1) 균주 배양 및 추출

○ 유용균주 2종을 nutrient broth 배지로 30 ˚C에서 24시간 배양한 후, 원심분리(8,000 rpm, 15 min)하여 상등액만을 취하여 실험에 사용.

2) 용매분획(solvent fractionation)

○ 유용균주의 배양여액을 원심분리하여 얻어진 균체를 제거한 배양여액(1 L)를 n-Hexane으로 분획 후 수용액을 Chloroform, Ethyl acetate, n-Butanol의 순서로 분획하였으며, 분획하 얻어진 각각의 n-Hexane fraction, Cholroform fraction, acetate fraction, n-Butanol fraction에 대하여 저온 감압 농축을 한 후 분석용 시료로 사용.

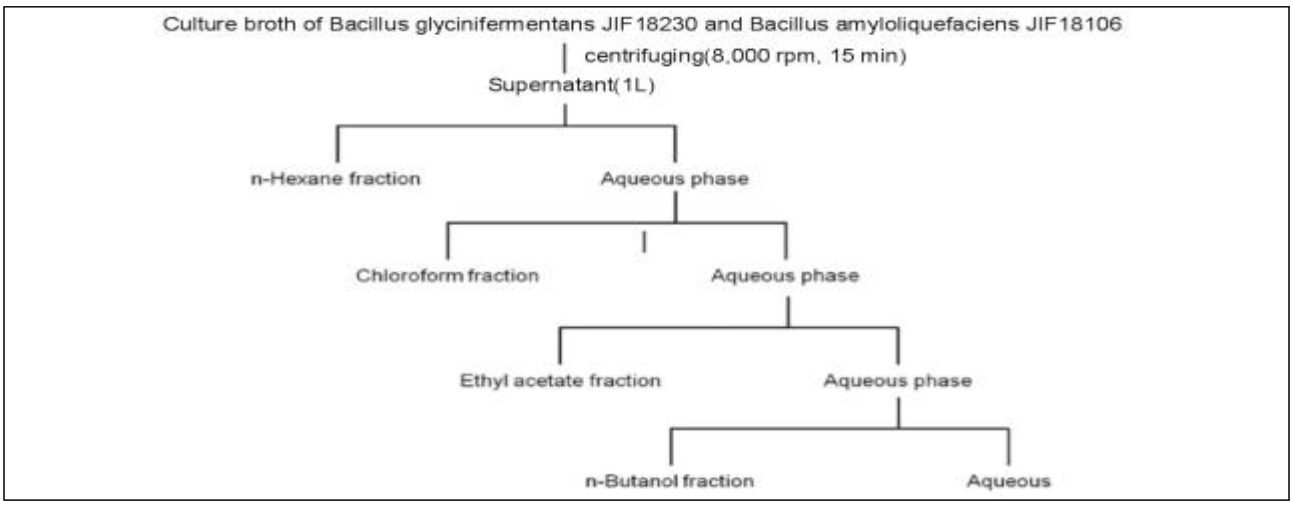
나. 실험 결과

1) 균주 배양 및 추출

○ 용매분획, Gas Chromatography-Mass Spectroscopy analysis 분석 시료로 이용됨.

2) 용매분획(solvent fractionation)

○ 배양여액은 용매분획을 통하여 n-Hexane fraction, Cholroform fraction, acetate fraction, n-Butanol fraction 감압농축한 시료로 얻음.
○ Gas Chromatography-Mass Spectroscopy analysis 분석 시료로 이용됨.



<그림 83> Solvent fractionation procedure from the culture broth of Bacillus glycinifermentans JIF18230 and Bacillus amyloliqufaciens JIF18106.

3.3 Gas Chromatography-Mass Spectroscopy analysis

가. 재료 및 방법

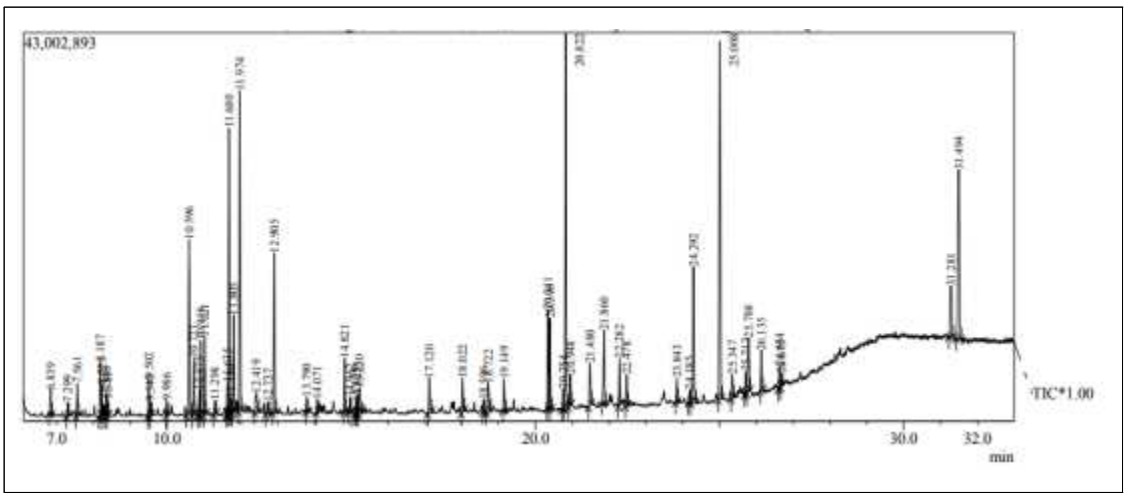
1) 농축 시료의 GC-MS 분석

○ 시료는 각 성분의 극성을 나타낼 수 있는 amine이나 -OH, -COOH의 극성 부분을 BSTFA(N,O-bis(trimethylsilyl) trifluoroacetamide)를 이용하여 $-OSi(CH_3)_3$화 시킴으로써 쉽게 휘발되어 GC/MS의 분석에 용이하도록 유도체화 함. 각 성분의 분석을 위한 GC/MS의 작동 조건은 다음과 같음. GC는 DB-5(0.25 mm×60m, film thickness 0.25 μm) column이 장착된 GC/MS QP 2010 plus (Shimadzu, Kyoto, Japan)을 사용하였으며, 주입기의 온도는 280 ˚C. 오븐의 온도는 70 ˚C에서 3분간 유지시킨 후 시 10 ˚C/min의 속도로 승온하여 300 ˚C에서 5분간 유지시킴. Carrier gas로는 헬륨(He)을 1mL/min의 흐름속도로 사용하였고, 시료 1 μL를 주입하여 split ratio 30:1에서 분석. GC/MS는 Interface의 온도가 250 ˚C 이었으며, EI ionization voltage는 70 eV로 사용. 분자량의 분석 범위는 50-550 m/z 영역을 SCAN mode로 분석하였으며, 각 물질의 깨짐 현상(Fragmentation)을 통하여 모든 물질을 정성.

나. 실험결과

1) Bacillus glycinifermentans JIF18230 배양액의 EtOAc-soluble fraction의 대사물질 구조 동정

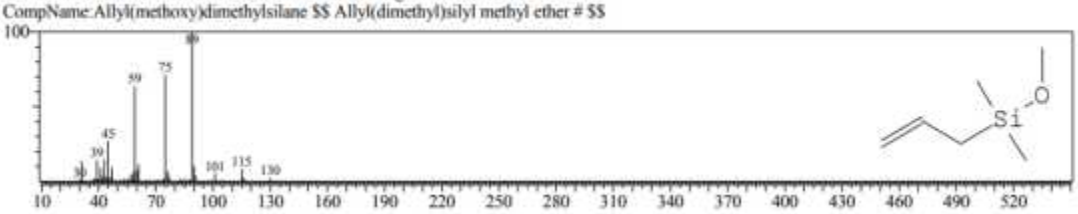
○ TMS 유도체화 후 분석된 GC-MS spectrum



○ TMS 유도체화 후 분석된 대사 물질 구조 동정

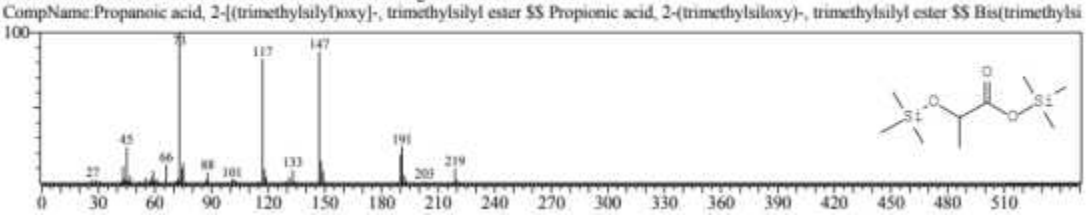
Retention Time (min) : 6.840

SI:77 Formula:C6H14OSi CAS:30535-30-9 MolWeight:130 RetIndex:594
CompName:Allyl(methoxy)dimethylsilane $$ Allyl(dimethyl)silyl methyl ether # $$



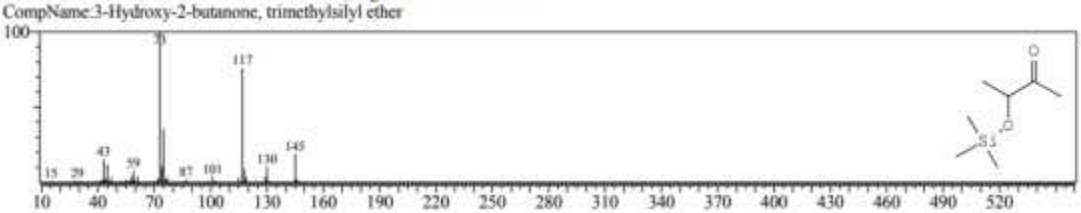
Retention Time (min) : 7.300

SI:89 Formula:C9H22O3Si2 CAS:17596-96-2 MolWeight:234 RetIndex:915
CompName:Propanoic acid, 2-[(trimethylsilyl)oxy]-, trimethylsilyl ester $$ Propionic acid, 2-(trimethylsiloxy)-, trimethylsilyl ester $$ Bis(trimethylsi



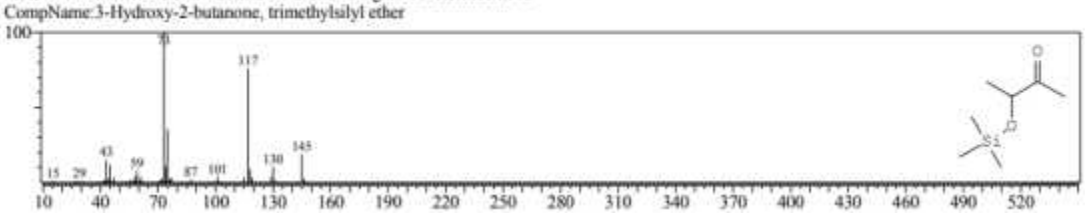
Retention Time (min) : 8.220

SI:84 Formula:C7H16O2Si CAS:0-00-0 MolWeight:160 RetIndex:775
CompName:3-Hydroxy-2-butanone, trimethylsilyl ether



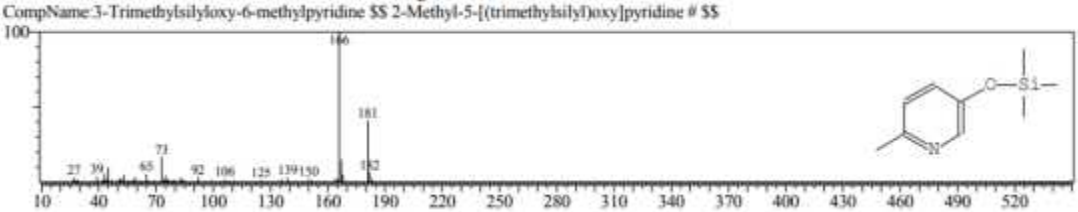
Retention Time (min) : 8.350

SI:85 Formula:C7H16O2Si CAS:0-00-0 MolWeight:160 RetIndex:775
CompName:3-Hydroxy-2-butanone, trimethylsilyl ether



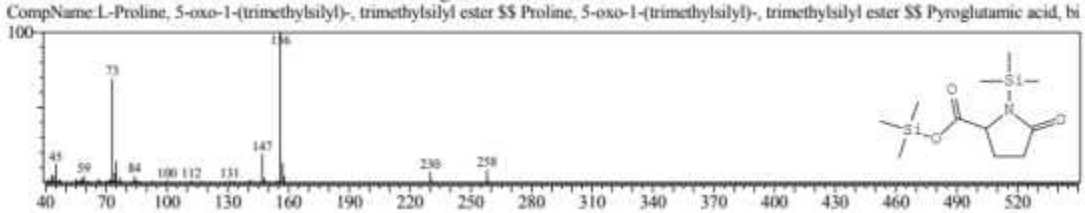
Retention Time (min) : 9.500

SI:89 Formula:C9H15NOSi CAS:175154-58-2 MolWeight:181 RetIndex:1085
CompName:3-Trimethylsilyloxy-6-methylpyridine $$ 2-Methyl-5-[(trimethylsilyl)oxy]pyridine # $$



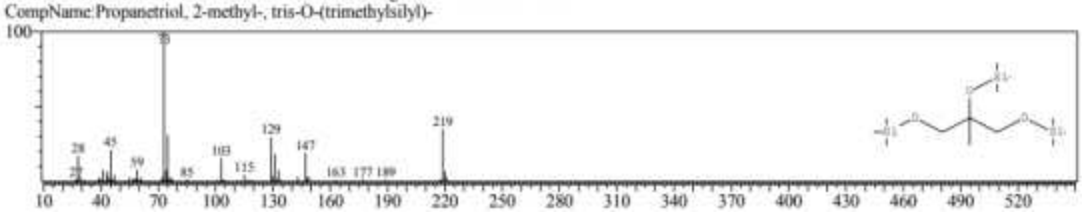
Retention Time (min) : 9.985

SI:73 Formula:C11H23NO3Si2 CAS:30274-77-2 MolWeight:273 RetIndex:1466
CompName:L-Proline, 5-oxo-1-(trimethylsilyl)-, trimethylsilyl ester $$ Proline, 5-oxo-1-(trimethylsilyl)-, trimethylsilyl ester $$ Pyroglutamic acid, bi



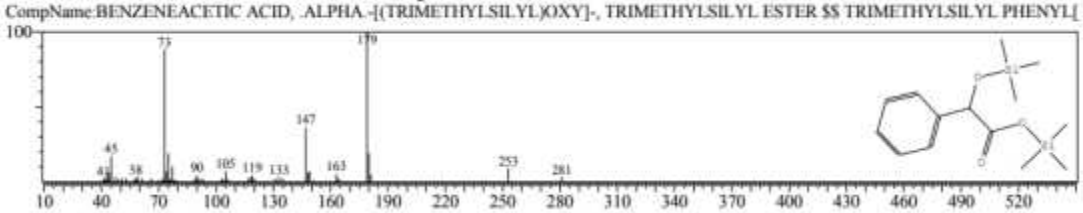
Retention Time (min) : 10.720

SI:71 Formula:C13H34O3Si3 CAS:0-00-0 MolWeight:322 RetIndex:1187
CompName:Propanetriol, 2-methyl-, tris-O-(trimethylsilyl)-



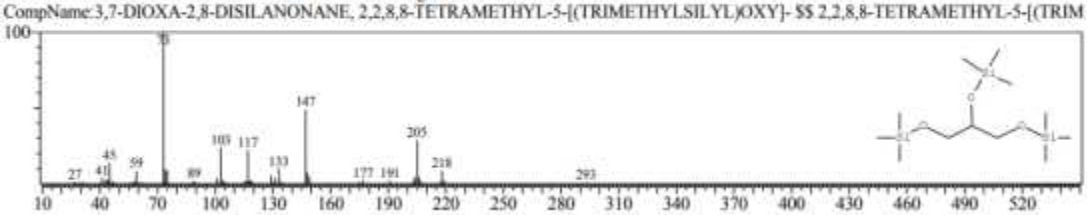
Retention Time (min) : 10.875

SI:72 Formula:C14H24O3Si2 CAS:2078-19-5 MolWeight:296 RetIndex:0
CompName:BENZENEACETIC ACID, .ALPHA.-[(TRIMETHYLSILYL)OXY]-, TRIMETHYLSILYL ESTER $$ TRIMETHYLSILYL PHENYL[



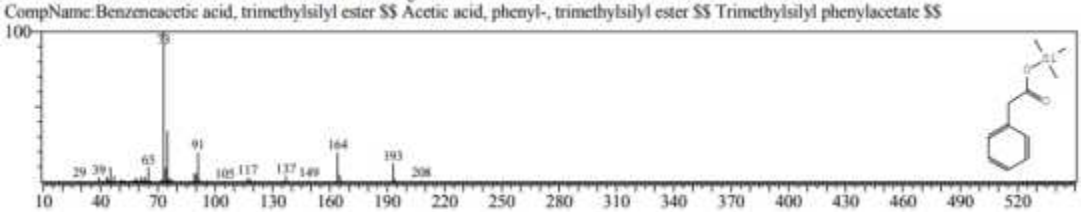
Retention Time (min) : 11.020

SI:89 Formula:C12H32O3Si3 CAS:6787-10-6 MolWeight:308 RetIndex:0
CompName:3,7-DIOXA-2,8-DISILANONANE, 2,2,8,8-TETRAMETHYL-5-[(TRIMETHYLSILYL)OXY]- $$ 2,2,8,8-TETRAMETHYL-5-[(TRIM



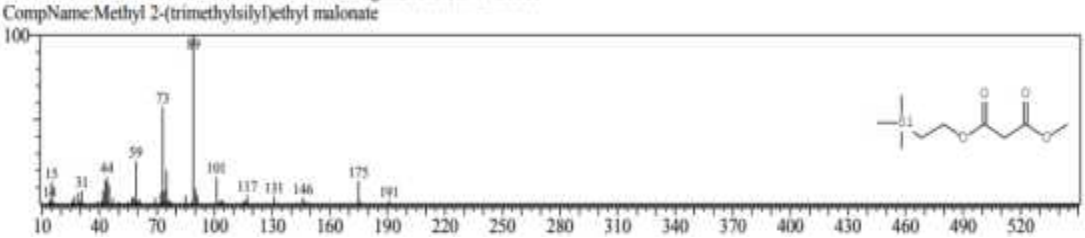
Retention Time (min) : 11.300

SI:86 Formula:C11H16O2Si CAS:2078-18-4 MolWeight:208 RetIndex:1269
CompName:Benzeneacetic acid, trimethylsilyl ester $$ Acetic acid, phenyl-, trimethylsilyl ester $$ Trimethylsilyl phenylacetate $$



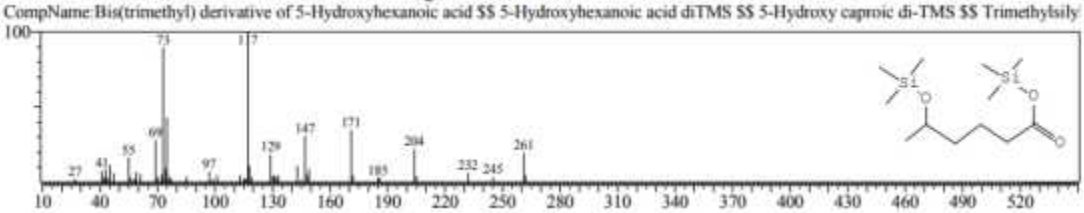
Retention Time (min) : 11.635

SI:75 Formula:C9H18O4Si CAS:0-00-0 MolWeight:218 RetIndex:1160
CompName:Methyl 2-(trimethylsilyl)ethyl malonate



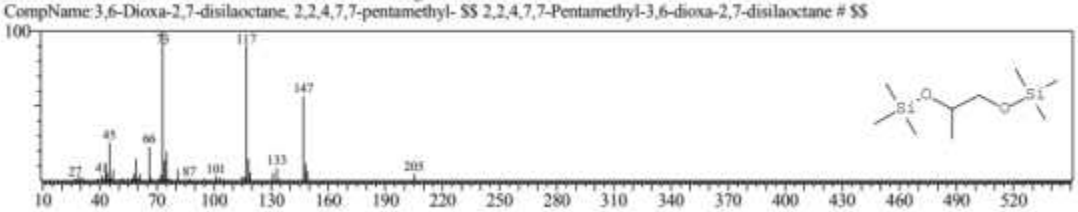
Retention Time (min) : 11.680

SI:74 Formula:C12H28O3Si2 CAS:79628-63-0 MolWeight:276 RetIndex:1213
CompName:Bis(trimethyl) derivative of 5-Hydroxyhexanoic acid $$ 5-Hydroxyhexanoic acid diTMS $$ 5-Hydroxy caproic di-TMS $$ Trimethylsily



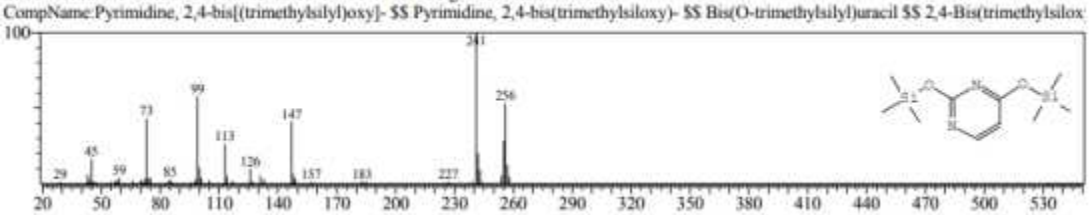
Retention Time (min) : 11.805

SI:89 Formula:C9H24O2Si2 CAS:17887-27-3 MolWeight:220 RetIndex:824
CompName:3,6-Dioxa-2,7-disilaoctane, 2,2,4,7,7-pentamethyl- $$ 2,2,4,7,7-Pentamethyl-3,6-dioxa-2,7-disilaoctane # $$



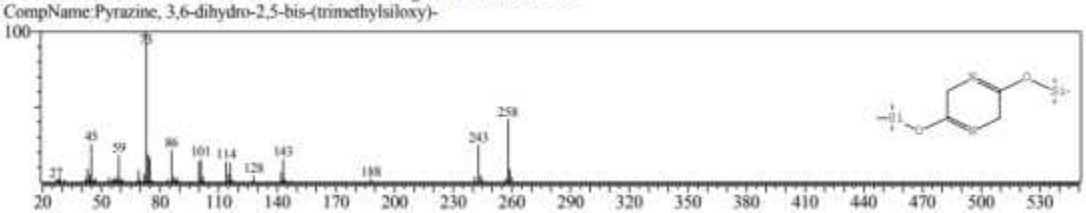
Retention Time (min) : 11.975

SI:96 Formula:C10H20N2O2Si2 CAS:10457-14-4 MolWeight:256 RetIndex:1264
CompName:Pyrimidine, 2,4-bis[(trimethylsilyl)oxy]- $$ Pyrimidine, 2,4-bis(trimethylsiloxy)- $$ Bis(O-trimethylsilyl)uracil $$ 2,4-Bis(trimethylsilox



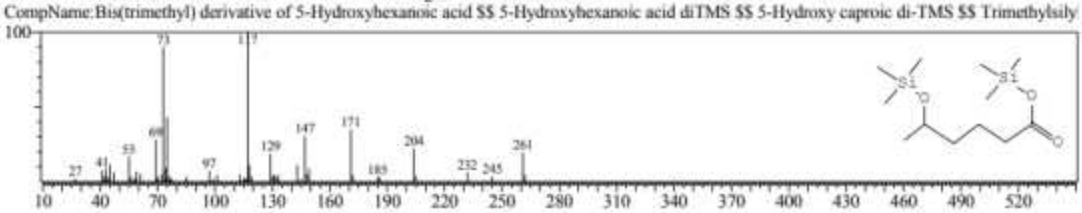
Retention Time (min) : 12.420

SI:76 Formula:C10H22N2O2Si2 CAS:0-00-0 MolWeight:258 RetIndex:1308
CompName:Pyrazine, 3,6-dihydro-2,5-bis-(trimethylsiloxy)-



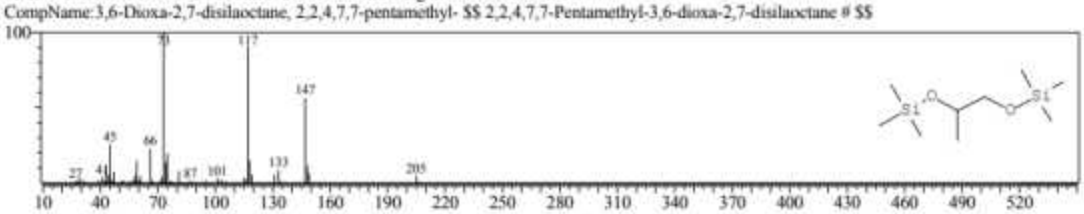
Retention Time (min) : 11.680

SI:74 Formula:C12H28O3Si2 CAS:79628-63-0 MolWeight:276 RetIndex:1213
CompName:Bis(trimethyl) derivative of 5-Hydroxyhexanoic acid $$ 5-Hydroxyhexanoic acid diTMS $$ 5-Hydroxy caproic di-TMS $$ Trimethylsily



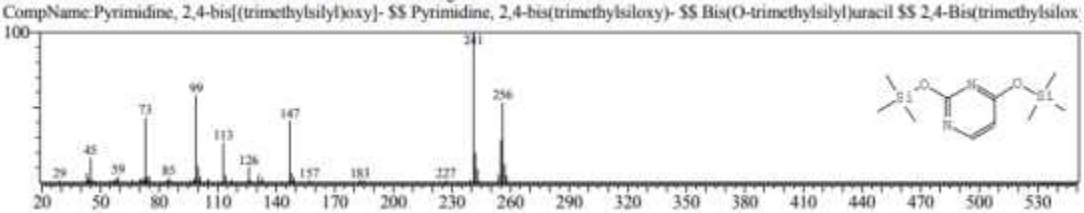
Retention Time (min) : 11.805

SI:89 Formula:C9H24O2Si2 CAS:17887-27-3 MolWeight:220 RetIndex:824
CompName:3,6-Dioxa-2,7-disilaoctane, 2,2,4,7,7-pentamethyl- $$ 2,2,4,7,7-Pentamethyl-3,6-dioxa-2,7-disilaoctane # $$



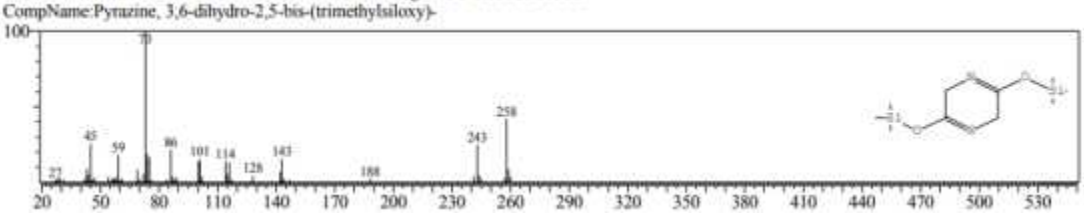
Retention Time (min) : 11.975

SI:96 Formula:C10H20N2O2Si2 CAS:10457-14-4 MolWeight:256 RetIndex:1264
CompName:Pyrimidine, 2,4-bis[(trimethylsilyl)oxy]- $$ Pyrimidine, 2,4-bis(trimethylsiloxy)- $$ Bis(O-trimethylsilyl)uracil $$ 2,4-Bis(trimethylsilox



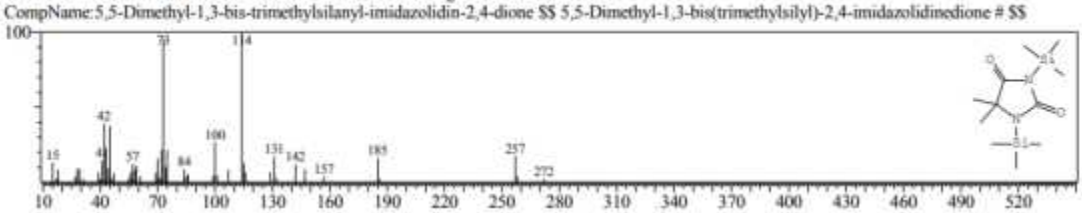
Retention Time (min) : 12.420

SI:76 Formula:C10H22N2O2Si2 CAS:0-00-0 MolWeight:258 RetIndex:1308
CompName:Pyrazine, 3,6-dihydro-2,5-bis-(trimethylsiloxy)-



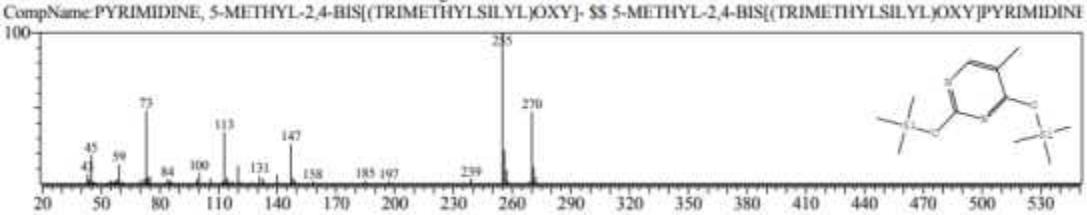
Retention Time (min) : 12.735

SI:76 Formula:C11H24N2O2Si2 CAS:66448-28-0 MolWeight:272 RetIndex:1593
CompName:5,5-Dimethyl-1,3-bis-trimethylsilanyl-imidazolidin-2,4-dione $$ 5,5-Dimethyl-1,3-bis(trimethylsilyl)-2,4-imidazolidinedione # $$



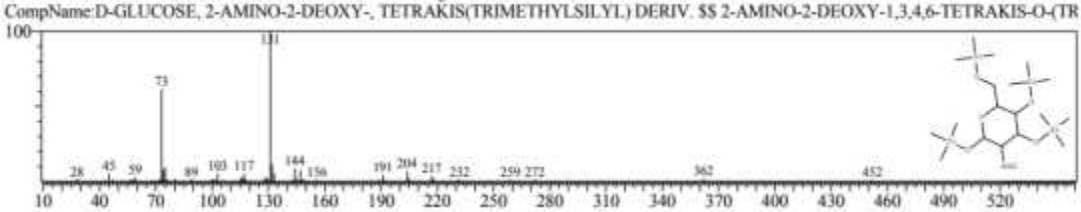
Retention Time (min) : 12.905

SI:94 Formula:C11H22N2O2Si2 CAS:7288-28-0 MolWeight:270 RetIndex:0
CompName:PYRIMIDINE, 5-METHYL-2,4-BIS[(TRIMETHYLSILYL)OXY]- $$ 5-METHYL-2,4-BIS[(TRIMETHYLSILYL)OXY]PYRIMIDINE



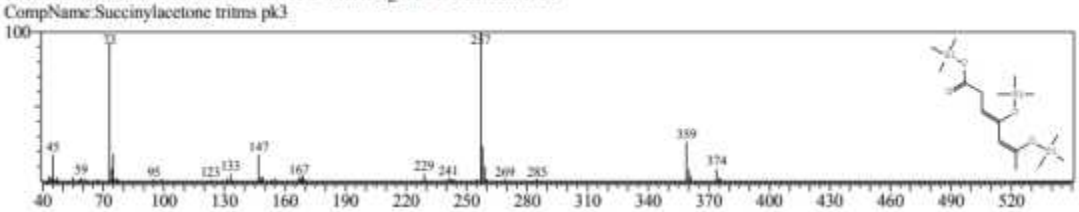
Retention Time (min) : 13.790

SI:66 Formula:C18H45NO5Si4 CAS:56193-55-6 MolWeight:467 RetIndex:0
CompName:D-GLUCOSE, 2-AMINO-2-DEOXY-, TETRAKIS(TRIMETHYLSILYL) DERIV. $$ 2-AMINO-2-DEOXY-1,3,4,6-TETRAKIS-O-(TR



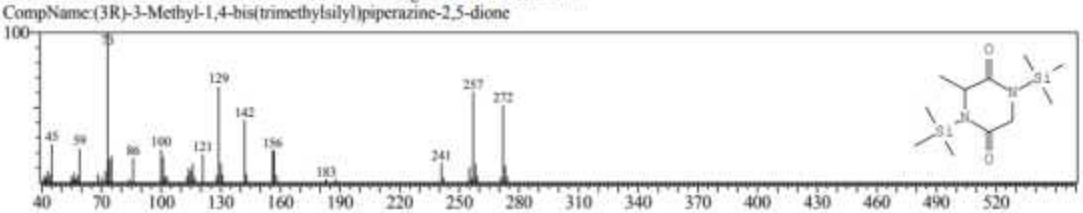
Retention Time (min) : 14.070

SI:58 Formula:C16H34O4Si3 CAS:0-00-0 MolWeight:374 RetIndex:1631
CompName:Succinylacetone tritms pk3



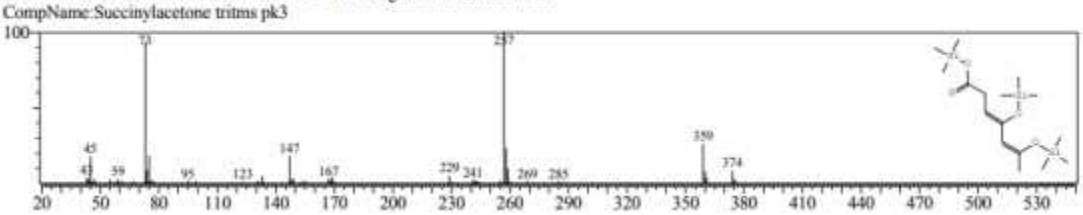
Retention Time (min) : 14.820

SI:67 Formula:C11H24N2O2Si2 CAS:0-00-0 MolWeight:272 RetIndex:1640
CompName:(3R)-3-Methyl-1,4-bis(trimethylsilyl)piperazine-2,5-dione



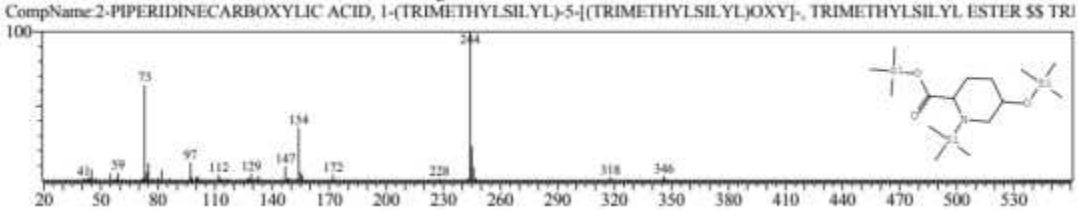
Retention Time (min) : 14.960

SI:58 Formula:C16H34O4Si3 CAS:0-00-0 MolWeight:374 RetIndex:1631
CompName:Succinylacetone tritms pk3



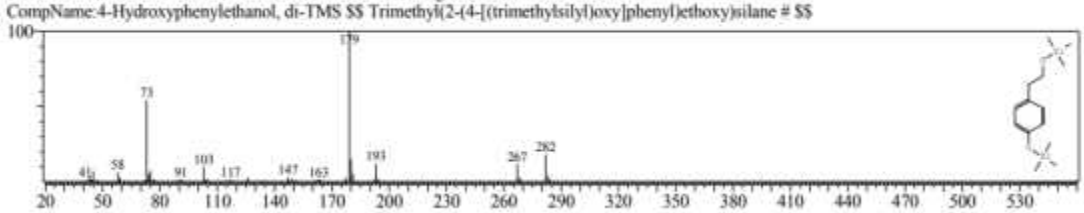
Retention Time (min) : 15.125

SI:55 Formula:C15H35NO3Si3 CAS:55517-48-1 MolWeight:361 RetIndex:0
CompName:2-PIPERIDINECARBOXYLIC ACID, 1-(TRIMETHYLSILYL)-5-[(TRIMETHYLSILYL)OXY]-, TRIMETHYLSILYL ESTER $$ TRI



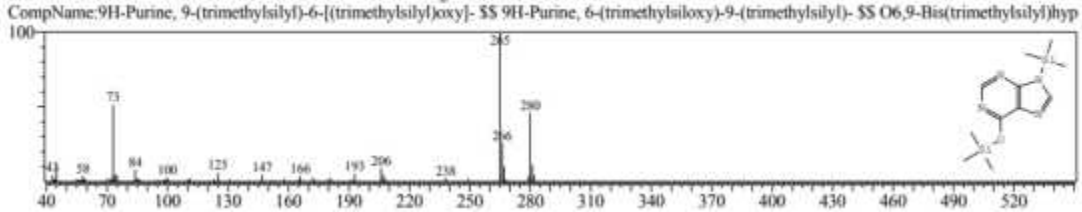
Retention Time (min) : 15.155

SI:86 Formula:C14H26O2Si2 CAS:321884-10-0 MolWeight:282 RetIndex:1475
CompName:4-Hydroxyphenylethanol, di-TMS $$ Trimethyl(2-(4-[(trimethylsilyl)oxy]phenyl)ethoxy)silane # $$



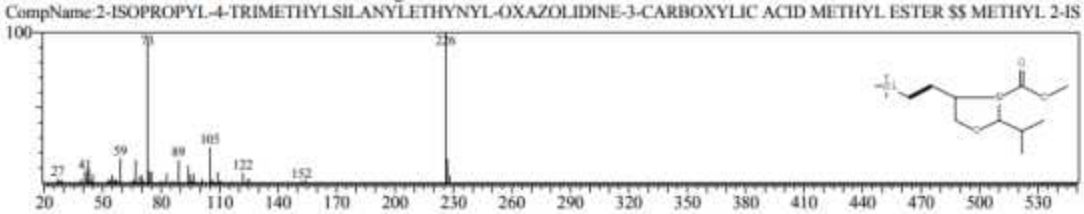
Retention Time (min) : 18.020

SI:94 Formula:C11H20N4OSi2 CAS:17962-89-9 MolWeight:280 RetIndex:1574
CompName:9H-Purine, 9-(trimethylsilyl)-6-[(trimethylsilyl)oxy]- $$ 9H-Purine, 6-(trimethylsiloxy)-9-(trimethylsilyl)- $$ O6,9-Bis(trimethylsilyl)hyp



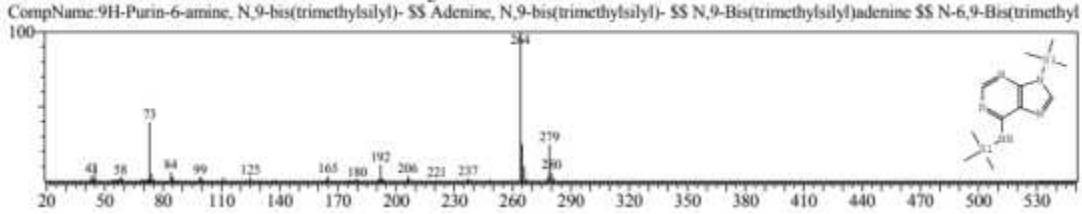
Retention Time (min) : 18.595

SI:58 Formula:C13H23NO3Si CAS:0-00-0 MolWeight:269 RetIndex:0
CompName:2-ISOPROPYL-4-TRIMETHYLSILANYLETHYNYL-OXAZOLIDINE-3-CARBOXYLIC ACID METHYL ESTER $$ METHYL 2-IS



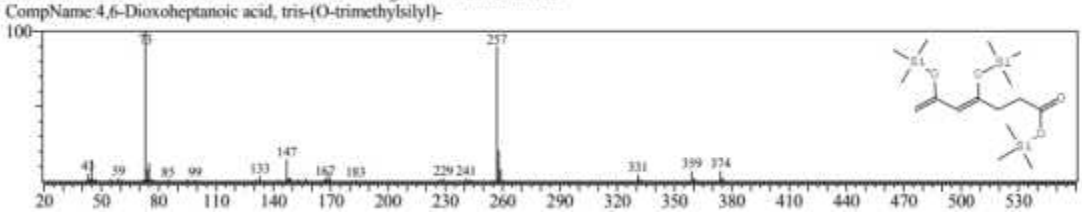
Retention Time (min) : 18.720

SI:90 Formula:C11H21N5Si2 CAS:17995-04-9 MolWeight:279 RetIndex:1697
CompName:9H-Purin-6-amine, N,9-bis(trimethylsilyl)- $$ Adenine, N,9-bis(trimethylsilyl)- $$ N,9-Bis(trimethylsilyl)adenine $$ N-6,9-Bis(trimethyl



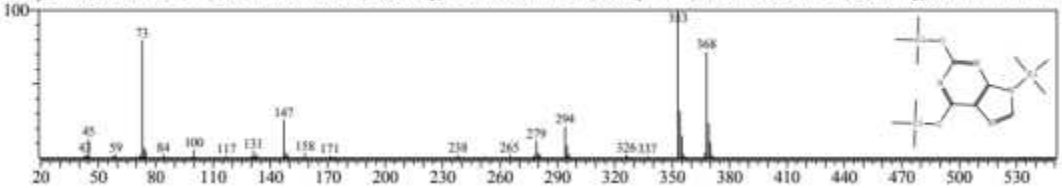
Retention Time (min) : 19.150

SI:65 Formula:C16H34O4Si3 CAS:0-00-0 MolWeight:374 RetIndex:1613
CompName:4,6-Dioxoheptanoic acid, tris-(O-trimethylsilyl)-



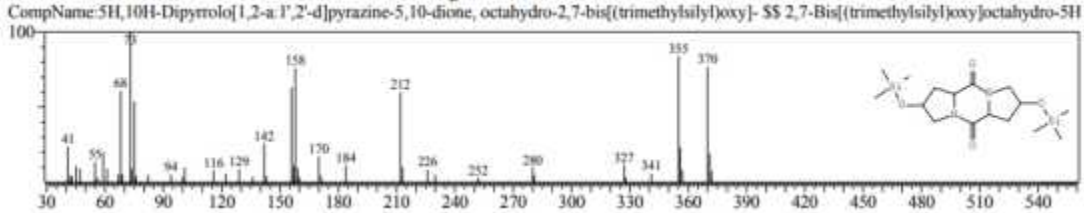
Retention Time (min) : 20.340

SI:94 Formula:C14H28N4O2Si3 CAS:18551-03-6 MolWeight:368 RetIndex:0
CompName:9H-PURINE, 9-(TRIMETHYLSILYL)-2,6-BIS[(TRIMETHYLSILYL)OXY]- $$ 9-(TRIMETHYLSILYL)-2,6-BIS[(TRIMETHYLSIL



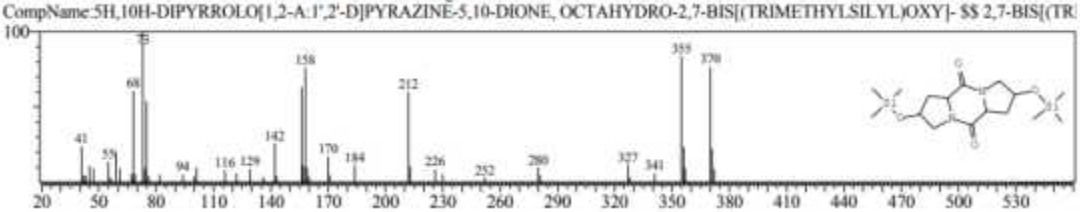
Retention Time (min) : 20.820

SI:57 Formula:C16H30N2O4Si2 CAS:56817-96-0 MolWeight:370 RetIndex:2254
CompName:5H,10H-Dipyrrolo[1,2-a:1',2'-d]pyrazine-5,10-dione, octahydro-2,7-bis[(trimethylsilyl)oxy]- $$ 2,7-Bis[(trimethylsilyl)oxy]octahydro-5H



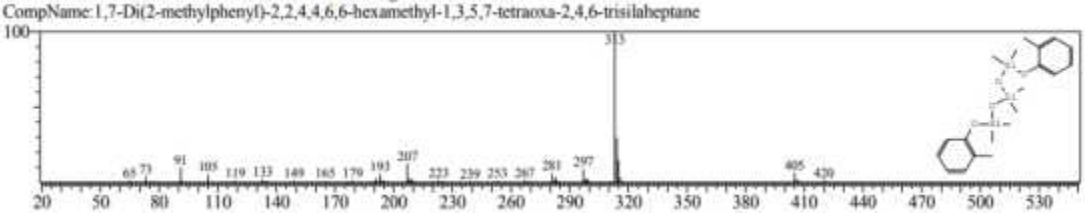
Retention Time (min) : 20.950

SI:64 Formula:C16H30N2O4Si2 CAS:56817-96-0 MolWeight:370 RetIndex:0
CompName:5H,10H-DIPYRROLO[1,2-A:1',2'-D]PYRAZINE-5,10-DIONE, OCTAHYDRO-2,7-BIS[(TRIMETHYLSILYL)OXY]- $$ 2,7-BIS[(TR

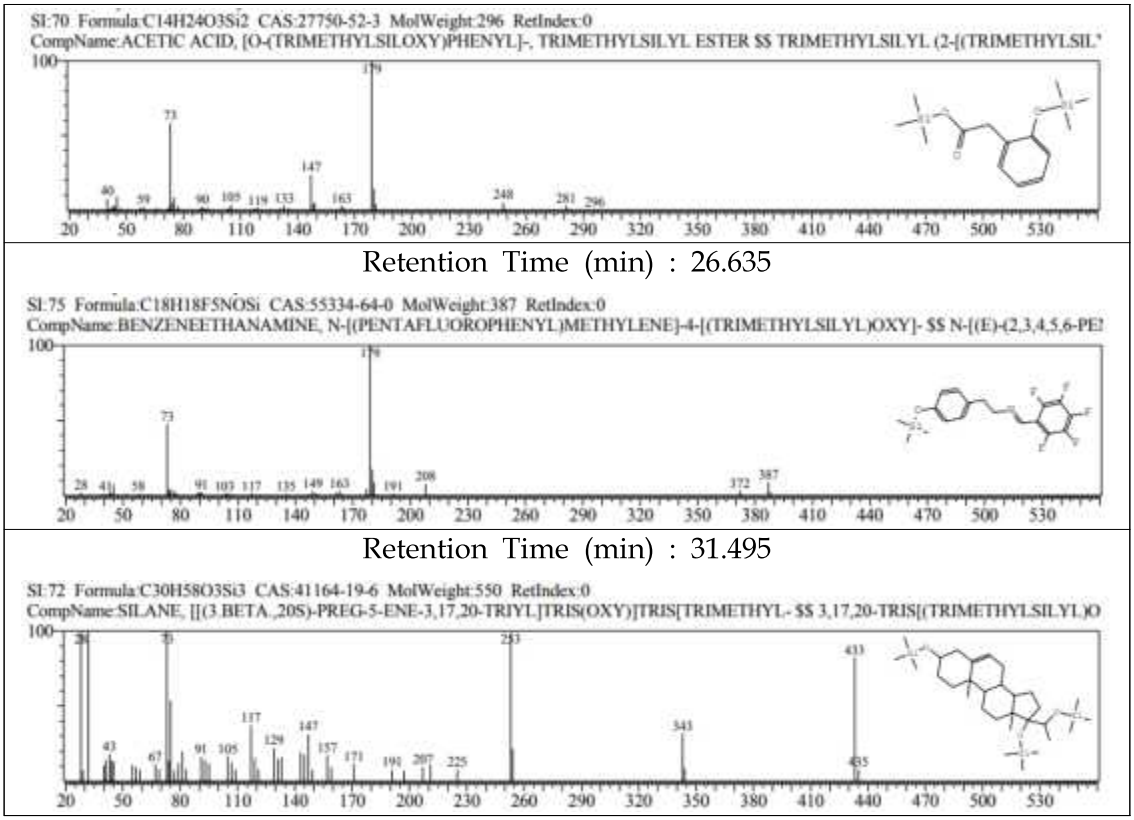


Retention Time (min) : 24.290

SI:62 Formula:C20H32O4Si3 CAS:0-00-0 MolWeight:420 RetIndex:2224
CompName:1,7-Di(2-methylphenyl)-2,2,4,4,6,6-hexamethyl-1,3,5,7-tetraoxa-2,4,6-trisilaheptane

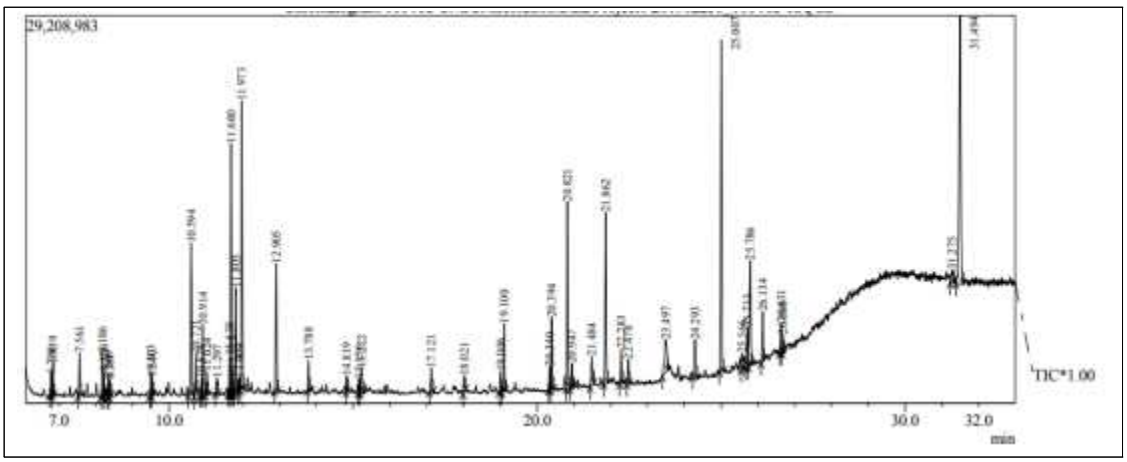


Retention Time (min) : 25.345



2) Bacillus amyloliquefaciens JIF18106 배양액의 EtOAc-soluble fraction의 대사물질 구조동정

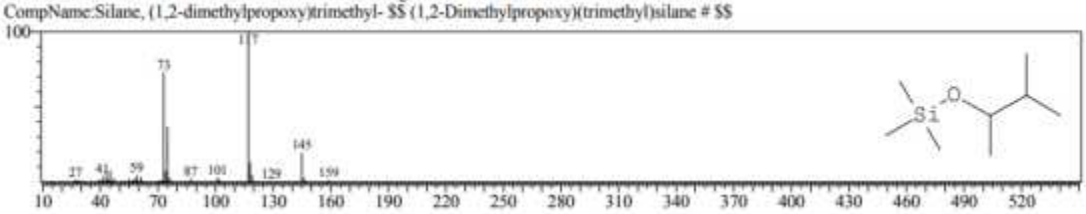
○ TMS 유도체화 후 분석된 GC-MS spectrum



○ TMS 유도체화 후 분석된 대사물질 구조 동정

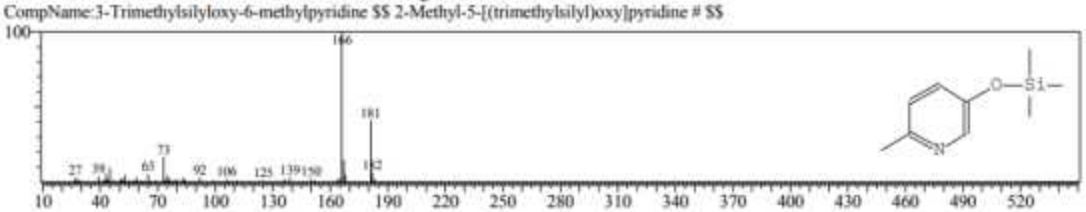
Retention Time (min) : 8.220

SI:75 Formula:C8H20OSi CAS:18246-76-9 MolWeight:160 RetIndex:674
CompName:Silane, (1,2-dimethylpropoxy)trimethyl- $$ (1,2-Dimethylpropoxy)(trimethyl)silane # $$



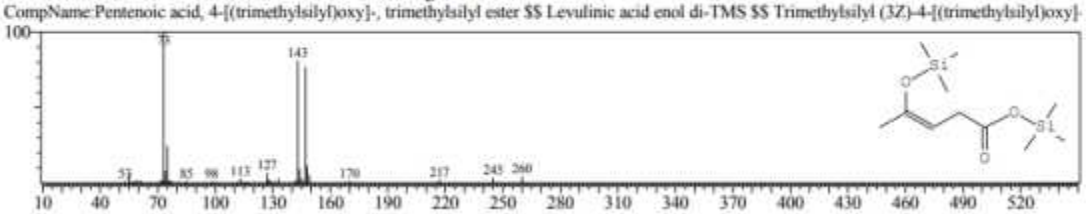
Retention Time (min) : 9.500

SI:87 Formula:C9H15NOSi CAS:175154-58-2 MolWeight:181 RetIndex:1085
CompName:3-Trimethylsilyloxy-6-methylpyridine $$ 2-Methyl-5-[(trimethylsilyl)oxy]pyridine # $$



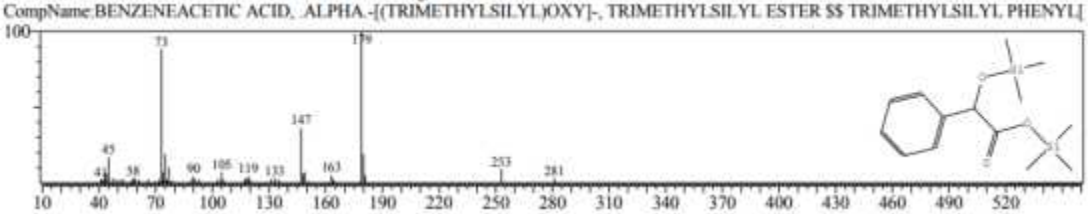
Retention Time (min) : 9.540

SI:78 Formula:C11H24O3Si2 CAS:72101-11-2 MolWeight:260 RetIndex:1163
CompName:Pentenoic acid, 4-[(trimethylsilyl)oxy]-, trimethylsilyl ester $$ Levulinic acid enol di-TMS $$ Trimethylsilyl (3Z)-4-[(trimethylsilyl)oxy]-



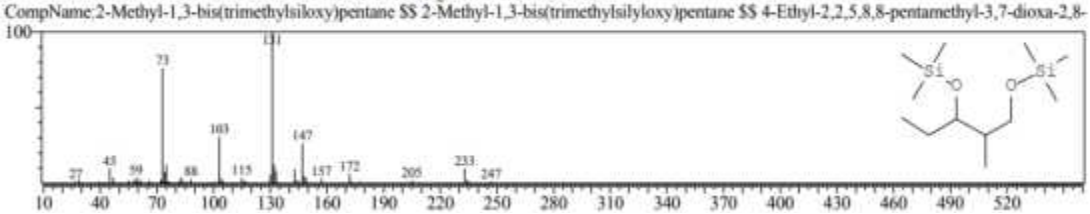
Retention Time (min) : 10.720

SI:71 Formula:C14H24O3Si2 CAS:2078-19-5 MolWeight:296 RetIndex:0
CompName:BENZENEACETIC ACID, ALPHA.-[(TRIMETHYLSILYL)OXY]-, TRIMETHYLSILYL ESTER $$ TRIMETHYLSILYL PHENYL[



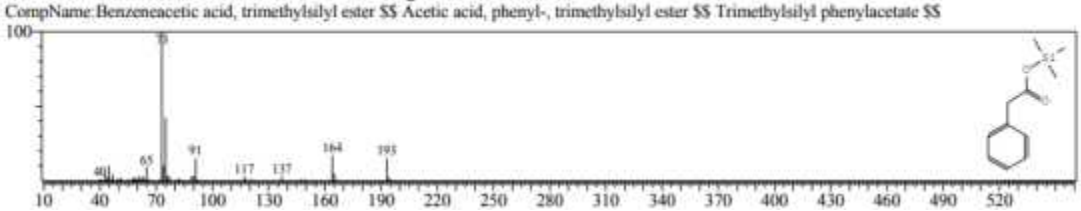
Retention Time (min) : 11.025

SI:82 Formula:C12H30O2Si2 CAS:122424-36-6 MolWeight:262 RetIndex:1058
CompName:2-Methyl-1,3-bis(trimethylsiloxy)pentane $$ 2-Methyl-1,3-bis(trimethylsilyloxy)pentane $$ 4-Ethyl-2,2,5,8,8-pentamethyl-3,7-dioxa-2,8-



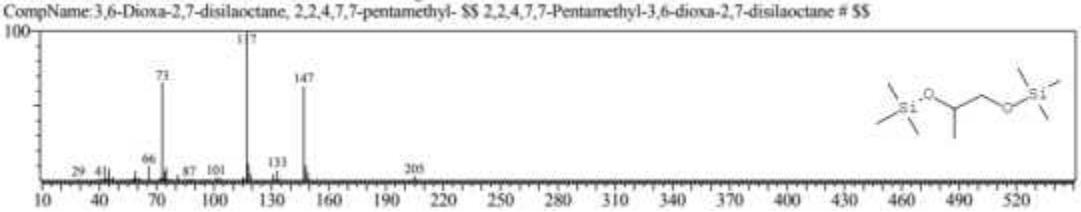
Retention Time (min) : 11.295

SI:86 Formula:C11H16O2Si CAS:2078-18-4 MolWeight:208 RetIndex:1269
CompName:Benzeneacetic acid, trimethylsilyl ester $$ Acetic acid, phenyl-, trimethylsilyl ester $$ Trimethylsilyl phenylacetate $$



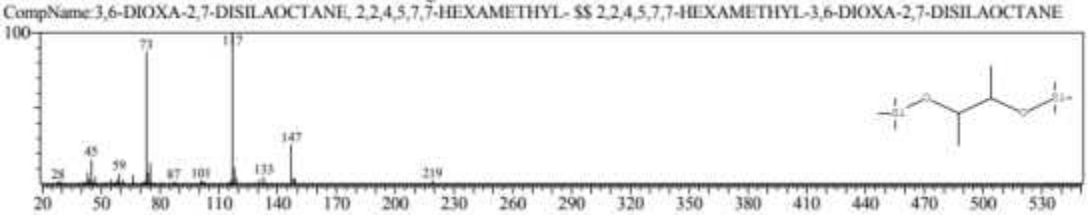
Retention Time (min) : 11.805

SI:90 Formula:C9H24O2Si2 CAS:17887-27-3 MolWeight:220 RetIndex:824
CompName:3,6-Dioxa-2,7-disilaoctane, 2,2,4,7,7-pentamethyl- $$ 2,2,4,7,7-Pentamethyl-3,6-dioxa-2,7-disilaoctane # $$



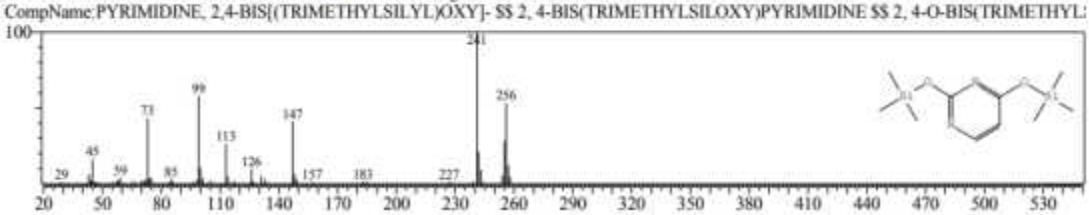
Retention Time (min) : 11.910

SI:78 Formula:C10H26O2Si2 CAS:53274-85-4 MolWeight:234 RetIndex:0
CompName:3,6-DIOXA-2,7-DISILAOCTANE, 2,2,4,5,7,7-HEXAMETHYL- $$ 2,2,4,5,7,7-HEXAMETHYL-3,6-DIOXA-2,7-DISILAOCTANE



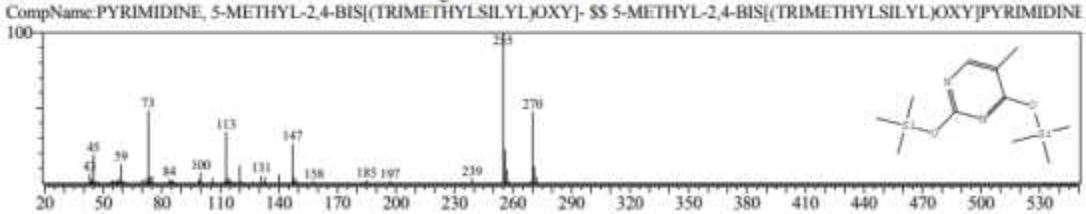
Retention Time (min) : 11.970

SI:95 Formula:C10H20N2O2Si2 CAS:10457-14-4 MolWeight:256 RetIndex:0
CompName:PYRIMIDINE, 2,4-BIS[(TRIMETHYLSILYL)OXY]- $$ 2, 4-BIS(TRIMETHYLSILOXY)PYRIMIDINE $$ 2, 4-O-BIS(TRIMETHYL



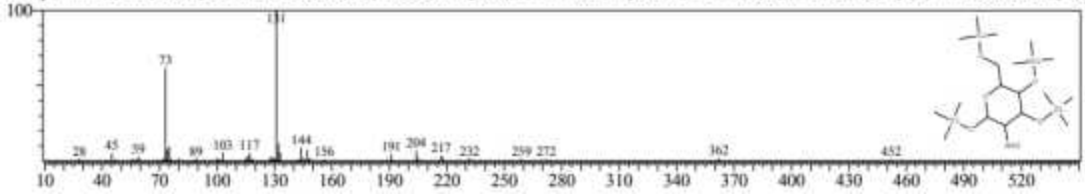
Retention Time (min) : 12.905

SI:93 Formula:C11H22N2O2Si2 CAS:7288-28-0 MolWeight:270 RetIndex:0
CompName:PYRIMIDINE, 5-METHYL-2,4-BIS[(TRIMETHYLSILYL)OXY]- $$ 5-METHYL-2,4-BIS[(TRIMETHYLSILYL)OXY]PYRIMIDINE



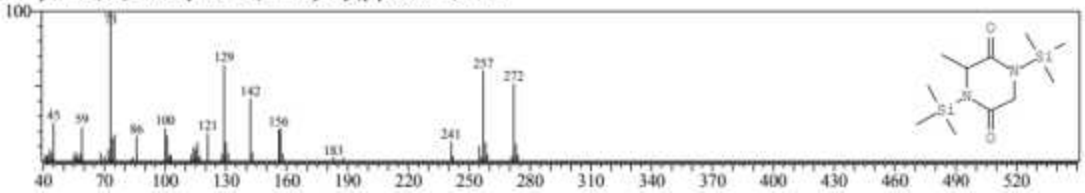
Retention Time (min) : 13.790

SI:65 Formula:C18H45NO5Si4 CAS:56193-55-6 MolWeight:467 RetIndex:0
CompName:D-GLUCOSE, 2-AMINO-2-DEOXY-, TETRAKIS(TRIMETHYLSILYL) DERIV. $$ 2-AMINO-2-DEOXY-1,3,4,6-TETRAKIS-O-(TR



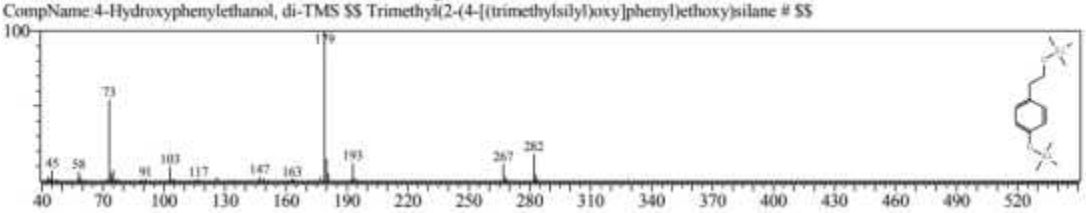
Retention Time (min) : 14.820

SI:62 Formula:C11H24N2O2Si2 CAS:0-00-0 MolWeight:272 RetIndex:1640
CompName:(3R)-3-Methyl-1,4-bis(trimethylsilyl)piperazine-2,5-dione



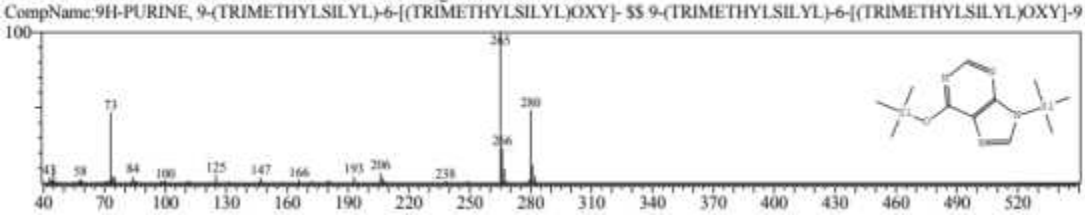
Retention Time (min) : 15.155

SI:82 Formula:C14H26O2Si2 CAS:321884-10-0 MolWeight:282 RetIndex:1475
CompName:4-Hydroxyphenylethanol, di-TMS $$ Trimethyl(2-(4-[(trimethylsilyl)oxy]phenyl)ethoxy)silane # $$



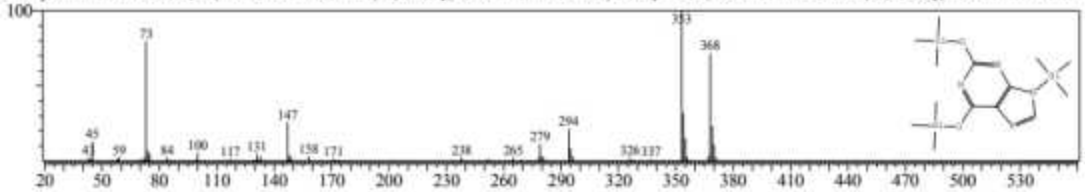
Retention Time (min) : 18.020

SI:92 Formula:C11H20N4OSi2 CAS:17962-89-9 MolWeight:280 RetIndex:0
CompName:9H-PURINE, 9-(TRIMETHYLSILYL)-6-[(TRIMETHYLSILYL)OXY]- $$ 9-(TRIMETHYLSILYL)-6-[(TRIMETHYLSILYL)OXY]-9



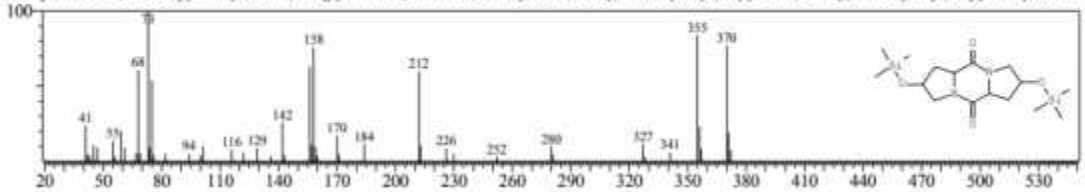
Retention Time (min) : 20.340

SI:83 Formula:C14H28N4O2Si3 CAS:18551-03-6 MolWeight:368 RetIndex:0
CompName:9H-PURINE, 9-(TRIMETHYLSILYL)-2,6-BIS[(TRIMETHYLSILYL)OXY]- $$ 9-(TRIMETHYLSILYL)-2,6-BIS[(TRIMETHYLSILY



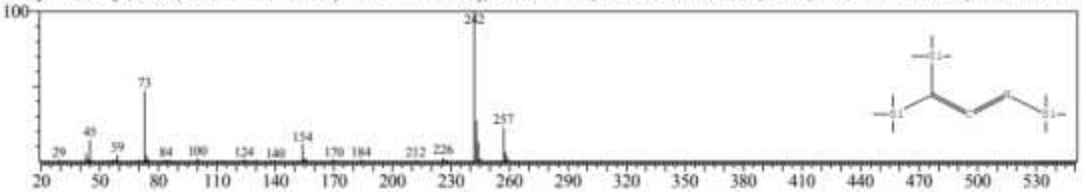
Retention Time (min) : 20.945

SI:62 Formula:C16H30N2O4Si2 CAS:56817-96-0 MolWeight:370 RetIndex:2254
CompName:5H,10H-Dipyrrolo[1,2-a:1',2'-d]pyrazine-5,10-dione, octahydro-2,7-bis[(trimethylsilyl)oxy]- $$ 2,7-Bis[(trimethylsilyl)oxy]octahydro-5H

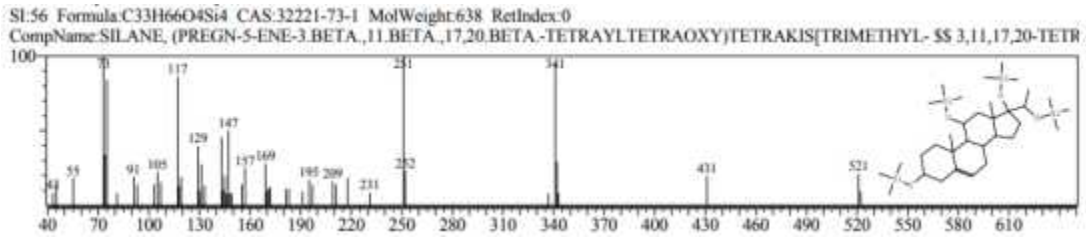


Retention Time (min) : 21.860

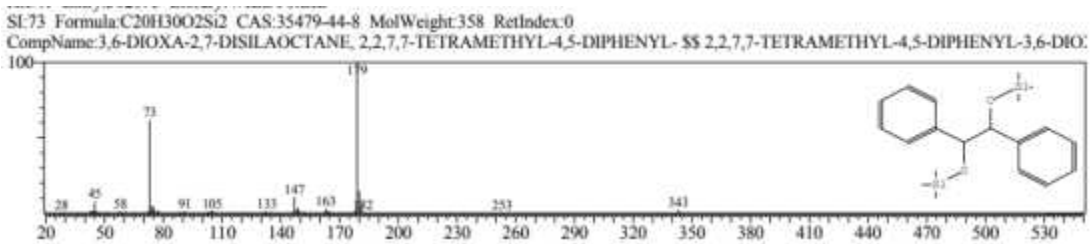
SI:63 Formula:C11H27NSi3 CAS:7351-44-2 MolWeight:257 RetIndex:0
CompName:N-[2,2-BIS(TRIMETHYLSILYL)ETHENYLIDENE](TRIMETHYL)SILANAMINE # $$ 1,1-BIS(TRIMETHYLSILYL)-2-TRIMETHY



Retention Time (min) : 23.495



Retention Time (min) : 26.630



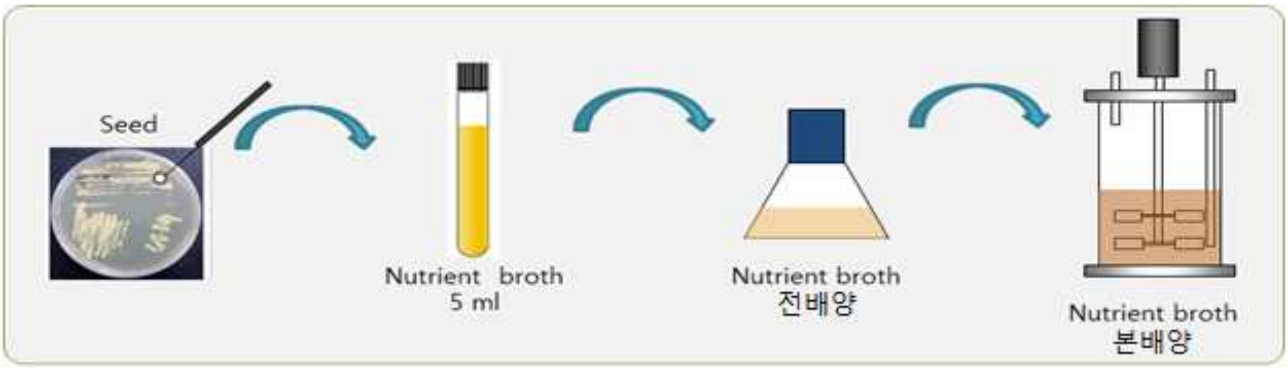
4. 마이크로 유용자원의 제형화 시스템 구축

4.1 마이크로 유용자원의 배양, 농축, 제형 연구 및 SOP 공정

가. 마이크로 유용자원의 농축 액상배양 조건 확립

1) 재료 및 방법

○ 선별된 단일균주로부터 single colony를 취한 후 5 mL NB 배지에 접종. 이 후 pH 7의 500 mL NB 배지에 30 ˚C로 24시간 동안 혼합배양한 후 Jar Fermenter로 활성화 시켜 seed culture를 만들어 본 균주를 연속식 원심분리기를 이용하여 농축화 함.



2) 실험 결과

○ 대량배양 및 연속식 원심분리기를 이용한 고농축화
당밀배지를 활용하여 2만 리터 배양조에 효소활성 혼합균주 대량배양. Seed Culture 혼합균주 2 L를 접종 후 30 ˚C, 200 rpm으로 5일간 배양을 진행한 결과, 3.2×10^{8} CFU/mL 보임. 본 균주를 연속식 원심분리기를 이용하여 최종 균주의 농도를 1.7×10^{10} ~1.6×10^{12} CFU/mL 이상으로 고농축화 시켰으며 디자인이 탑재된 용기 500 mL에 소분 포장 진행.

○ 혼합균주의 CFU/mL의 값을 측정하기 위하여 총균수 분석을 진행함. Seed culture 초기의 균체수는 10^8 CFU/mL 수준이었으나 연속식 원심분리기를 이용하여 최종 균주의 농도를 1.7×10^{10} ~1.6×10^{12} CFU/mL 이상으로 고농축화 시킴.

시험분석보고서

분석목적	음식물 쓰레기 분해용 복합균주의 총균수 측정		
시 료 명	시료1(액상), 시료2(분말)		
의 뢰 자	산업화연구팀	연락처	063-210-6541
소 재 지	전북 전주시 덕진구 원장동길 111-18 전라북도생물산업진흥원		
의 뢰 일	2017년 09월 18일	검사완료일	2017년 09월 20일
시험방법	- 식품공전 제 9. 일반시험법 3. 미생물시험법 3.5 세균수 3.5.1 일반세균수 나. 건조필름법 - 결과값은 유효숫자 2자리로 표기(유효숫자 3자리에서 반올림)		
시험결과	시료명	결과값	
	시료1(액상)	17 000 000 000 CFU/mL	
	시료2(분말)	1 500 000 000 000 CFU/g	
	(이하여백)		

위의 내용으로 시험분석 하였음을 확인합니다.

2017년 09월 20일

의 뢰 자 : 이 승 제 (서명)

확 인 자 : 이 미 선 (서명)

시험분석보고서

분석목적	음식물쓰레기 분해용 복합균주의 총균수 측정		
시 료 명	시료1(액상), 시료2(분말)		
의 뢰 자	기술사업화팀	연락처	063-210-6541
소 재 지	전북 전주시 덕진구 원장동길 111-18 전라북도생물산업진흥원		
의 뢰 일	2018년 12월 18일	검사완료일	2018년 12월 21일
시험방법	- 식품공전 제 9. 일반시험법 3. 미생물시험법 3.5 세균수 3.5.1 일반세균수 나. 건조필름법 - 결과값은 유효숫자 2자리로 표기(유효숫자 3자리에서 반올림)		
시험결과	시료명	결과값	
	시료1(액상)	1 600 000 000 000 CFU/mL	
	시료2(분말)	12 000 000 000 CFU/g	
	(이하여백)		

위의 내용으로 시험분석 하였음을 확인합니다

2018년 12월 21일

의 뢰 자 : 이 승 제 (서명)

확 인 자 : 이 미 선 (서명)

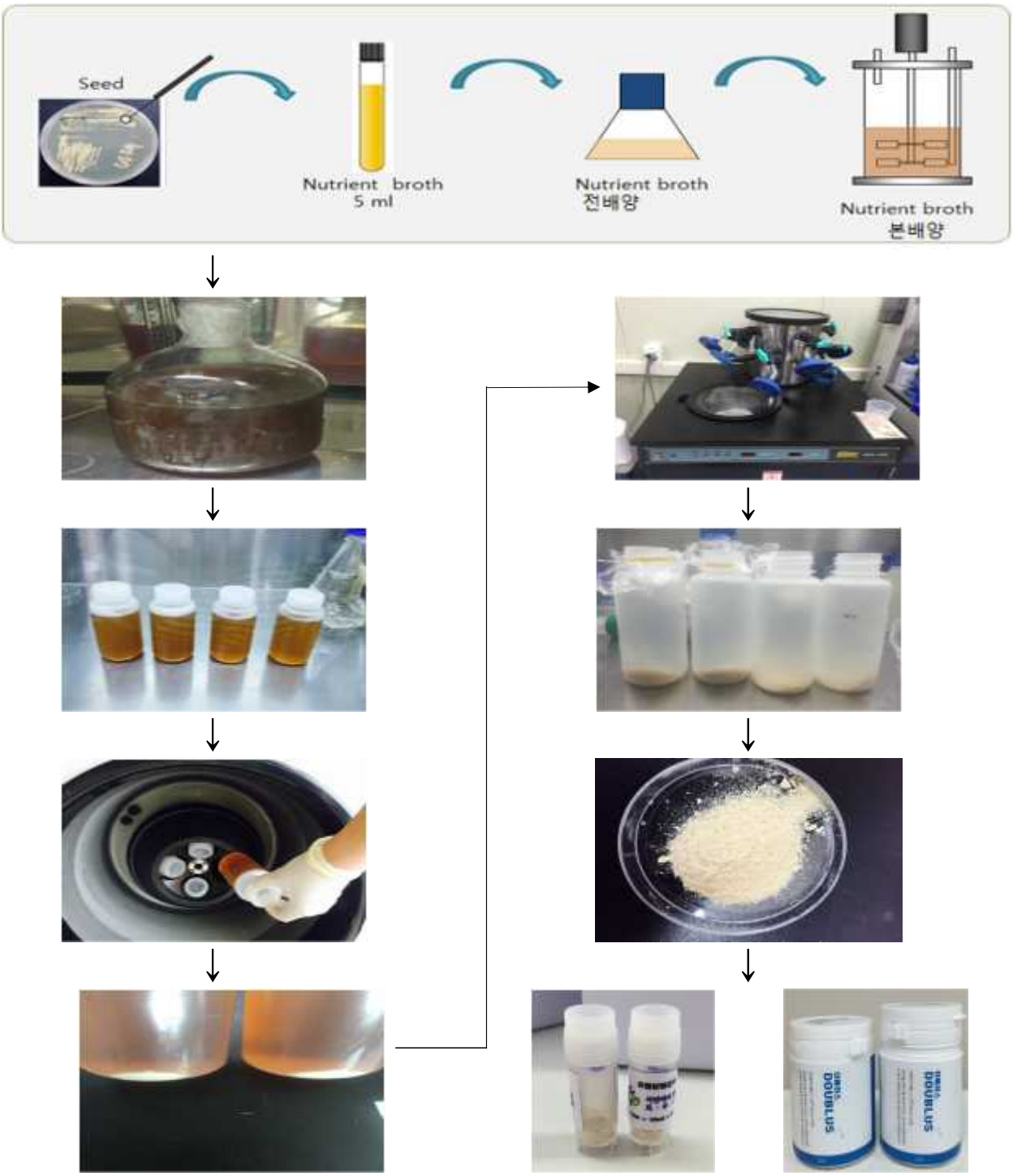
<그림 84> 혼합균주의 총균수 측정결과
(식약처 지정 제32호 자가품질분석 인증기관, 전북생물산업진흥원)

나. 마이크로 유용자원의 제형화 조건 및 SOP 공정 확립

1) 재료 및 방법

① 분말균주 제조

선별된 단일균주로부터 single colony를 취한 후 5 mL NB 배지에 접종후 혼합. 혼합균주의 1%(140 mL)를 pH 7의 NB 배지에 30 ˚C로 24시간 동안 14 L 배양. 최적 배양조건에 의해 배양된 혼합균주를 8000 rpm으로 15분간 원심 분리하여 균주만을 수집한 후 멸균된 0.85% NaCl 생리식염수로 세척. 재차 원심분리하여 상등액을 제거한 후 10% skim milk를 7:3 (균주:10% skim milk)의 비율로 첨가하여 잘 혼합하여 deepfreezer에 1일 동안 동결 후 3일 동안 동결건조를 진행.

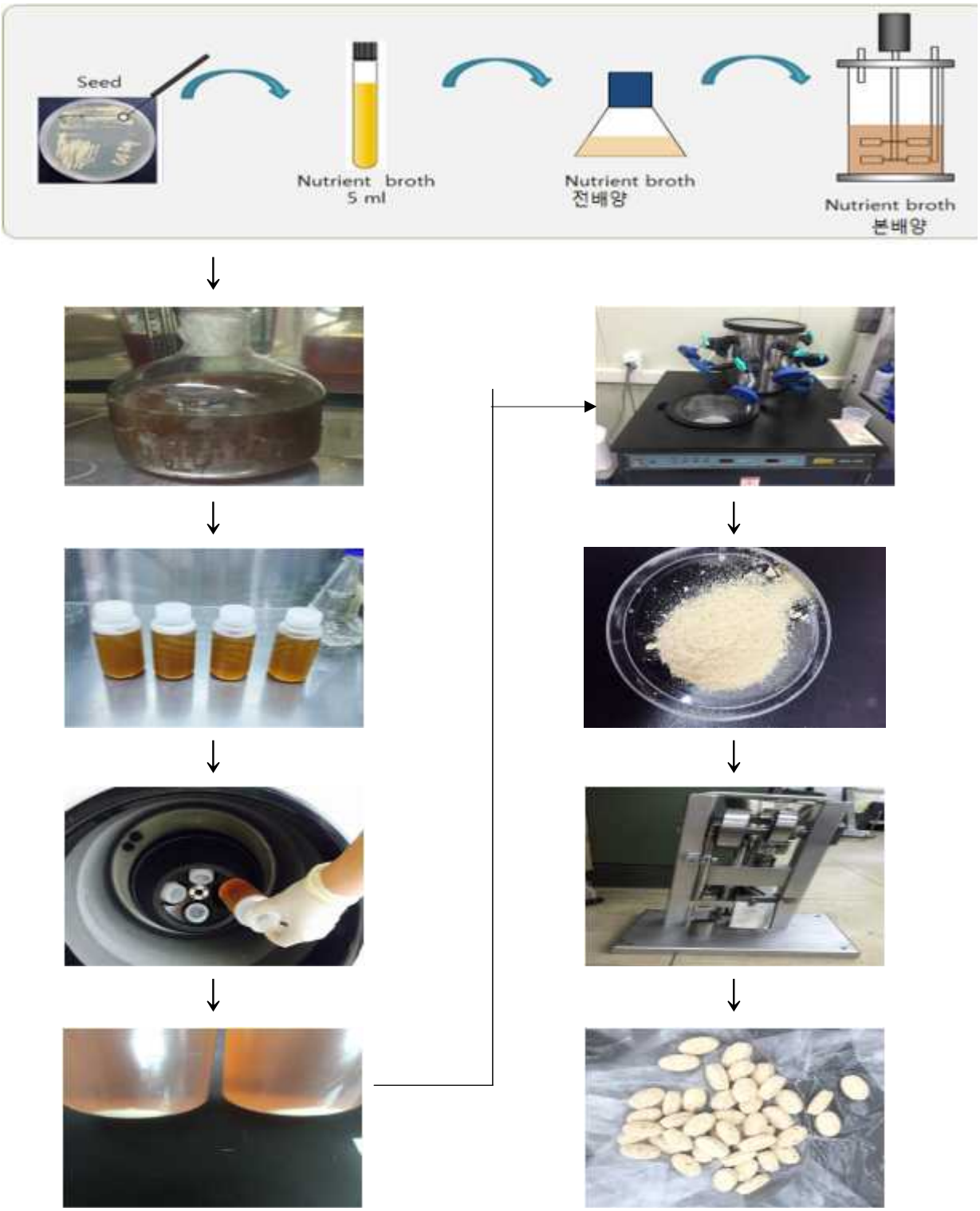


<그림 85> 혼합균주 분말 제형화 과정

② 타정 제조

○ 선별된 단일균주로부터 single colony를 취한 후 5 mL nutrient broth에 접종 후 혼합. 혼합균주의 1%를 pH 7의 Nutrient broth에 30 ˚C로 24시간 동안 배양. 최적 배양조건에 의해 배양된 혼합균주를 8000 rpm으로 15분간 원심 분리하여 균주만을 수집한 후 멸균된 0.85% NaCl 생리식염수로 세척. 재차 원심분리하여 상등액을 제거한 후 10% skim milk를 7:3(균주:10%

skim milk)의 비율로 첨가하여 잘 혼합한 후 deepfreezer 1일 동안 동결 후 동결건조 된 분말 균주 18.8%와 D-소르비톨 25%, 자일리톨 22%, 유당혼합분말 8%, 스테아린산마그네슘 1.7%, 이산화규소 0.5%, 말토덱스트린 24%를 혼합. 혼합된 원료를 타정기 호퍼로 연결하고 장방형 형태의 타정펀치로 타정.



<그림 86> 혼합균주 타정 제형화 과정

2) 실험 결과

① 분말균주 제형화 및 SOP 공정 확립

○ 분말균주의 CFU/g의 값을 측정하기 위하여 총균수 분석을 진행함. 혼합균주를 seed culture 배양 후 8000 rpm으로 15분간 원심분리 시켜 균주만을 수집하여 10% skim milk를 첨가하여 동결건조 시킴. '자연에서 자연으로 모두올청'의 경우 최종 균주의 농도는 1.5×10^{12} CFU/g으로 되었으며 '더블러스'의 경우 최종 분말제제의 농도는 1.2×10^{10} CFU/g으로 되었으며 이를 디자인이 탑재된 용기에 넣어 소분 포장 진행.

○ 효소활성 혼합균주를 14000 mL 대량배양 후 원심분리 시킨 결과 24.46 g의 균주만을 수집하였으며 7:3의 비율을 위하여 10.48 g의 10% skim milk를 첨가. 동결건조 결과 1.63 g의 동결건조 분말을 획득. '자연에서 자연으로 모두 올청'의 분말균주의 경우 용기에 탈지면과 실리카겔을 넣어 시제품화 시켰으며, '더블러스'의 분말균주의 경우 용기에 분쇄된 톱밥과 미생물을 혼합하여 시제품화 시킴.

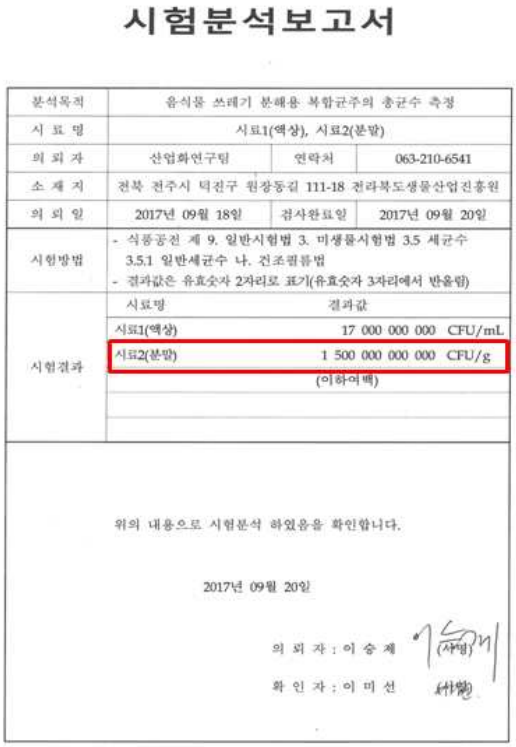
○ Lab scale에서 설정된 분말화 제조공정을 기초로 분말균주를 제조하였고 <그림 87>과 같이 확립. 각 공정의 설명을 <표 34-1>에 기술. 아래 <그림 88>은 표준화 과정이 확립된 공정으로 제조된 혼합균주 배양액의 분말균주.

<그림 87> 혼합균주 배양액의 분말소재 제조공정도

<표 34-1> 혼합균주 배양액의 분말소재 제조공정 설명

No	공 정	제 조 공 정 설 명
1-1	균주 배양액	▪ Nutrient Broth 상에서 혼합균주를 24시간 배양한다.
1-2	원심분리	▪ 원심분리기에서 8000 rpm으로 15분간 원심분리한다.
1-3	세척	▪ 0.85% NaCl 세척수로 3회 세척한다.
1-4	원료칭량	▪ 원심분리 후 수집된 균주만을 칭량한다.
2-1	부원료 칭량	▪ 균주와 10% skim milk는 7:3의 비율로서 10% skim milk를 칭량한다.
1-5	혼합	▪ 칭량한 원료와 부원료를 혼합한다.
1-6	동결건조	▪ 600 mTorr 이하의 진공 하에서 72시간 동안 동결건조 한다.
1-7	분쇄	▪ 파워밀(50 mesh)을 사용하여 분쇄한다.
1-8	분말소재 (보관)	▪ 분쇄가 완료된 분말소재는 무균실에서 용기에 탈지면과 실리카겔을 넣어 밀봉하여 냉동보관한다.(자연에서 자연으로 모두올청). ▪ 분쇄가 완료된 분말소재는 톱밥 분쇄물과 함께 혼합하여 냉동 보관한다.(더블러스).

<그림 88> 혼합균주 배양액의 분말균주화



시험분석보고서

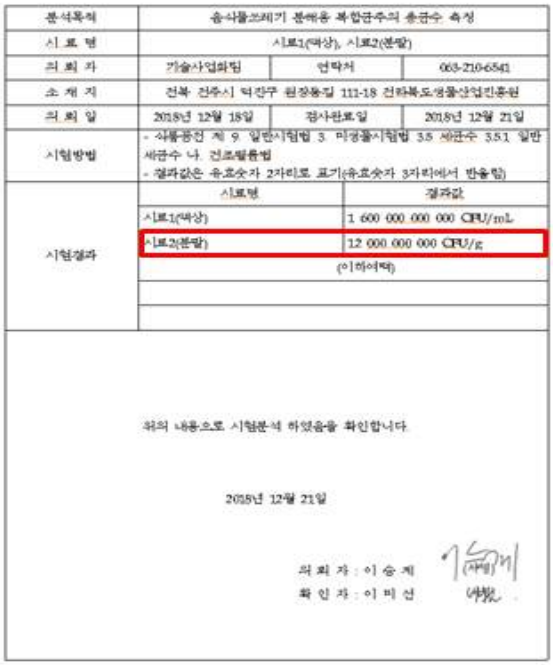
분석목적	음식물 쓰레기 분해용 복합균주의 총균수 측정		
시 료 명	시료1(액상), 시료2(분말)		
의 뢰 자	산업화연구팀	연락처	063-210-6541
소 재 지	전북 전주시 덕진구 원장동길 111-18 전라북도생물산업진흥원		
의 뢰 일	2017년 09월 18일	검사완료일	2017년 09월 20일
시험방법	- 식품공전 제 9. 일반시험법 3. 미생물시험법 3.5 세균수 3.5.1 일반세균수 나. 건조필름법 - 결과값은 유효숫자 2자리로 표기(유효숫자 3자리에서 반올림)		
시험결과	시료명	결과값	
	시료1(액상)	17 000 000 000 CFU/mL	
	시료2(분말)	1 500 000 000 000 CFU/g	
	(이하여백)		

위의 내용으로 시험분석 하였음을 확인합니다.

2017년 09월 20일

의 뢰 자 : 이 승 제 (서명)

확 인 자 : 이 미 선 (서명)



시험분석보고서

분석목적	음식물쓰레기 분해용 복합균주의 총균수 측정		
시 료 명	시료1(액상), 시료2(분말)		
의 뢰 자	기술사업화팀	연락처	063-210-6541
소 재 지	전북 전주시 덕진구 원장동길 111-18 전라북도생물산업진흥원		
의 뢰 일	2018년 12월 18일	검사완료일	2018년 12월 21일
시험방법	- 식품공전 제 9. 일반시험법 3. 미생물시험법 3.5 세균수 3.5.1 일반세균수 나. 건조필름법 - 결과값은 유효숫자 2자리로 표기(유효숫자 3자리에서 반올림)		
시험결과	시료명	결과값	
	시료1(액상)	1 600 000 000 000 CFU/mL	
	시료2(분말)	12 000 000 000 CFU/g	
	(이하여백)		

위의 내용으로 시험분석 하였음을 확인합니다.

2018년 12월 21일

의 뢰 자 : 이 승 제 (서명)

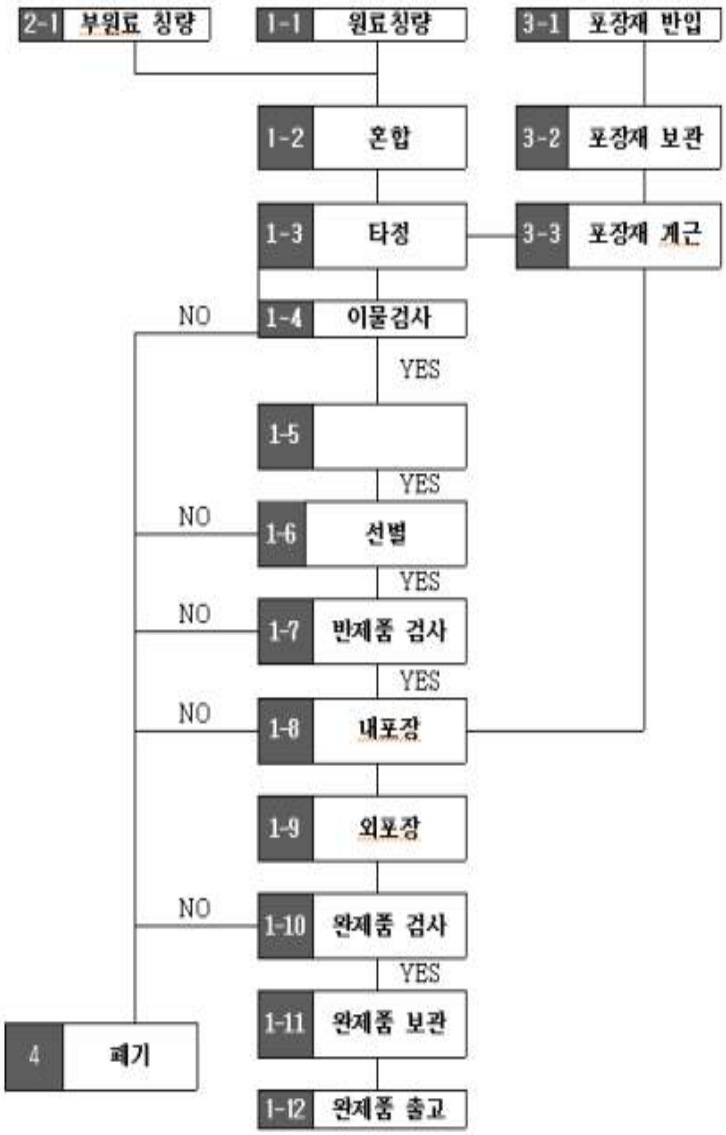
확 인 자 : 이 미 선 (서명)

<그림 89> 혼합균주의 총균수 측정결과(액상 분말)
(식약처 지정 제32호 자가품질분석 인증기관, 전북생물산업진흥원)

② 타정 제형화 및 SOP 공정 확립

○ 혼합균주를 seed culture 배양 후 8000 rpm으로 15분간 원심분리 시켜 균주만을 수집하여 10% skim milk를 7:3으로 첨가하여 동결건조 시켰으며, 분말균주 및 말토덱스트린 등 부형제를 첨가하여 혼합 후 타정제조.

○ Lab scale에서 설정된 분말화 제조공정을 기초로 타정 제조하였고 <그림 90>과 같이 확립. 각 공정의 설명을 <표 34-2>에 기술. 아래 <그림 91>은 표준화 과정이 확립된 공정으로 제조된 혼합균주 배양액 타정.



<그림 90> 혼합균주 배양액의 타정 제조공정도

<그림 91> 혼합균주 배양액의 타정화

<표 34-2> 혼합균주 배양액의 타정 제조 공정설명

No	공 정	제 조 공 정 설 명 서
1-1	원료칭량	▪ 혼합분말균주를 배합비율에 따라 칭량한다.
2-1	부원료 칭량	▪ 부원료를 배합비율에 따라 전자저울로 칭량 및 소분한다.
1-2	혼합	▪ 칭량한 원료와 부원료를 혼합한다.
1-3	타정	▪ 혼합된 원료를 타정기 호퍼로 연결하고 장방형 형태의 타정펀치로 타정한다.
3-1	포장재 반입	▪ 인수검사를 하고 인수검사가 끝나면 적합판정 기준에 따라 입고한다.
3-2	포장재 보관	▪ 품목별로 시험 전·후를 구분하고 입고순서에 따라 보관한다.
3-3	포장재 계근	▪ 1일 혹은 1batch 당 사용수량을 계수한다.
1-4	이물검사	▪ 금속검출기를 통해 SUS(0.5mm), Fe(0.5mm)등의 이물혼입 여부를 확인한다.
1-5	코팅	▪ 타정된 반제품을 미리 만들어 놓은 코팅용제를 사용하여 충분히 코팅한다.
1-6	선별	▪ 정제 선별기를 통하여 정제품의 외형을 검사하고 선별 후 반제품 보관실에 보관한다.
1-7	반제품 검사	▪ 샘플링하여 성상, 미생물 등을 검사한 후 적합품에 한해 포장실로 이동한다.
1-8	내포장	▪ 병 충진기로 충진 후 내포장이 끝난 제품은 물류보관실로 이동한다.
1-9	외포장	▪ 유통기한 등 표시사항을 확인 후 지함을 이용하여 포장단위에 따라 포장한다.
1-10	완제품 검사	▪ 건강기능식품 규격에 의한 검사를 실시한다.
1-11	완제품 보관	▪ 검사 결과 적합한 제품에 한하여 상온에서 보관한다.
1-12	완제품 출고	▪ 선입선출에 의거 출하한다.
4	폐기	▪ 부적합 판정을 받은 것은 별도 보관하여 폐기한다.

4.2 제형화 제품의 패키지 디자인 개발

가. 미생물 제형화에 따른 농축액상 및 분말균주 디자인 개발

1) 재료 및 방법

○ 음식물쓰레기를 완벽하게 깨끗이 분해하자는 의미로 클린퍼펙트라는 CI와 음식물쓰레기를 재활용하여 자연과 함께 어울러 깨끗해지자는 의미로 자연에서 자연으로 모두올 청의 CI를 만들어냈으며, 음식물쓰레기에 미생물 투입시 균주의 빠른 활성화를 위하여 농축액상과 분말균주를 같이 투입함으로써 효과를 2배로 더하는 의미로 Double과 Plus를 합쳐 더블러스라는 CI를 제작.

2) 디자인 결과

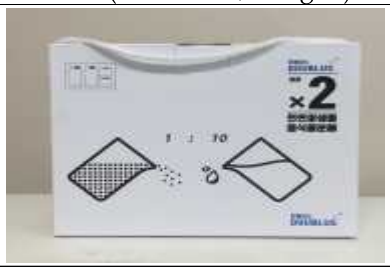
BI(Brand Identity) 개발	용기 design 개발	Box design 개발
클린 퍼펙트	스티커 방식 적용	500 ml × 4 bottles

<그림 92-1> 클린퍼펙트 Package Design 개발

BI(Brand Identity) 개발	Vial design 개발	Box design 개발
자연에서 자연으로 모두 올 청	스티커 방식 적용	(1 vial × 10 ea) × 5 box

<그림 92-2> 자연에서 자연으로 모두올청 Package Design 개발

BI(Brand Identity) 개발	용기 design 개발	Package design 개발
더블러스(Doublus)	스티커 방식 적용	1 box(500 mL×2, 50 g×2)



<그림 93> 더블러스 Package Design 개발

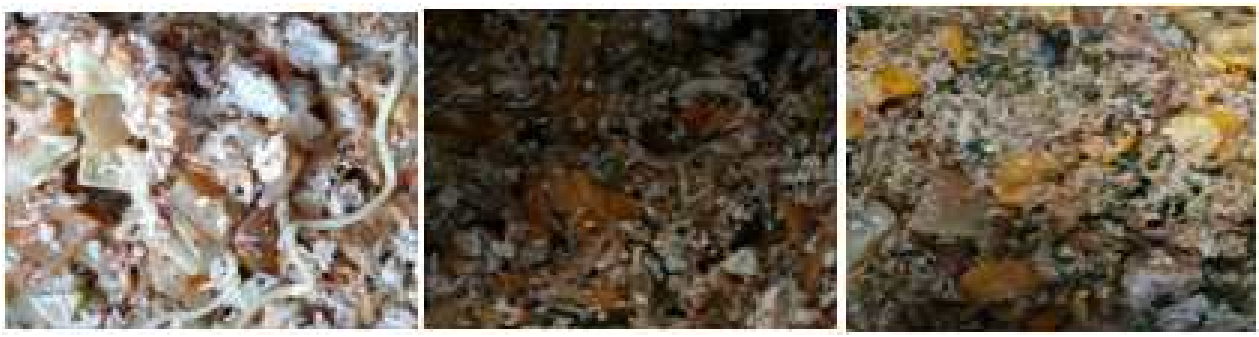
Ⅱ	음식물쓰레기 분해산물 통합시스템 구축

1. 처리용량 4kg/일 음식물쓰레기 분해소멸시스템 설계 및 운전

1.1 음식물쓰레기 발생 현황 및 물성분석

가. 학교급식처 음식물쓰레기 배출량 및 형상

○ 선정 급식학교: 익산 고등학교
○ 배출량: 350kg/일



<그림 94> 음식물쓰레기

○ 특징
① 일일 배출량이 많음
② 식단구성에 따른 다양한 종류의 음식물
③ 식판을 사용한 일괄 배출로 수분 많음

나. 외식업체 음식물쓰레기 배출량 및 형상

○ 선정 외식업체 : 삼순이 가든
○ 배출량 : 15~20kg/일

<그림 95> 음식물쓰레기

○ 특징

① 일일배출량 적음

② 주문 메뉴에 따른 다양한 형태의 음식물쓰레기

③ 음식물 배출에 따른 비용지출로 수분제거 배출

다. 아파트 음식물쓰레기 배출량 및 형상

○ 선정 아파트: 익산 모현동 고려빌라

○ 배출량: 30~40kg/회

<그림 96> 음식물쓰레기

○ 특징

① 종량제에 따른 배출로 주3회 배출

② 가정의 식단에 따른 다양한 형태 음식물쓰레기

③ 3L 용기이용 배출에 따른 비용지출로 수분제거 배출

라. 음식물쓰레기 수급 용이성 고려

○ 물리적 측면 - 음식물쓰레기수거 시간, 거리의 효율성

○ 배출형상적 측면 - 다양한 음식물쓰레기 배출형상의 실험 가능성

○ 협조적 측면

① 농촌근접으로 음식물쓰레기 동물먹이 고정 처리농가 지정

② 음식물쓰레기 배출량 소량 간헐적 수거로 관리자의 미온적 태도

마. 음식물쓰레기 물성 분석

○ <그림 97>은 음식물쓰레기 분해·소멸을 위해 투입된 음식물 사진임. 음식물쓰레기 분해·소멸 과정에서 수분 제거 역할 및 수분 함량 조절제로 사용된 우드칩은 <그림 98>와 같음. 우드칩은 육안으로도 목재와 토사류 같은 물질이 혼재되어 있으며, 우드칩 제조 과정에서 목재에 영양소를 혼합하여 제조하며 우드칩 제조 공정은 <표 35-1>과 같음.

<그림 97> 투입 음식물 사진

(a) 우드칩(wood) (b) 우드칩(양분)

<그림 98> 우드칩과 우드칩 양분의 사진

<표 35-1> 우드칩의 제조공정

구분	설 명
목질세편 준비	목질세편(2~10mm) 크기로 준비
무균 처리	목질세편을 4~8% 이산화황 수용액에 투입하여서 1~2시간 함침
건조 혼합	약 100˚C에서 30~90분 건조 및 혼합
영양소 첨가	복합효소를 목질세편 100g에 대하여 5~15g 정도로 첨가
포장 및 보관	-

○ <표 35-2>는 음식물쓰레기와 우드칩의 성상분석 결과를 나타냄. 수분함량의 경우 음식물쓰레기 81%, 우드칩 36% 였으며. 음식물쓰레기의 NaCl 농도는 약 8% 가량이었으며, TS, VS 분석결과 우드칩이 음식물쓰레기에 비해 약 3배가량 높게 분석되었음. T-N의 경우도 우드칩이 약 2배가량 높게 검출되었음.

○ 음식물쓰레기 원소분석 결과 carbon이 약 50% 이상 차지하였음. 우드칩과 음식물쓰레기의 TS, VS, T-N, NaCl 등의 농도가 상이하게 다르기 때문에 음식물쓰레기와 우드칩의 혼합비가 중요할 것으로 판단됨.

○ 음식물쓰레기 저위 발열량은 (함수율 10%로 계산) 3,637 kcal/kg 으로 일반적인 음식물쓰레기 저위 발열량과 비슷한 결과를 보였음 (Son 등, 2008).

○ 음식물쓰레기의 원소분석 결과를 토대로 식 1을 이용하여 CO_2 발생량 및 CO_2 농도를 계산한 결과 음식물쓰레기 1 mol 분해 시 CO_2 발생량은 약 78.85 L-CO_2, CO_2 발생 농도는 약 16%로 계산되었음.
또한, 음식물쓰레기 1 mol을 분해하기 위해 필요한 공기량은 0,43 m^3/mol (at 12 ˚C) 이었음.

$$CaHbOcNd + (4a+b-2c-3d)/4\ O_2 = aCO_2 + (b-3d)/2\ H_2O + dNH_3 \qquad (식\ 1)$$

여기서, a, b, c, d는 원소분석 결과 시료 구성원소의 mol 수

<표 35-2> 음식물쓰레기와 우드칩 성상분석 결과

항목		음식물쓰레기	우드칩
Moisture content		81.6±5.3	36.1±9.7
Proximate analysis (wt%, on dry basis)	Volatile matter	75.20	48.87
	Fixed Carbon	20.78	7.93
	Ash	3.92	0.22
	TS	20.4±5.3	63.0±9.7
	VS	17.1±3.7	45.1±6.9
	NaCl	8.2±3.7	-
	T-N	2.9±1.3	5.0
Ultimate analysis (wt%, on dry basis)	Carbon	42.3	51.6
	Hydrogen	6.0	7.5
	Oxygen	33.9	30.9
	Nitrogen	1.3	3.8
	Sulphur	0.4	0.6
Low heating value (kcal/kg)		3,637	4,566

※ TS (Total solid), VS (Volatile solid), T-N (Total nitrogen)

1.2. 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 설계 및 제작

가. 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 설계

1) 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 WBS 구성

○ 음식물쓰레기 분해·소멸시스템에 요소기술별 요건분석, 기능분석, 기능할당, 시스템 통합 WBS(Work Breakdown Structure) 구성을 위해 앞서 음식물쓰레기 분해·소멸시스템관련 자료 조사 및 요소기술 분석과 음식물쓰레기 물성 분석 및 성상 분석을 통해 기본 설계 개념을 확립함. 요소기술설계와 검증반복을 통해 음식물쓰레기 분해시스템을 구성하고 영향 인자들의 통합 시험 시스템 구현 및 열유동 해석 등의 요소시스템 간의 상호관계성 분석을 통한 체계화를 확립하고자함. 이를 통해 최종적으로 음식물쓰레기 분해·소멸시스템의 최적화 목표를 달성하고자함.

○ <그림 99>은 음식물쓰레기의 분해·소멸시스템의 전체 공정이 나타나 있으며, 이 공정에서 고등기술연구원은 음식물쓰레기 분해·소멸장치, 습공기 제어시스템 부분을 중점으로 과제를 수행하였으며 음식물쓰레기 분해·소멸시스템의 장치 설계 및 구성을 위해 <표 36>에 요소기술의 항목 및 역할에 대해 기술하였음.

<그림 99> 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 공정도

<표 36> 요소 기술별 항목 및 역할

항목	역할	제원
반응기	• 원료의 메인 반응이 일어나게 하기 위한 구조 • 미생물의 반응 확인 및 고활성을 위해 각종 센서들의 장착 및 환경조성 • 음식물 투입구를 상부에 위치시켜 음식물 투입이 용이하게함	• 10 kg/day, Stainless steel (400W×800L×300H) • 음식물 투입구(상·하 여닫이 또는 슬라이드 개폐식)
교반기	• 반응기내 원료 혼합과 통기개량 상승을 유도 • 2개의 교반기가 양방향으로 작동하여 균질한 혼합효과	• AC모터&감속기:1/300×0.12kw • 2개의 모터구동 • 회전속도:1~15rpm • 정방향 1분 가동 후 2분 휴식, 역방향 1분 가동
분해·소멸 모니터링을 위한 센서	• 주요 인자들 감지 • 반응기 하부 및 상부에 설치하여 미생물 활성 감지 • 반응물에 근접한 위치에 있어 오차를 줄임	• O_2 : 0 ~ 30%(전기화학 방식) • CO_2 : 0~ 50,000 ppm(NDIR, 반도체 방식) • NH_3 : 0~ 100 ppm(전기화학 방식) • 습도계: 0~100%(room type) • 온도계: 0~100˚C(room type)
로드셀	• 무게변화 측정을 통한 음식물쓰레기 감소 및 미생물에 발효에 의한 수분 증발로 인한 무게 증감 등의 확인가능.	• 플랫폼스케일 • Max 300 kg (측정단위 0.1kg) • 1200×1000×120
산기관	• 외부 공기를 유입하여 미생물의 호기성 반응을 가능하게함 • 유기물 분해와 수분 증발 유도	• Size 20A, 6개 • 반응기 하부 또는 중부에 위치
MFC	• 정량적인 공기송풍을 가능하게 함	• 유량: 40 L/min • 유체: Air
진공펌프	• 습공기제어를 목적으로 압인송풍을 가능하게 함	• 유량: 40 L/min(200x120x155) • 마력: 1/8 HP
Chiller	• 저온의 물을 응축탱크에 순환시켜 습공기를 응축시킴	• 용량: 20L(수냉식 순환펌프) • 펌프용량: 0.75kw • 냉각능력: 2800~3000 kcal/hr
응축탱크	• 응축된 습공기를 저장하고 배출시킴 • 온·습계를 통해 응축효율 확인	• 용량: 30L(300*400)
PLC & PC	• 센서를 통한 각종 데이터신호 제어 및 데이터저장	• AO:XBF-DV04A • HMI key lock 64

2) 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 설계

○ 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 물질 및 에너지 수지 산출을 통해 반응기 용량 및 형태를 설정하였고 기존의 문헌연구와 분석 및 시뮬레이션 해석을 통해서 Lab scale 분해·소멸 장치의 형태, 운전조건, 분석항목과 모니터링 항목 및 센서 설치 위치 등을 고려하여 Lab scale 반응기를 설계함.

○ <그림 100>에 앞에서 결정한 모니터링 항목의 센서 위치와 음식물 투입구 및 발효물질 배출구, 운전조건 구현을 위한 구동부와 공기유입 및 배출구 등을 고려하여 최종 선정된 첫 번째 설계도면을 나타냄.

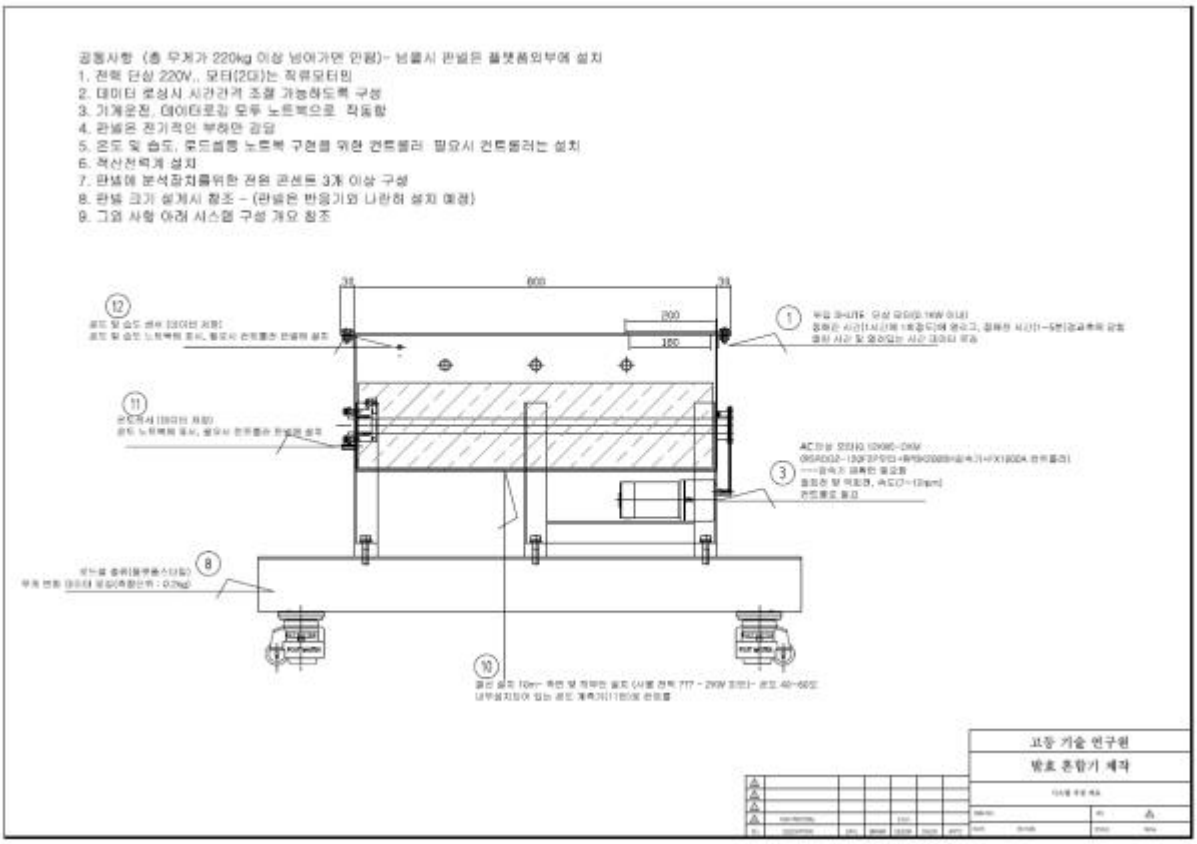
○ 반응기 전체 용량은 교반기와 일부 공간을 제외하였을 때 약 86L로 실제 실험에서 적용할 수 있는 샘플링 포트까지의 유효용량은 약 58L로 판단됨. 음식물의 평균 밀도는 0.95g/㎤이고 수분조절제는 0.27g/㎤로 밀도값이 낮기 때문에 수분조절제에 의해 부피 변동이 크게 나타남. 따라서 본 반응기용량에서 가능한 음식물쓰레기의 일일 처리량은 10kg 미만일 것으로 판단됨.

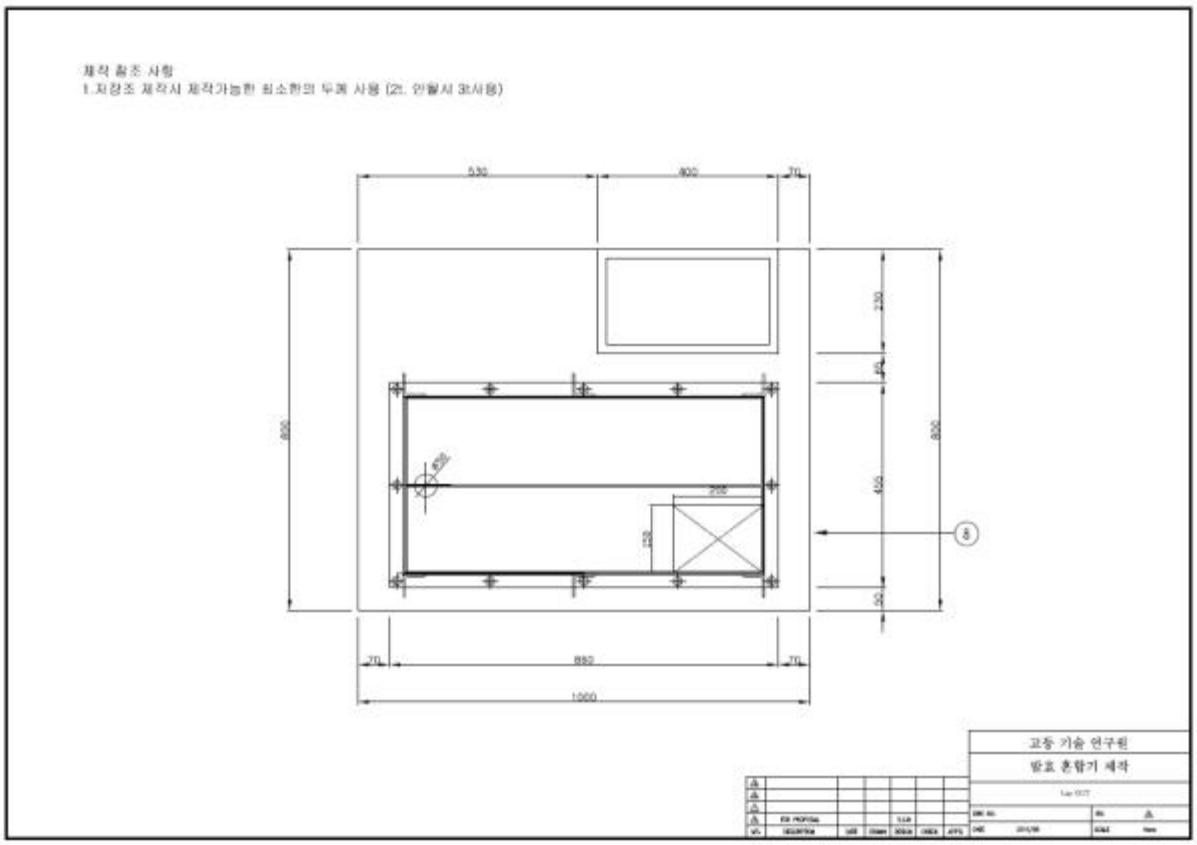
○ <그림 101>에 온도 및 습도센서가 상부와 하부에 위치해 있으며 양옆 6개의 샘플링 포트(20A)를 통해 발생되는 기상분석과 외부공기 유입구로 사용하고자 하였음. 데이터로깅 시 시간간격 조절이 가능하도록 구성되었고 PC(노트북)을 통해 기계운전과 데이터로깅이 모두 작동할 수 있게 설정됨. 하부에는 열선이 장착되어 겨울철 영하로 내려가는 외부온도의 영향을 최소화하였음.

○ <그림 102>에는 원료 투입구, 교반기, 모터, 발효물 배출구, VENT(50A) 등이 나타나 있음. 원료투입구는 실제 사용 시 기밀성 문제 등이 발생할 수 있어 테스트가 필요할 것으로 판단됨. 교반기 모터는 AC 단상 모터로 교반기 2개에 한 개로 운전이 되므로 원료혼합과 교반의 효과가 미미할 경우 보완이 필요할 것으로 판단됨. 발효물 배출구는 고정된 형태로 발효물을 아래로 배출할 수 있게 설치함. VENT 라인은 호기성 발효가 일어나 수분증발이 되면 외부로 배출하기 위해 설치함.

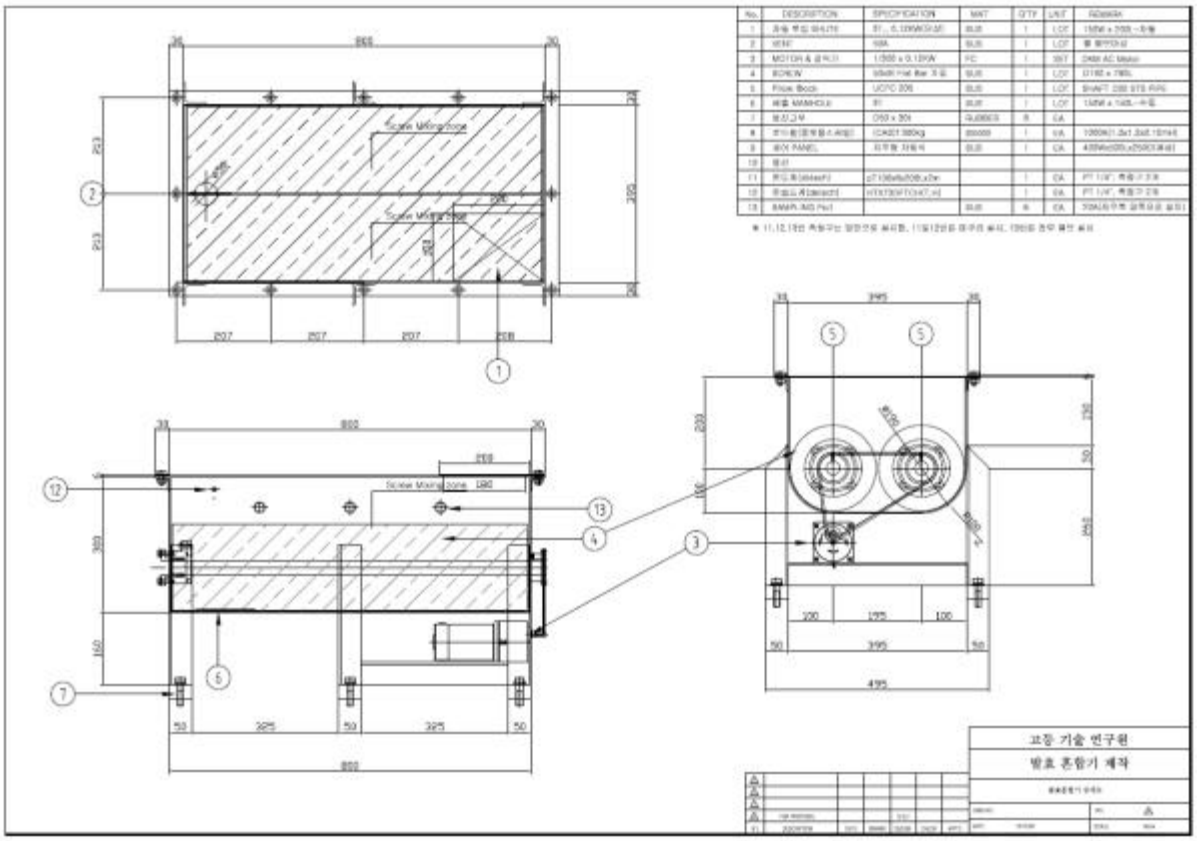
○ <그림 102>은 교반기형태와 로드셀이 나타나 있음. 교반기는 스크류 형태로 2기의 교반기가 서로 간섭이 없게 운전 가능함. 플래폼 스케일의 로드셀은 감당 무게가 최대 300kg이고 측정단위는 0.2kg임.

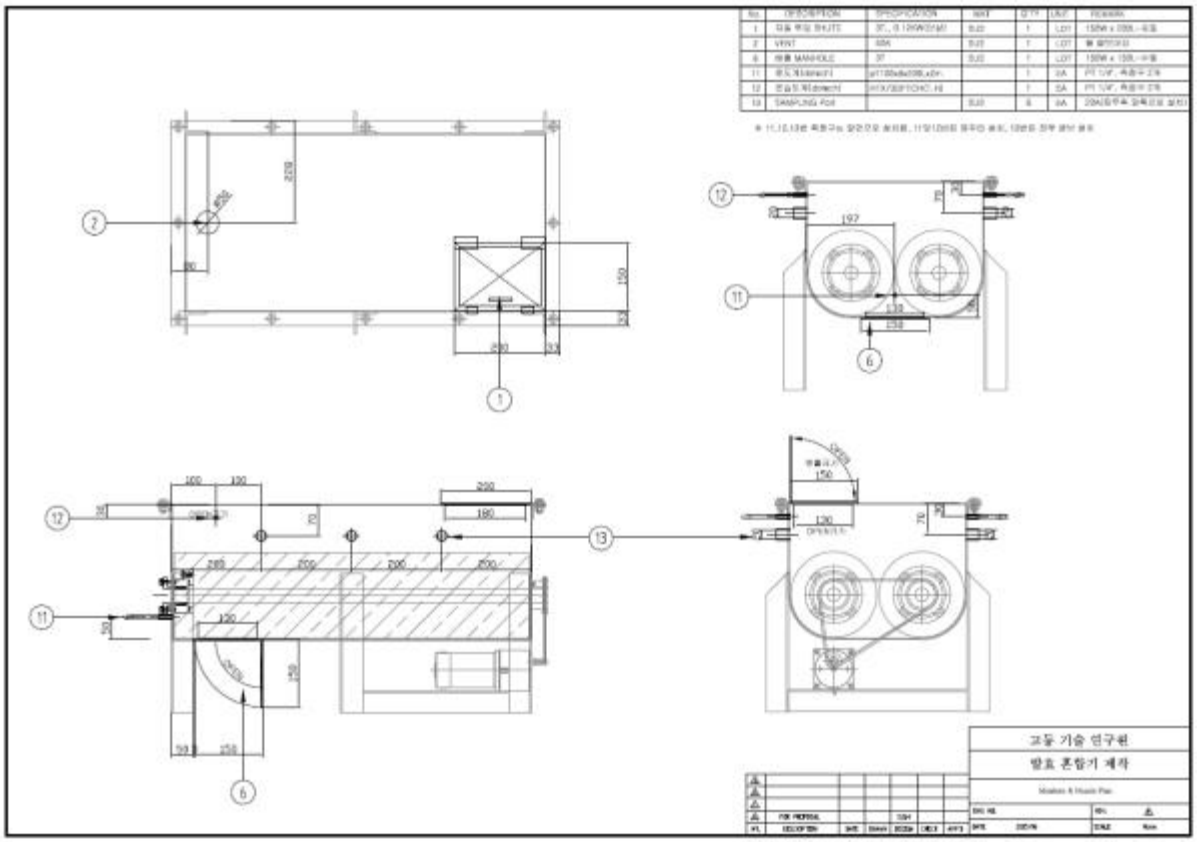
○ <그림 103>은 장치 전기 도면을 나타낸 설계 도면임.



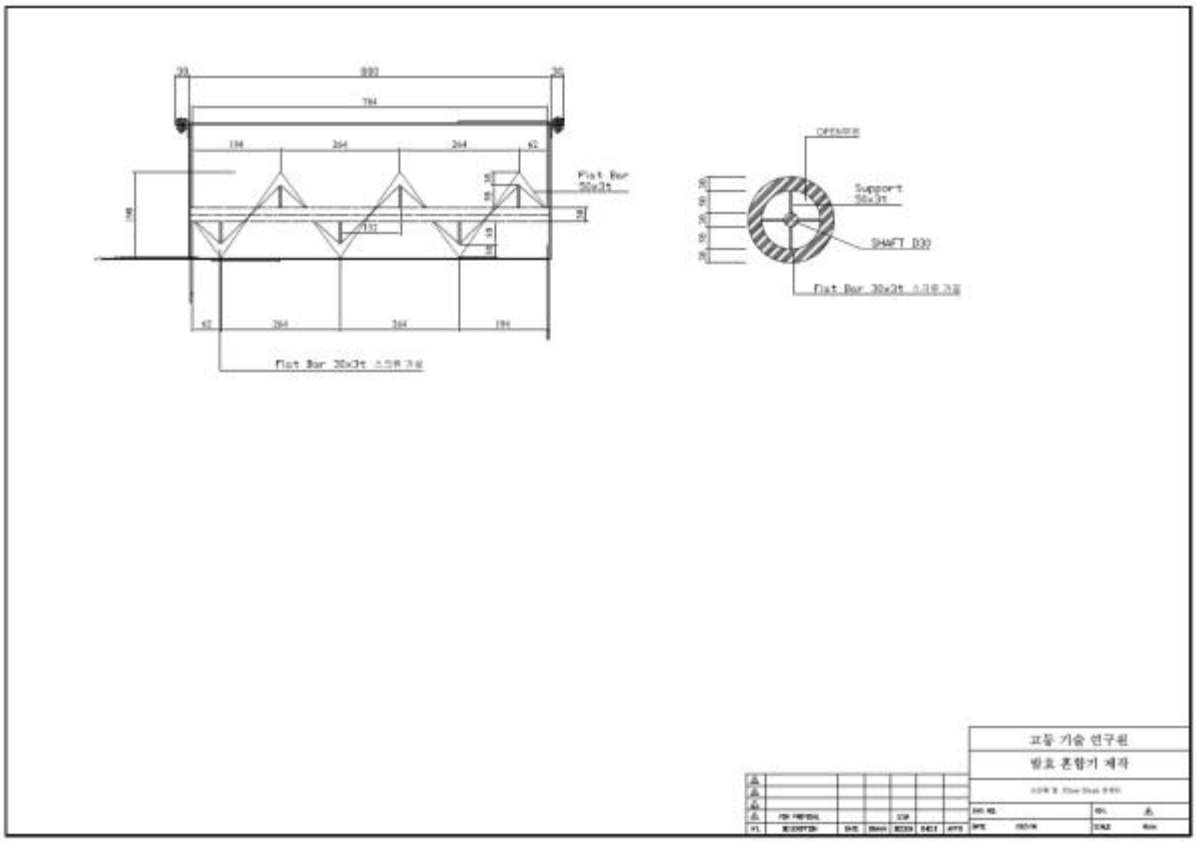


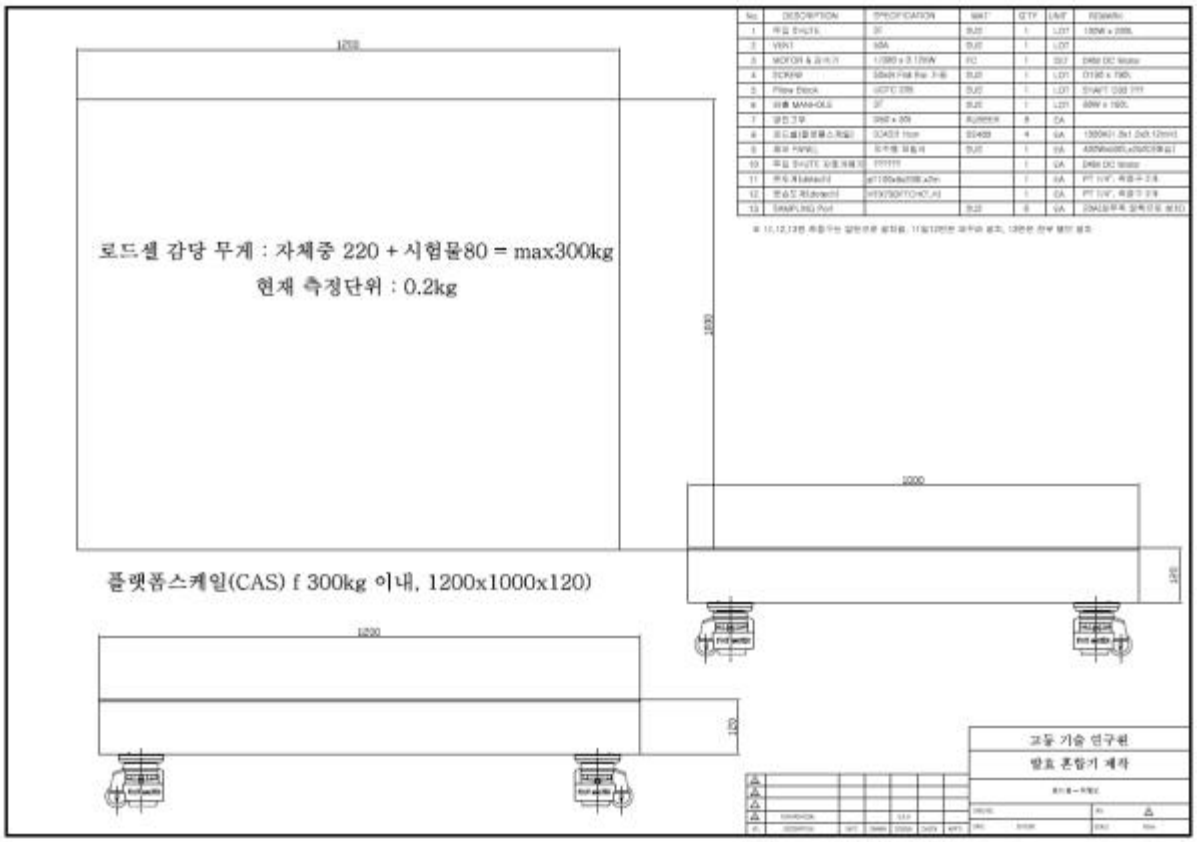
<그림 100> Lab scale 분해·소멸 장치 설계도면



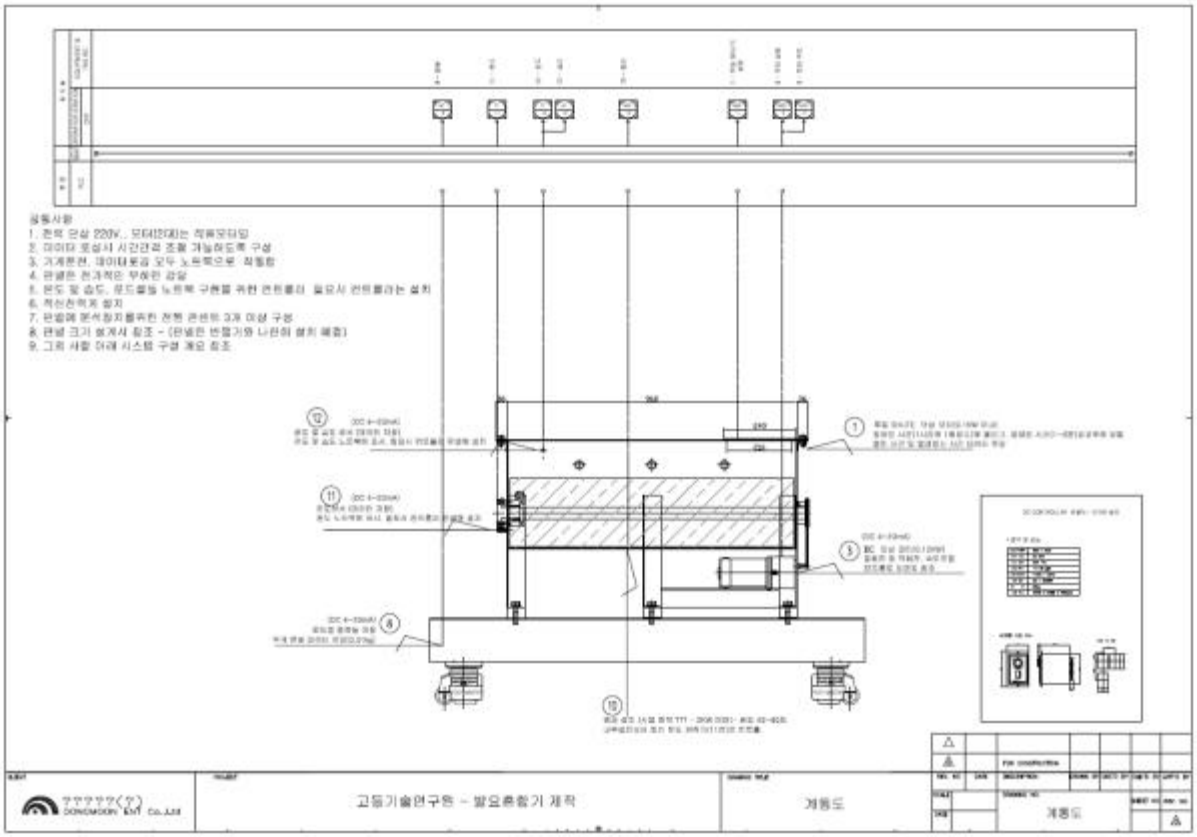


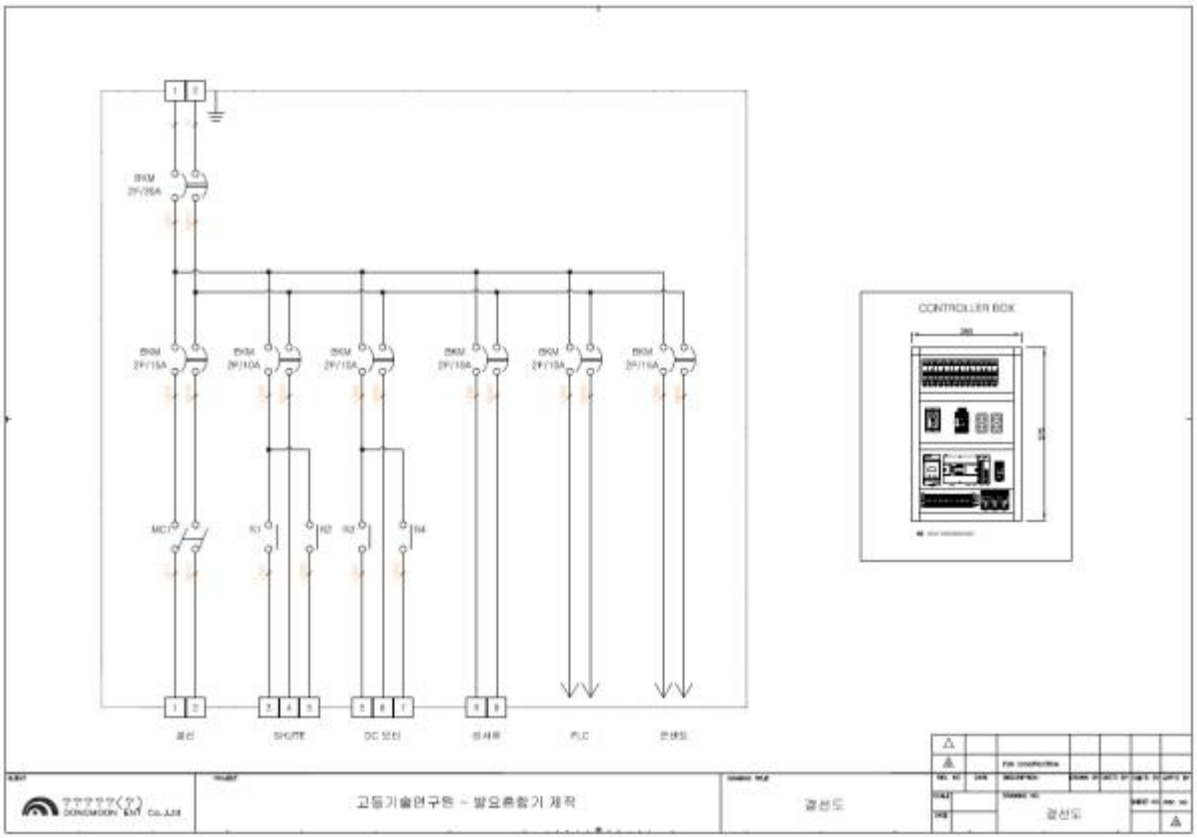
<그림 101> Lab scale 분해·소멸 장치 설계도면 (계속)





<그림 102> Lab scale 분해·소멸 장치 설계도면 (계속)





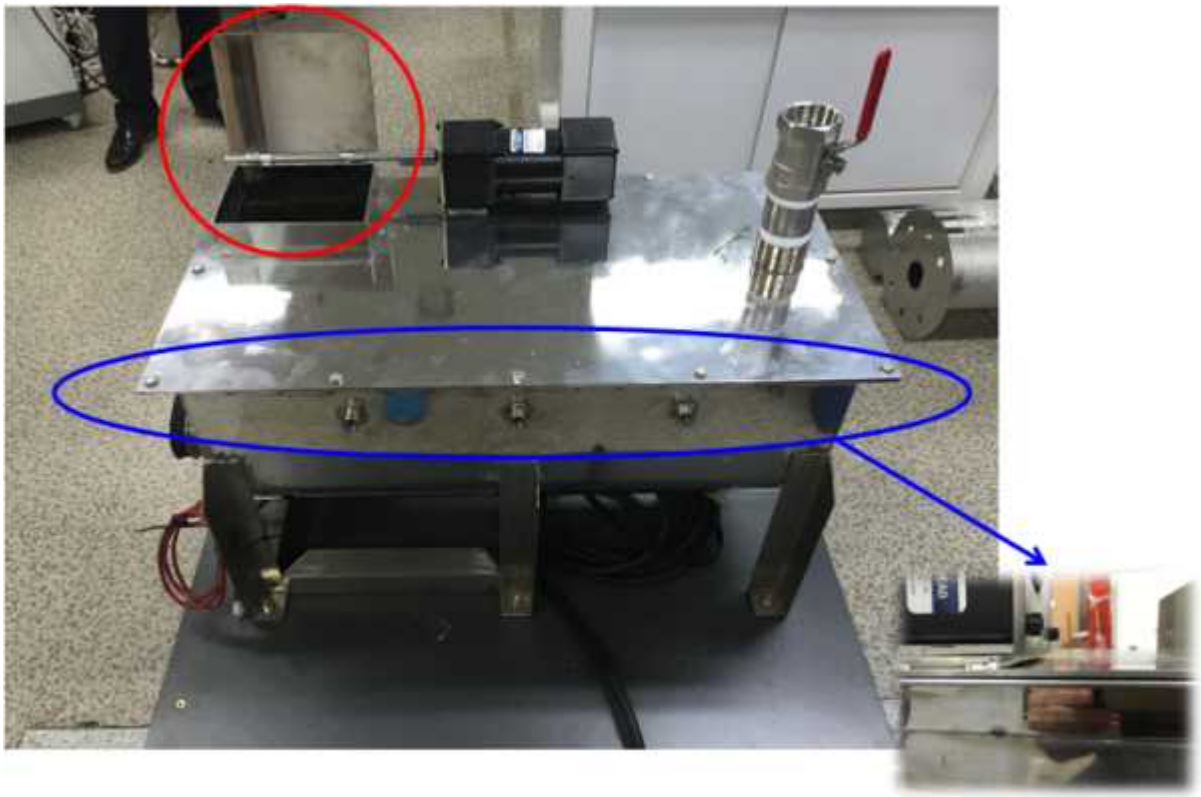
<그림 103> Lab scale 분해·소멸 장치 설계도면 (계속)

3) 음식물쓰레기 분해·소멸 시스템 장치 보완사항

○ Lab scale 분해·소멸 장치 설계도면을 통해 1차 제작된 분해·소멸 장치의 예비테스트를 수행하였으며, 분해·소멸 연속운전에 필요한 보완사항을 발견하고 아래와 같은 내용을 보완함.

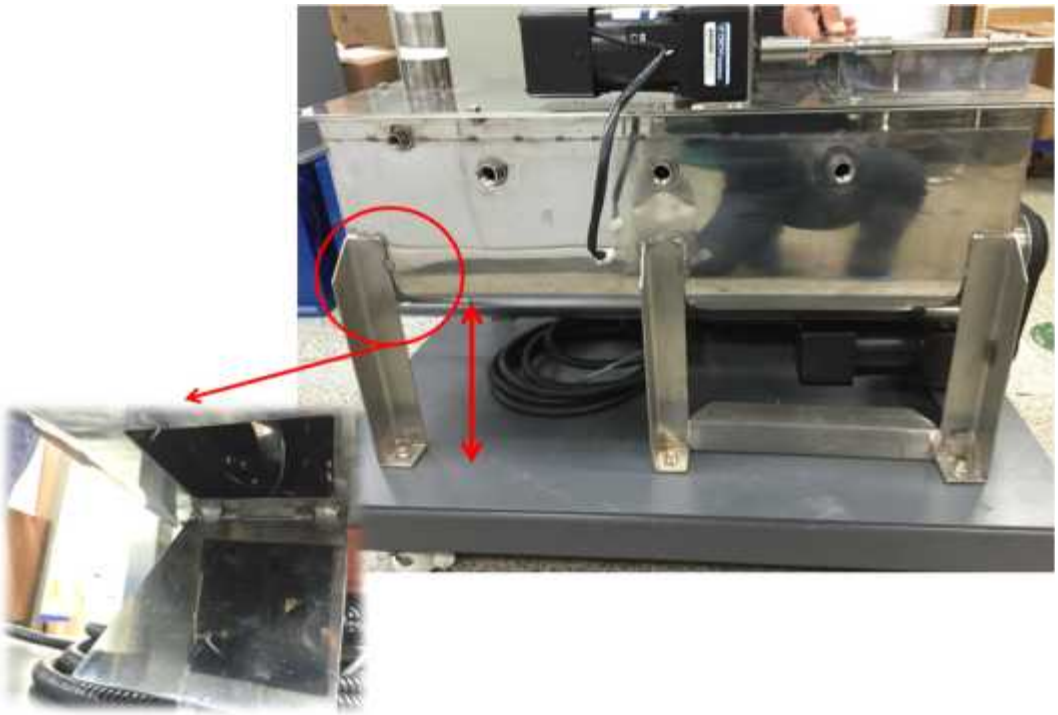
○ 분해·소멸 장치의 투입구와 반응기 전체의 기밀성이 없어서 악취와 내부와 외부공기의 유입 및 배출로 인해서 정확한 가스 분석 결과를 얻기 어려움. 상용화 장비도 완벽한 기밀을 유지하지 못하지만 현재처럼 공기의 입출입이 쉽지는 않음. 또한 분해·소멸 장치 상부 전체 개폐의 어려움이 있어서 쉽게 개폐가 가능하도록 보완함.

○ 원료 투입구도 자동 슬라이드 방식으로 교체하고 기밀성을 높임 <그림 104>.



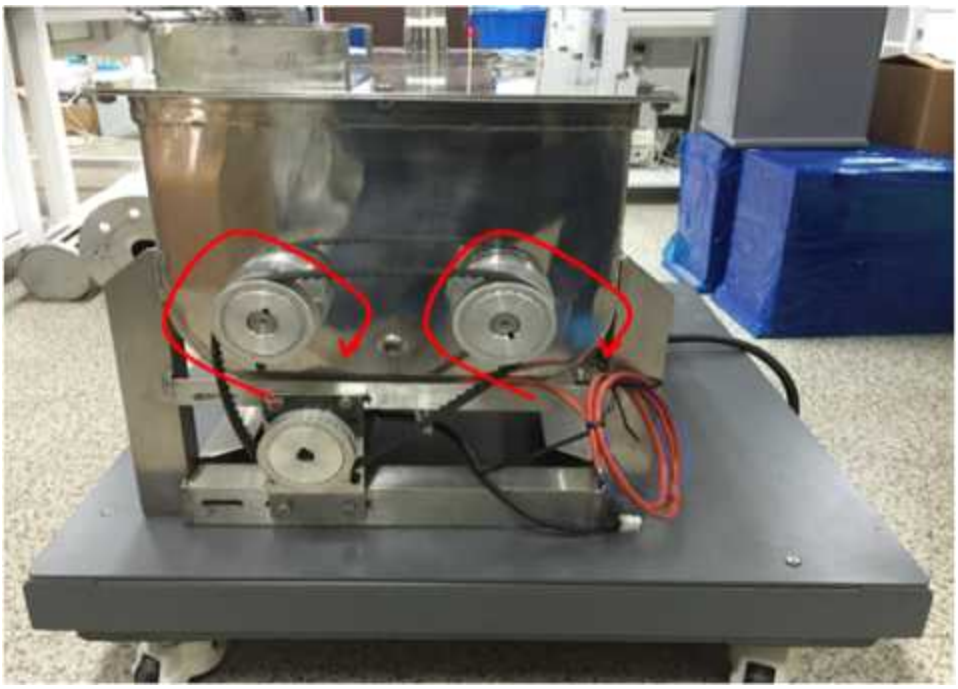
<그림 104> Lab scale 분해·소멸 장치 1차 완성사진(기밀성 문제)

○ 분해·소멸 장치의 발효물질 배출구가 낮아서 연속운전 시 발효물질 배출에 어려움이 있으며, 발효 연속운전 시 배출구가 반응기 하단부에 설치되어 음식물에서 배출되는 수분으로 인한 누수 문제가 발생할 수 있어서 반응기의 높이와 누수문제 보완함 <그림 105>.



<그림 105> 분해·소멸 장치 1차 완성사진(발효물질 배출 및 누수 문제)

○ 분해·소멸 장치 내부의 발효물질 혼합을 위한 2개의 Agitator가 하나의 모터를 이용하여 같은 방향으로 회전하는 것을 원활한 혼합을 위해서 다른 방향으로 회전하도록 하고 혼합에 무리가 없도록 각각의 모터를 이용하여 혼합하도록 보완하였음 <그림 106>.



<그림 106> Lab scale 분해·소멸 장치 1차 완성사진(agitator 혼합방향)

○ 센서류의 위치도 측면이 아닌 반응기 상부로 위치를 옮겨서 반응기 유효용적을 모두 이용 가능하도록 변경을 하였으며, 센서가 직접 발효물질과 접촉하는 것을 막기 위해서 센서를 보호하는 Mesh도 설치하도록 보완함.

○ 가스분석용 센서는 유지보수가 쉽도록 각각의 센서별로 탈부착이 가능하도록 보완하였으며, 상용화 분해·소멸 장치처럼 감압을 통한 공기 공급 시 분해·소멸 장치 내부의 압력을 측정하기 위해서 압력센서를 추가하였음. 상대습도와 반응기 내부 가스 온도 측정 장치도 상부에 설치함.

○ 발효물질의 온도는 반응기 하부 가운데 4곳의 온도를 측정할 수 있게 추가하여 분해·소멸 장치 내부의 발효물질 온도를 좀 더 정확하게 측정할 수 있도록 보완함.

○ 기존의 분해·소멸 장치 측면의 센서 위치는 Gas detector를 이용한 분석을 위한 Gas sampling port와 공기를 공급하는 곳으로 이용하였음. 수정·보완된 Lab scale 분해·소멸시스템 장치의 설치 사진은 <그림 107>과 같음.

<그림 107> 분해·소멸 장치 상부의 사진

○ <그림 108>에서 분해·소멸기 반응기 내부 응축수 발생 현상을 확인할 수 있고 응축수가 지속적으로 발생 및 축적되어 반응기 내부 혐기화가 진행되는 문제가 발생함. 이를 해결하고자 수분제거를 위한 습공기 제어시스템을 도입하였고 장치 사진은 <그림 109>와 같음.

<그림 108> 반응기 내부 응축수 발생

<그림 109> 습공기 제어시스템 설치 사진

○ 모니터링 및 제어부는 아래 <그림 110>~<그림 113>에 나타냄. 모니터링 가능한 CO_2, O_2, NH_3, 등의 센서들이 상부에 위치해 있으며 반응기내 하부에 온도센서가 설치되어 있음. PLC를 통하여 데이터를 제어하며 PC(노트북)을 통해 데이터 로깅된 자료를 실시간으로 모

니터링 및 저장할 수 있음.

<그림 110> 분해·소멸 장치 모니터링 센서

<그림 111> 분해·소멸 장치 내부

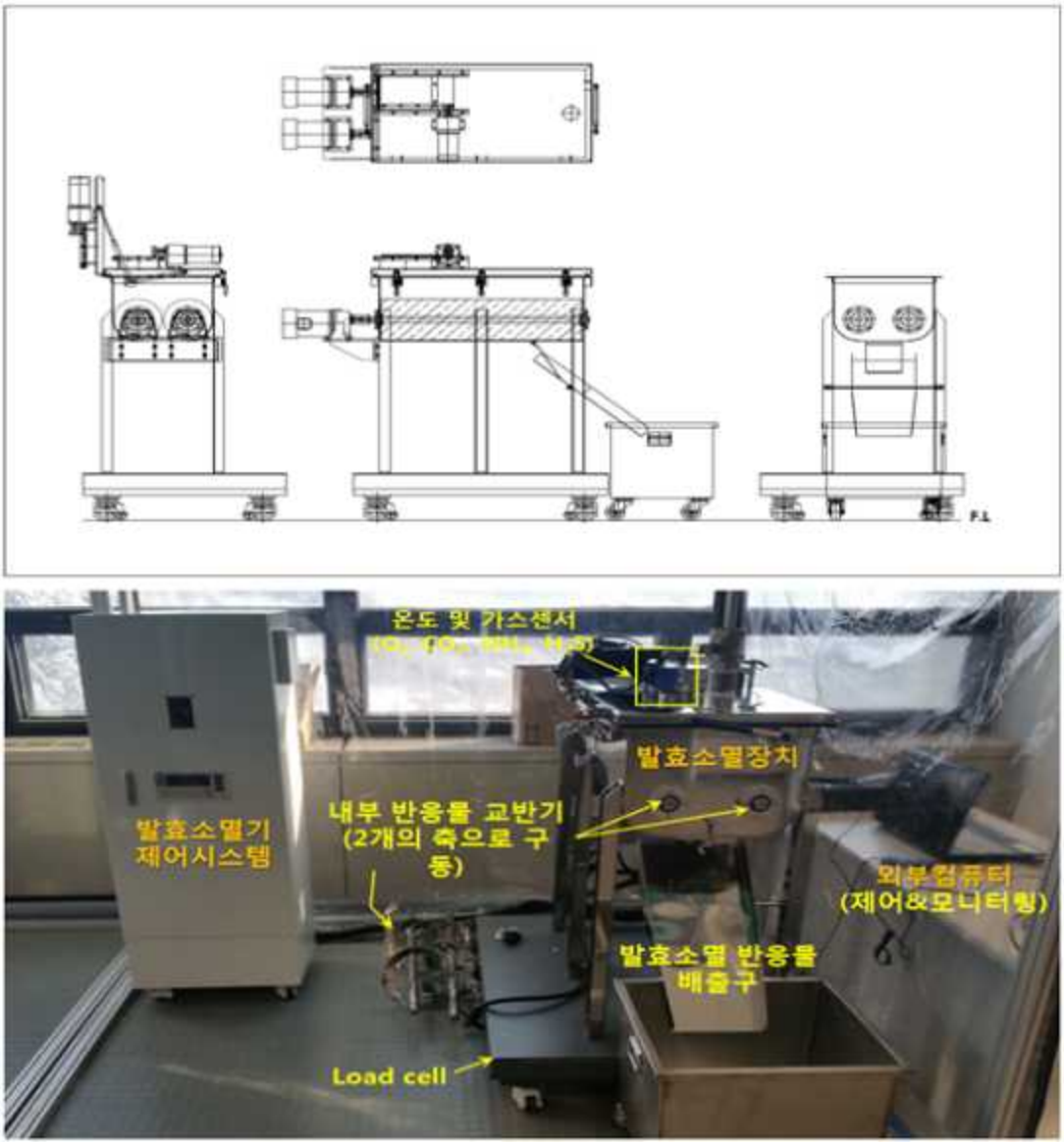
<그림 112> 분해·소멸 모니터링 시스템의 control panel

<그림 113> 분해·소멸 모니터링 시스템의 운전화면

4) 최종 제작된 음식물쓰레기 분해·소멸 시스템 장치

○ <그림 114>는 음식물쓰레기 분해·소멸 연속운전에 필요한 보완사항을 추가하여 최종 제작된 도면 및 사진을 나타냄. 장치는 크게 반응부, 습공기 제어시스템부, 모니터링 및 제어부로 나눌 수 있음.

○ 반응부에는 로드셀이 설치되어 있는 분해·소멸장치와 다양한 모니터링 센서류가 포함됨. 습공기 응축시스템부에는 진공펌프를 통한 습공기 제어 및 응축을 통한 응축탱크 내 저장을 목표로 함. 모니터링 및 제어부는 센서류와 PLC를 통해서 모니터링 데이터를 수집, PC에 저장하고 모든 구동부의 제어를 담당하고 있음.



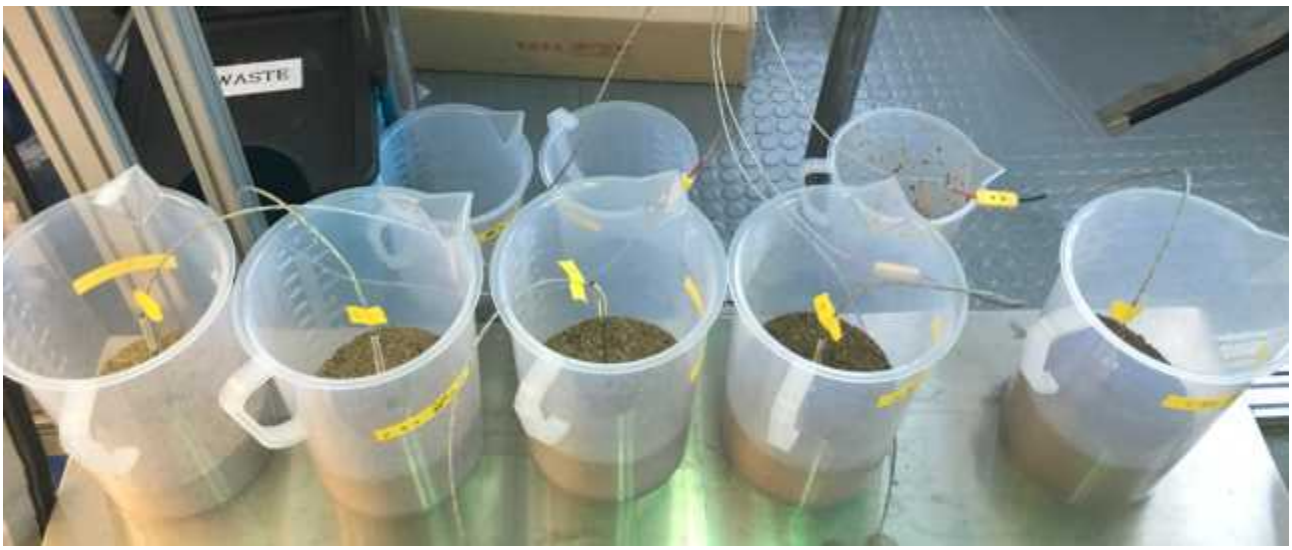
<그림 114> Lab scale 분해·소멸장치 도면 및 모니터링 시스템 설치 사진

1.3 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 운전인자 및 제어인자 최적화(회분식)

가. 음식물쓰레기 분해·소멸 운전 영향인자 도출 (회분식 실험)

○ 음식물쓰레기 분해·소멸 시 운전 영향인자 도출을 위해 음식물쓰레기와 수분조절제 역할을 하는 우드칩의 다양한 혼합비에 따른 분해·소멸 효율 평가 실시 <그림 115>.

○ 실험조건은 <표 27>와 같으며, 일별 샘플링을 통한 함수율, TS, VS, NaCl, pH, 원소분석, 무게 변화 등에 대해 평가하였으며, 온도는 실시간으로 저장되는 온도 data logger를 사용하여 모니터링 했으며, 혼합을 위해 1일 3회 뒤집기 실시.



<그림 115> 회분식 실험 사진

<표 27> 회분식 실험 조건

원료투입	음식물:우드칩 (w/w)
1. 음식물 투입 0.1 kg (우드칩 0.5kg, 퇴비 0.075kg)	1:5
2. 음식물 투입 0.25 kg (우드칩 0.5kg, 퇴비 0.075kg)	1:2
3. 음식물 투입 0.35 kg (우드칩 0.5kg, 퇴비 0.075kg)	1:1.4
4. 음식물 투입 0.5 kg (우드칩 0.5kg, 퇴비 0.075kg)	1:1
5. 음식물 투입 0.75 kg (우드칩 0.5kg, 퇴비 0.075kg)	1:0.6
6. 음식물 투입 0.25 kg	Blank
7. 우드칩 투입 0.5 kg	Blank
8. 퇴비 투입 0.075 kg	Blank

1) 온도 및 pH

○ 분해·소멸 기간 동안 pH는 반응시간에 따라 점차 변화하게 되는데, 반응초기의 pH는 초기 물질 보다 같거나 다소 낮아지는 경향을 보임. 이것은 초기 발효 미생물에 의한 분해과정 중 발생하는 이산화탄소가 물에 용해되어 전환된 탄산과 초기 분해산물인 각종 유기산류의 축적에 기인하기 때문.

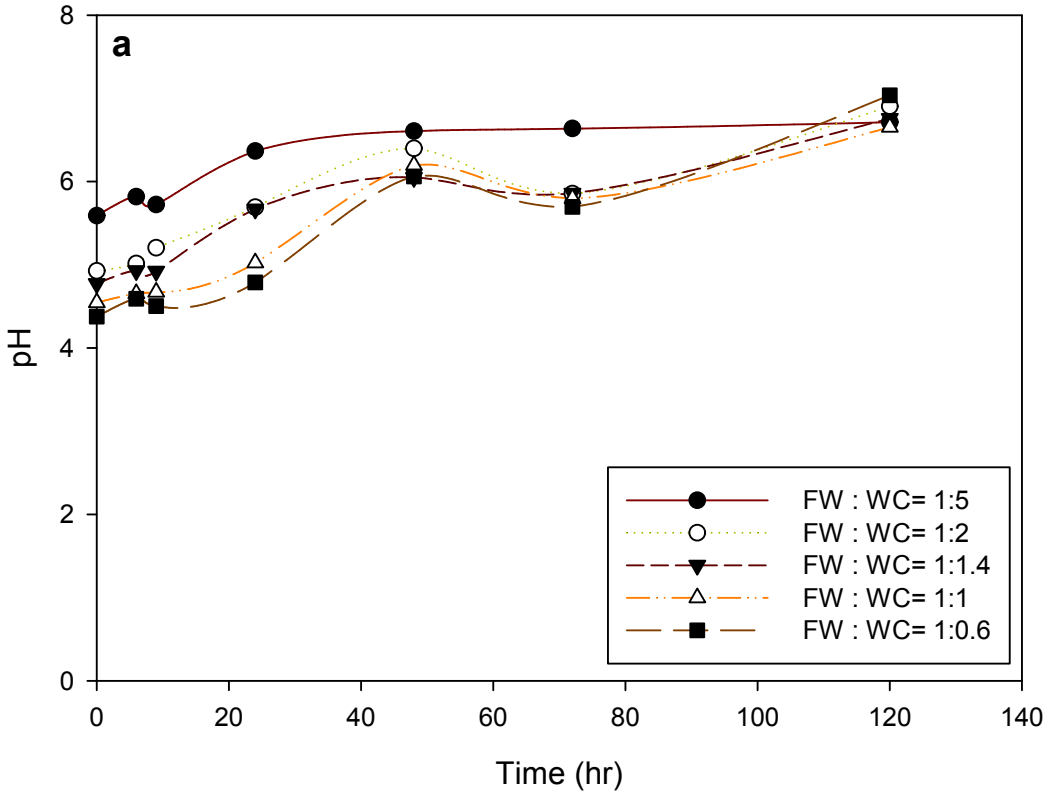
○ 그러나, 충분한 산소가 공급되면 pH는 다시 상승하게 되는데, 이는 질소원의 분해로 발생하는 암모니아가 퇴비단의 수분에 용해되어 암모늄 이온으로 존재하기 때문으로 알려져 있음.

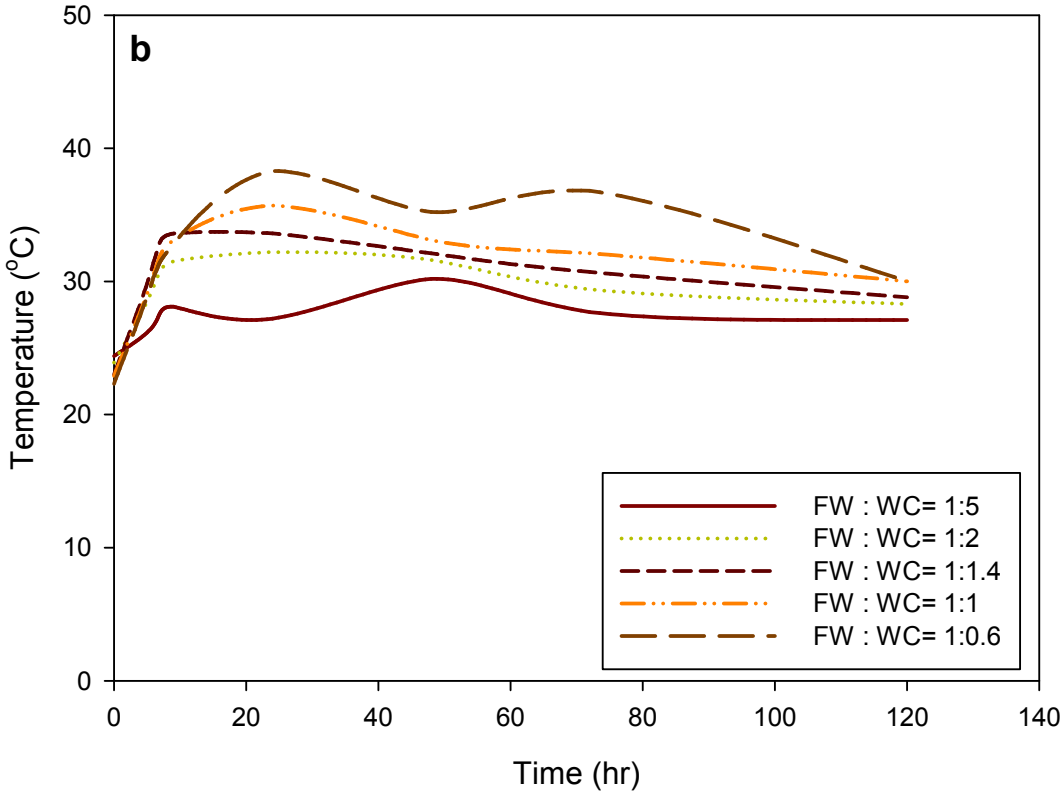
○ <그림 116(a)>에서 알 수 있듯이 초기 pH는 6이하였지만, 반응이 종료된 후 pH 가 7.5 까지 상승하는 것을 알 수 있음. 분해·소멸이 진행될 때 공기 공급이 원활하지 못하거나 유기물 부하가 높을 경우 pH는 중성에 이르지 못하고 6이하로 낮아지게 되며, 낮은 pH가 지속될 경우 fail 되게 됨. 따라서, 본 연구의 pH 변화를 통해 분해·소멸이 원활히 진행되었다는 것을 직・간접적으로 알 수 있음.

○ 분해·소멸은 30~35 ˚C의 중온상태 또는 45~55 ˚C의 고온상태에서 이루어지며 일반적으로 분해·소멸의 고온단계에서 유기물의 분해반응이 촉진되는 것으로 알려져 있어 바람직한 퇴비화를 위해서는 적정온도 유지가 필수적임. 또한, 고온으로 진행될 경우 병원균 사멸되거나, 유기물 분해가 속도가 증가할 수 있으나, 지나친 고온상태에서는 분해·소멸에 관여하는 미생물마저도 사멸할 수 있으므로 적정 온도 유지는 필수적임.

○ <그림 116(b)>의 결과에서 알 수 있듯이 분해·소멸이 진행되면서 40 ˚C 이하의 중온상태에서 분해·소멸이 진행되었다는 것을 알 수 있으며, 분해·소멸이 진행된 후 20시간 후 최고온도에 도달하였음. 고온 (45~55 ˚C)에서 분해·소멸이 진행되지 못한 것은 회분식 실험 시 공기 유입을 송풍관에 의해 유입하지 않고 자연적으로 유입되게 실험을 진행하였기 때문으로 판단됨. 추후 연속식 실험이나, 실증 실험이 진행될 때에는 송풍관에 의한 공기가 주입되기 때문에 회분식 실험에서 보다 온도가 증가할 것이라 사료됨.

○ 혼합비별 최고 온도는 1:0.6 (음식물쓰레기:우드칩)으로 혼합된 것이 약 38 ˚C로서 가장 높았으며 1:5로 혼합하였을 때 약 30 ˚C로서 가장 낮았음. 이는 음식물쓰레기 주입량에 따른 결과라 판단됨. 유기성 폐기물의 생물학적 변환 시 미생물은 유기성 폐기물의 유기물을 섭취한 후 이산화탄소, 암모니아, 황화수소, 물 등의 물질과 열을 생산하게 되는데, 이 때 생산되는 열은 섭취하는 유기성 폐기물의 유기물 양과 비례하기 때문임.





<그림 116> 음식물쓰레기와 우드칩의 혼합 조건 별 pH (a) 및 온도 (b) 변화

2) 수분 및 유기물 함량

○ 수분은 미생물의 대사과정 유지를 위해 필수적임. 미생물 분해는 유기 물질의 표면에 형성된 수막사이에서 일어나며 이때 수분은 화학반응, 영양분의 이동, 미생물이 이동을 용이하게 하는 매개체 역할을 하게 됨. 퇴비화를 위한 최적의 수분함량은 40~65%로 알려져 있으며, 수분함량이 40% 이하일 경우 미생물의 활성은 억제되고 수분함량이 65% 이상일 경우 원활한 공기의 흐름이 방해되므로 혐기적 상태가 되기 쉬움. 적정 수분함량 조절을 위한 방법으로 톱밥, 왕겨, 볏짚 등과 같이 유기성 수분조절제가 사용됨.

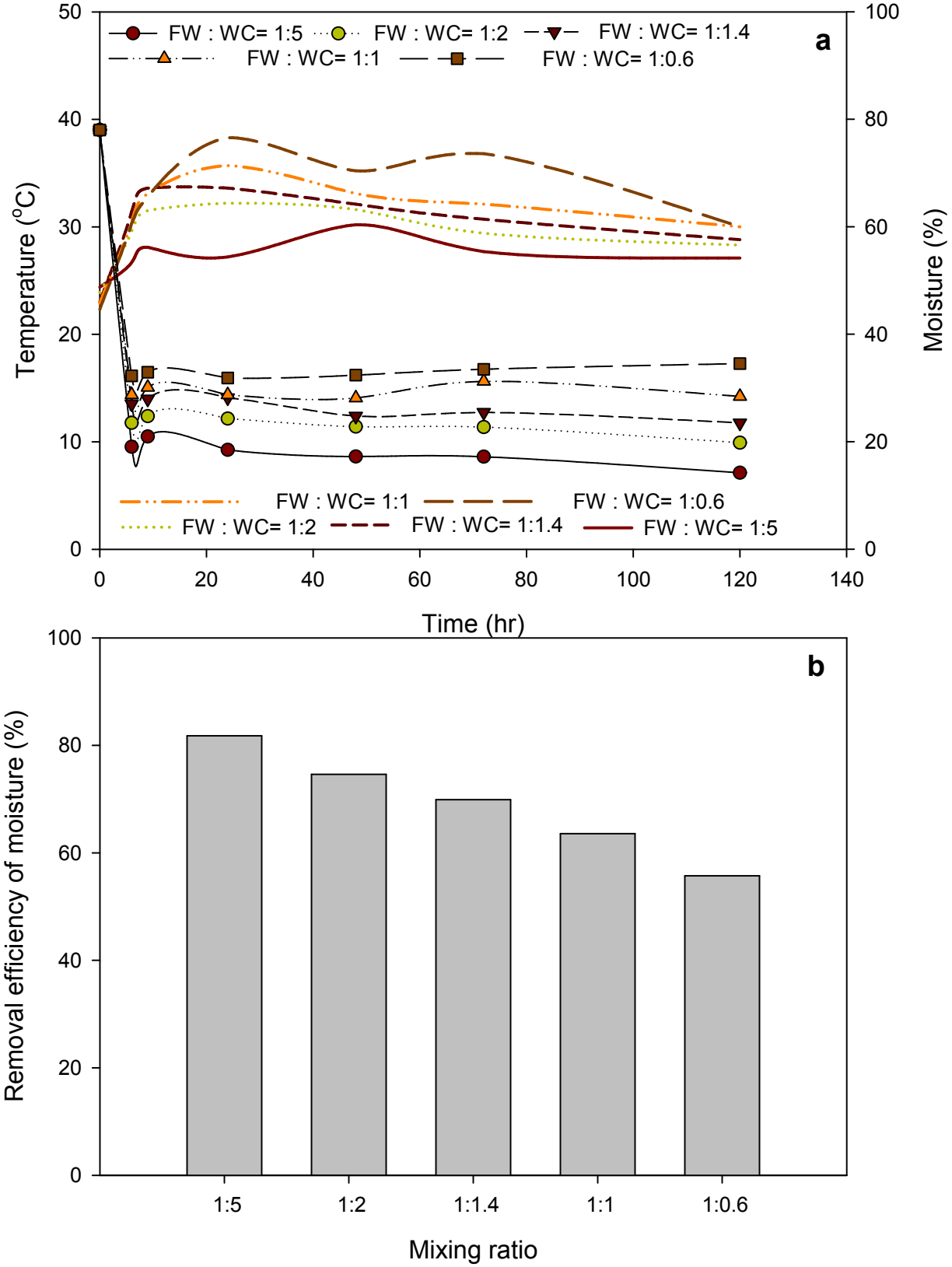
○ 본 연구에 사용된 음식물쓰레기의 함수율은 80% 이상으로 음식물쓰레기가 지니고 있는 수분의 10% 이상만 감소하여도 음식물쓰레기의 부피와 무게가 상당량 감소하게 됨. 따라서, 음식물쓰레기 분해·소멸 과정에서 수분 제어는 중요한 제어 인자임.

○ <그림 117a)>는 음식물쓰레기와 우드칩의 각 혼합비별 함수율 변화를 나타낸 것으로, 대부분의 수분은 분해·소멸이 진행된 후 약 10시간 만에 70% 이상 제거됨을 알 수 있음. 분해·소멸 온도 변화와 비교하였을 때 온도가 급격히 증가하는 구간에서 대부분의 수분이 제거되었으며, 수분이 70% 이상 제거된 후 분해·소멸의 온도가 최고점을 기록하였음.

○ <그림 117(b)>는 수분 제거율을 나타낸 것으로 음식물쓰레기와 우드칩의 혼합비에서 우드칩의 주입 비율이 증가할수록 수분 제거율이 증가하였음. 이는 우드칩은 앞서 언급하였듯이 적정 수분함량을 조절하는 수분조절제로서 사용되었기 때문에 우드칩의 주입 비율이 증가할수록 수분 제거율이 증가하였다고 사료됨. 하지만, 과도하게 우드칩을 주입하여 분해·소멸을 진행할 경우 우드칩이 차지하는 부피가 증가하여 음식물쓰레기 주입량이 감소할 수 있으며, 수분함량이 40% 이하로 감소하게 되어 분해·소멸 분해 미생물의 활성이 저하될 수 있는 단점이 있음.

○ 분해·소멸이 종료된 후 최종 함수율은 20% 이하가 되어 분해·소멸 분해 미생물의 활성을 저하시킬 수 있는 수분양이지만, 본 실험의 경우 회분식으로서 연속식 주입을 통해 본 문제는 해결될 수 있을 것이라 사료됨.

○ 본 실험을 통해, 음식물쓰레기 분해·소멸의 목적 상 우드칩의 주입 비율을 증가시키는 것이 음식물쓰레기 부피 및 무게를 감소할 수 있는 것을 알 수 있었지만, 분해·소멸 분해 미생물의 활성도를 유지시키기 위해서는 적정 혼합비가 중요할 것으로 판단됨. 따라서, 본 실험에서는 음식물쓰레기와 우드칩의 혼합비가 1:2가 적정할 것으로 판단됨.



<그림 117> 음식물쓰레기와 우드칩의 혼합 조건 별 수분 변화 (a) 및 제거율 (b)

○ 분해·소멸은 유기성 폐기물의 생물학적 변환 공정으로서 분해·소멸 미생물은 산소를 이용한 호흡대사 (respiratory metabolism)를 통해 유기물을 분해하며 새로운 세포를 합성하고 에너지와 안정된 부식질을 생산하게 됨. 식 2는 미생물에 의한 호기성 생물학적 변환을 나타낸 것임.

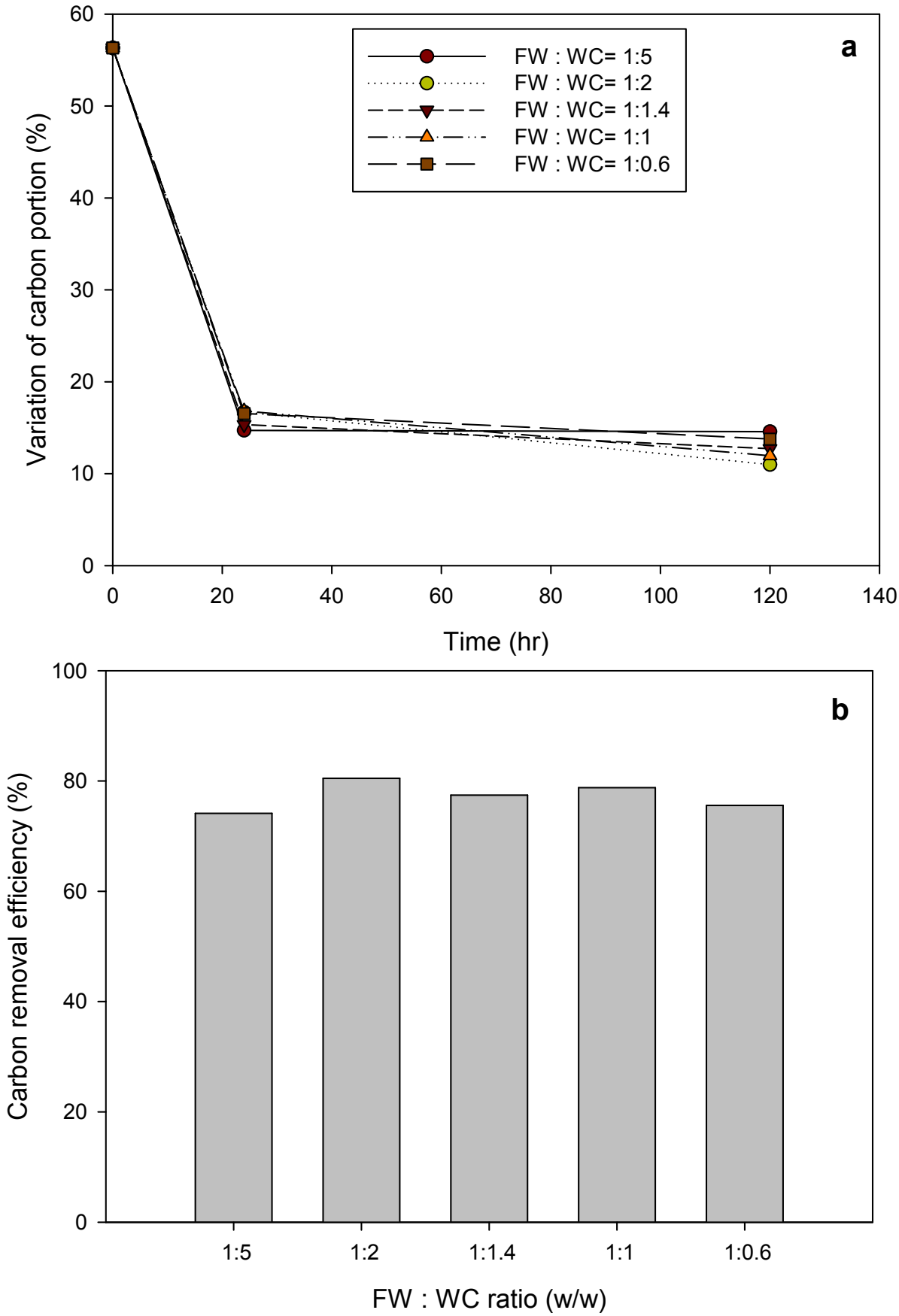
Oraganic matter + O_2 + nutrients Microorganism new cells + resistant organic matter + CO_2 + H_2O + NH_3 + SO_4^{2-} + ⋯ + heat ⋯⋯⋯⋯⋯ (식 2)

○ 음식물쓰레기 분해·소멸에서 수분 제거와 함께 유기물 제거는 중요한 인자로 작용함. 본 연구에서는 음식물쓰레기 분해·소멸 과정에서의 유기물 제거 변화 및 제거율을 평가하기 위해 carbon 농도를 분석하였으며, <그림 118>와 같음.

○ <그림 118(a)>는 분해·소멸이 진행되는 과정에서의 carbon 농도 변화를 나타낸 것으로 분해·소멸이 진행된 후 약 20시간 만에 70% 이상의 carbon이 제거됨을 알 수 있음 <그림 118(b)>. Carbon 제거도 수분이 제거되는 것과 비슷한 경향을 보여줬는데, 이를 통해 파악할 수 있는 것은 수분 및 유기물의 대부분은 분해·소멸이 진행된 후 초기 20시간 내에 처리가 된다는 것을 알 수 있음. 이는 일반적으로 알려져 있는 호기성 퇴비화 처리 시간 보다 약 10 배가량 단축된 것으로 박세용 등 (2010)이 진행한 초고온 호기성 퇴비화를 이용한 하수슬러지, 음식물쓰레기, 축산분뇨의 수분 및 유기물의 제거가 80% 이상이 될 때까지 약 1200 시간이 소요되었다고 보고하였음.

○ 혼합비 별 carbon 제거율을 비교하였을 때 혼합비 별 carbon 제거율은 거의 차이가 없었으나, 혼합비 1:2 가 제거율 80%로서 가장 높았음. 혼합비 1:5와 1:0.6이 74% 가량으로 가장 낮은 제거율을 나타냈으며 수분 제거율과는 반대 양상이 나타남. 수분의 제거는 수분조절제 역할을 하는 우드칩의 주입량에 의해 결정이 되었지만, carbon 제거율은 우드칩의 양에는 관계가 없다는 것을 알 수 있음. Carbon 제거는 유기물의 제거를 대표하는 것으로서 혼합비 1:5와 1:0.6이 가장 낮은 제거율을 보이는 것은 유기물의 함량이 너무 높아 미생물에 과도한 유기물 부하가 미쳤거나, 유기물 함량이 너무 적어 미생물의 활성도가 저하되었기 때문으로 판단됨.

○ 따라서, 안정적이고 효과적인 분해·소멸이 진행되기 위해서는 적정한 유기물 부하로 유입하는 것이 필요할 것으로 판단되며, 본 실험을 통해 음식물쓰레기와 우드칩의 혼합비가 1:2 비율로 진행해야 할 것으로 사료됨.



<그림 118> 음식물쓰레기와 우드칩의 혼합 조건 별 carbon 변화 (a) 및 제거율 (b)

3) 음식물쓰레기 무게 변화 및 NaCl 변화

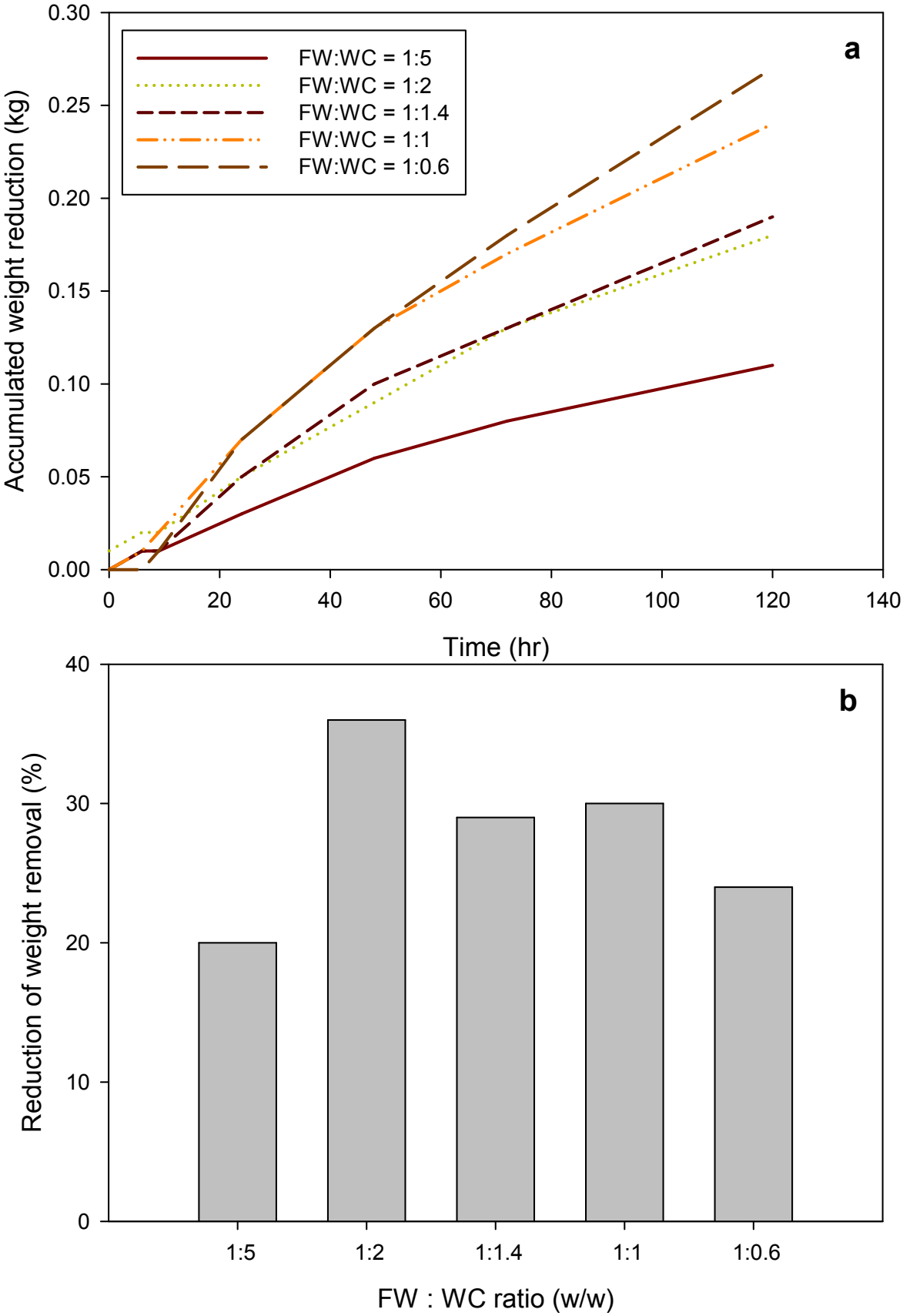
○ 분해·소멸이 진행되면서 분해·소멸 미생물에 의해 내부 온도는 상승하게 되고, 음식물쓰레기의 수분 및 유기물이 제거되면서 무게가 감소하게 됨. 본 연구에서는 분해·소멸이 진행되면서 감소되는 무게에 대해 각 혼합비별로 평가하였음.

○ <그림 119(a)>는 시간에 따른 음식물쓰레기 제거 누적 무게 변화를 각각의 혼합비별로 나타낸 것으로 음식물쓰레기의 주입량이 증가할수록 제거되는 누적 무게양이 높았음. 혼합비 1:0.6이 120 시간 후 약 0.27 kg이 감소하였으며, 1:5가 0.11 kg으로 가장 적게 제거되었음. 우드칩의 주입량이 증가할수록 수분 제거량 및 제거율이 높았기 때문에 1:5로 혼합한 것이 음식물쓰레기의 무게 감소가 가장 많았을 것이라 예측되었지만, 반대로 우드칩의 주입량이 가장 적은 1:0.6의 무게 감소가 가장 많았음.

○ 하지만, 음식물쓰레기 무게 감소율, 즉, 투입한 음식물쓰레기 대비 제거된 음식물쓰레기 비율로 계산하였을 때에는 1:2의 혼합비가 36%로 가장 높았으며, 1:5 혼합비가 20%로 가장 낮았음 <그림 119(b)>.

○ 이를 통해 파악할 수 있는 것은 분해·소멸 시 음식물쓰레기 무게 감소는 수분의 제거도 중요하지만, 분해·소멸 미생물에 의한 유기물 제거도 중요함을 알 수 있음. 수분의 제거는 우드칩의 주입량이 증가할수록 제거량이 증가함을 알 수 있었음. 즉, 혼합비 1:5가 음식물쓰레기 무게 제거량 에서는 가장 높았지만, 투입 음식물쓰레기에 대한 제거된 음식물쓰레기 비율로 계산하였을 때에는 가장 낮은 값을 보여 음식물쓰레기 무게 감소에 유기물의 제거도 중요한 인자로 작용함을 알 수 있음.

○ 유기물 제거와 동일하게 음식물쓰레기 무게 감소에 영향인자로 작용하는 수분, 유기물 제거에 대한 부분을 모두 고려하였을 때 최적 혼합비는 음식물쓰레기 대비 우드칩의 비율이 1:2가 효과적일 것이라 사료됨.

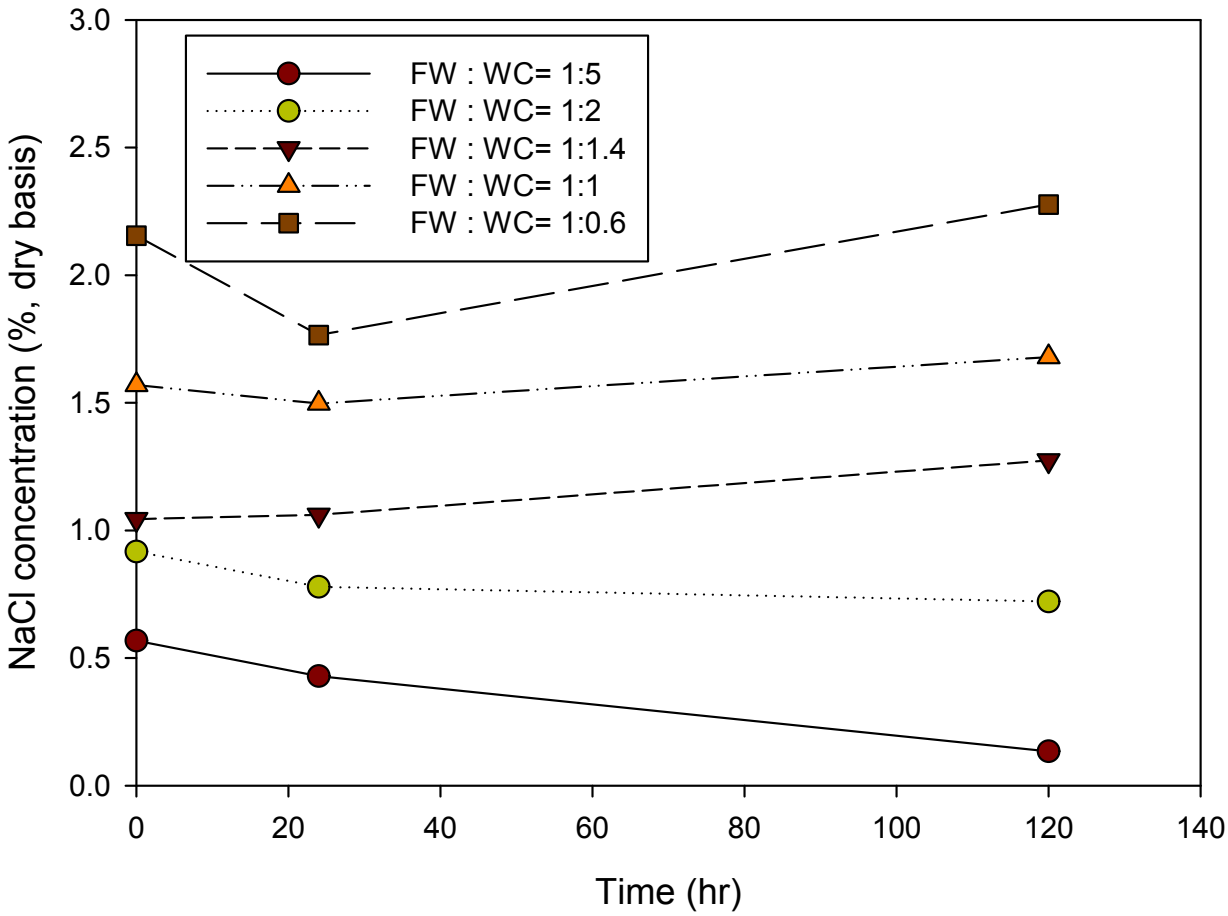


<그림 119> 음식물쓰레기와 우드칩의 혼합 조건 별 음식물쓰레기 무게 감소 (a) 와 투입 음식물쓰레기에 대한 무게 감소율 (b)

○ 우리나라에서 발생되는 음식물쓰레기의 경우, 음식 조리 상 첨가되는 소금 등으로 인해 높은 염분도 (salinity)를 가지며, 이는 분해·소멸에 영향을 미치는 주요인자로 고려되어야 함. 본 연구에서 사용된 음식물쓰레기의 NaCl 농도는 약 8% 가량으로 분해·소멸 과정에서 미생물에 독성으로 작용할 가능성이 있기 때문에 이에 대한 평가가 필요함.

○ <그림 120>은 혼합비 별 NaCl 농도 변화를 나타낸 것으로 음식물쓰레기의 주입량이 증가할수록 초기 NaCl 농도가 높았음. 본 연구에 사용된 음식물쓰레기의 NaCl 농도는 약 8% 가량 이었지만, 우드칩의 추가 주입으로 인한 희석효과로 초기 NaCl 농도는 감소되었음.

○ 혼합비 1:5, 1:2를 제외하고 분해·소멸이 진행되더라도 NaCl 농도는 크게 감소하거나 증가하지 않고 초기 NaCl 농도를 유지하였음. 이를 통해 예측할 수 있는 것은 음식물쓰레기의 주입량에 비해 우드칩의 주입량이 증가하게 되면 분해·소멸 과정에서 NaCl 농도가 감소함을 알 수 있는데, 이는 우드칩이 음식물쓰레기가 지니고 있는 NaCl을 흡착하기 때문으로 판단됨.

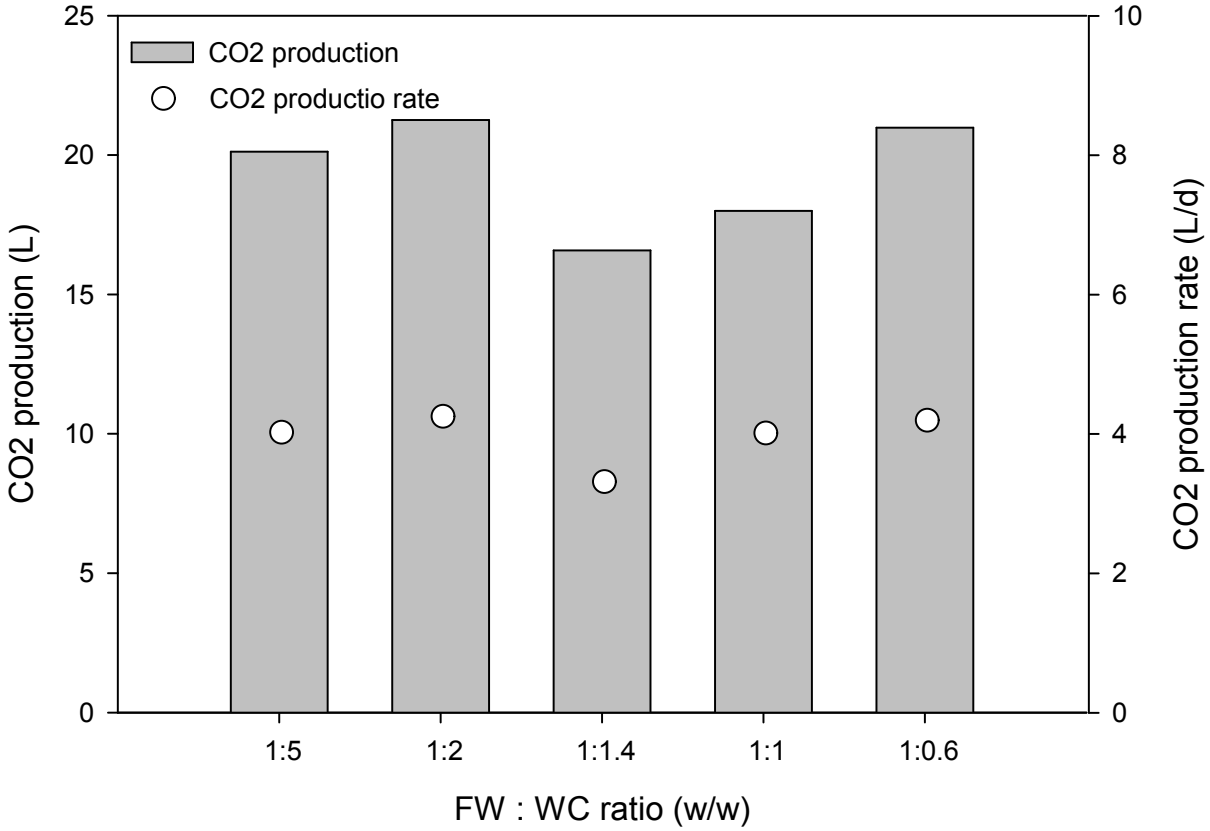


<그림 120> 음식물쓰레기와 우드칩의 혼합 조건 별 NaCl 농도 변화

4) CO_2 발생량 및 발생속도

○ 회분식 실험 시 CO_2 발생량 및 발생속도를 원소분석과 식 1을 통해 계산하였음. 그 결과 <그림 121>과 같으며, 결과적으로 혼합비 1:2가 CO_2 발생량이 가장 많았으며, 발생속도 또한 가장 높았음.

○ 이는, 앞선 유기물 제거, 무게감소와 동일한 결과로서 분해·소멸 미생물의 활성도가 혼합비 1:2가 가장 좋았기 때문에 CO_2 발생량 및 발생속도가 가장 좋았다고 판단되며, 수분, 유기물, 무게 감소 등의 결과들을 종합하였을 때 음식물쓰레기와 우드칩의 혼합비는 1:2가 적당할 것으로 사료됨.

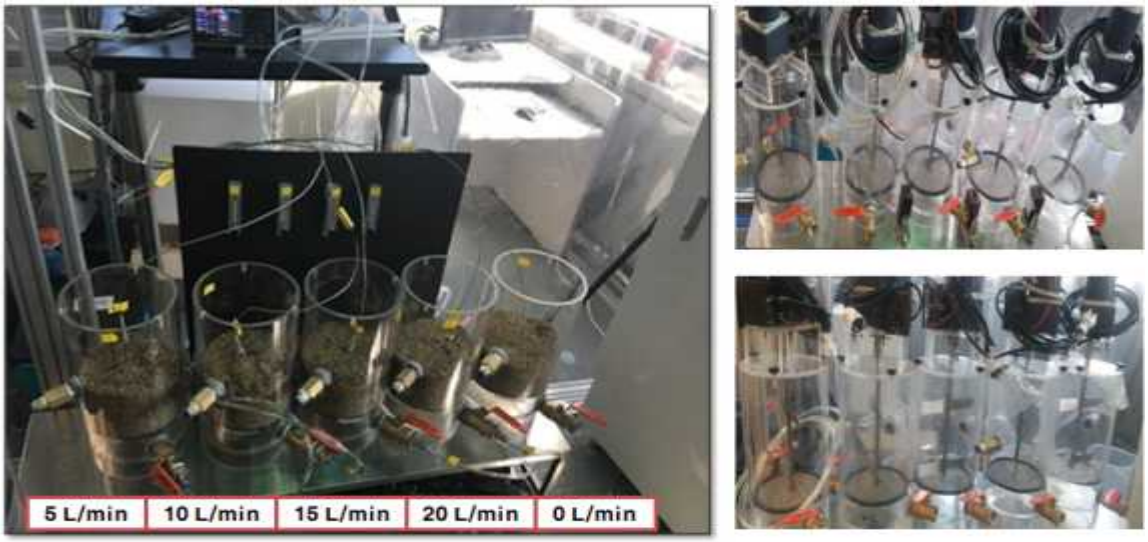


<그림 121> 음식물쓰레기와 우드칩의 혼합 조건 별 CO_2 발생량 및 발생속도

나. 송풍량에 따른 음식물쓰레기 분해·소멸 효율평가(회분식 실험)

○ 음식물쓰레기 분해·소멸 장치 운전 시 공기 송풍량은 중요한 영향인자로 작용함. 송풍량에 따라 습공기 제거 및 분해·소멸 장치 온도 등이 결정되기 때문에 다양한 송풍량을 적용하여 최적의 송풍량 선정이 필요함. <그림 122>는 회분식 반응기를 이용하여 다양한 송풍량에 따른 분해·소멸 효율평가를 진행한 그림임. 회분식 반응기의 경우 전체 반응기 용량은 7.5L 이며, 유효용량은 약 3.5L 임. 공기유입은 하부를 통해 blower를 이용하여 주입하였으며, 송풍량 조절은 ball 형태의 송풍량 조절 장치를 통해 조절함.

○ 다양한 송풍량에 따른 음식물쓰레기 분해·소멸 실험을 위해 음식물쓰레기와 우드칩, 퇴비의 혼합비율은 1차년도 연구결과를 토대로 최적의 혼합비율로 선정된 1:2:0.1 (wt.:wt.)로 혼합하였으며, 송풍유량은 0, 5, 10, 15, 20 L/min의 조건으로 진행함 <표 38>. 일별 샘플링을 통한 함수율, TS, NaCl, pH, 온도, 무게 변화 등에 대해 평가하였으며, 온도는 실시간으로 저장되는 온도 data logger를 사용하여 모니터링 했으며, 혼합을 위해 1일 3회 뒤집기 실시.



<그림 122> 다양한 송풍량에 따른 음식물쓰레기 분해·소멸 실험

<표 38> 다양한 송풍량에 따른 음식물쓰레기 분해·소멸 실험조건

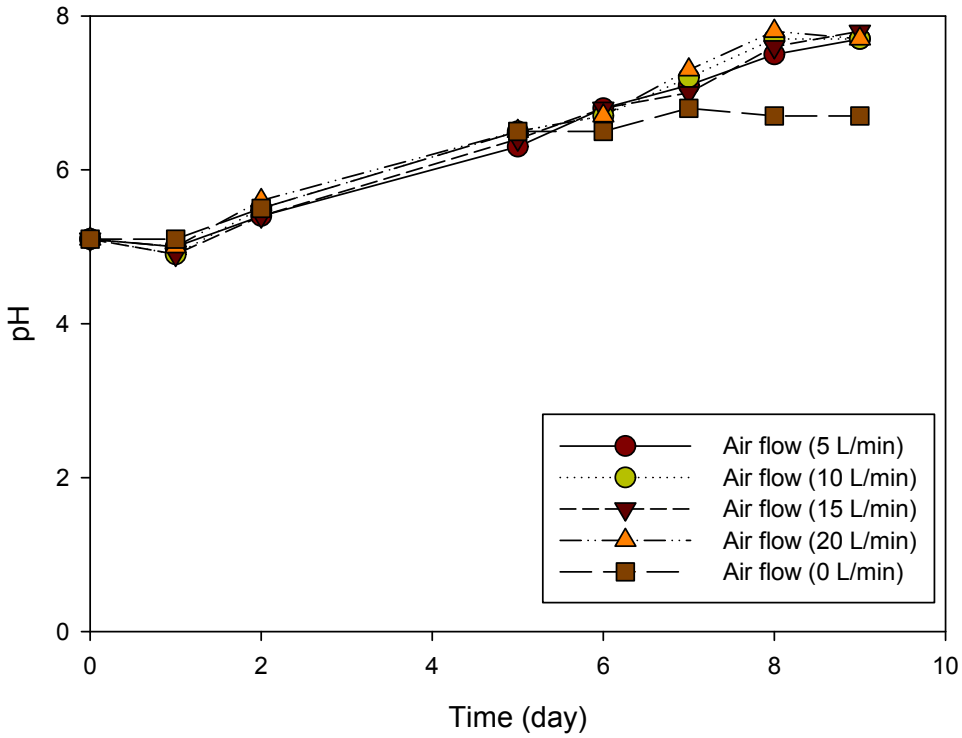
투입조건	송풍유량
1. 음식물쓰레기 (0.3 kg), 우드칩 (0.6 kg), 퇴비 (0.09 kg)	5
2. 음식물쓰레기 (0.3 kg), 우드칩 (0.6 kg), 퇴비 (0.09 kg)	10
3. 음식물쓰레기 (0.3 kg), 우드칩 (0.6 kg), 퇴비 (0.09 kg)	15
4. 음식물쓰레기 (0.3 kg), 우드칩 (0.6 kg), 퇴비 (0.09 kg)	20
5. 음식물쓰레기 (0.3 kg), 우드칩 (0.6 kg), 퇴비 (0.09 kg)	0

① pH 및 온도

○ 분해·소멸 기간 동안 pH는 반응시간에 따라 점차 변화하게 되는데, 반응초기의 pH는 초기 물질 보다 같거나 다소 낮아지는 경향을 보임. 이것은 초기 발효 미생물에 의한 분해과정 중 발생하는 이산화탄소가 물에 용해되어 전환된 탄산과 초기 분해산물인 각종 유기산류의 축적에 기인하기 때문.

○ 그러나, 충분한 산소가 공급되면 pH는 다시 상승하게 되는데, 이는 질소원의 분해로 발생하는 암모니아가 퇴비단의 수분에 용해되어 암모늄 이온으로 존재하기 때문으로 알려져 있음.

○ <그림 123>에서 알 수 있듯이 모든 송풍량 조건에서 초기 pH는 5.1이하였지만, 반응이 종료된 후 pH 가 송풍량 0 L/min을 제외하고 7.5이상 상승하는 것을 알 수 있음. 분해·소멸이 진행될 때 공기 공급이 원활하지 못하거나 유기물 부하가 높을 경우 pH는 중성에 이르지 못하고 6이하로 낮아지게 되며, 낮은 pH가 지속될 경우 fail 되게 됨. 송풍량을 주입하지 않았을 경우 pH가 6이하로 낮게 유지되지는 않았지만, 음식물쓰레기 주입량을 증가시킬 경우 다량의 유기산 분비로 인해 fail 될 수 있다고 사료됨. 따라서, 음식물쓰레기의 안정적인 분해·소멸을 위해서는 강제 송풍에 따른 pH 저하 방지가 필요할 것으로 판단됨.



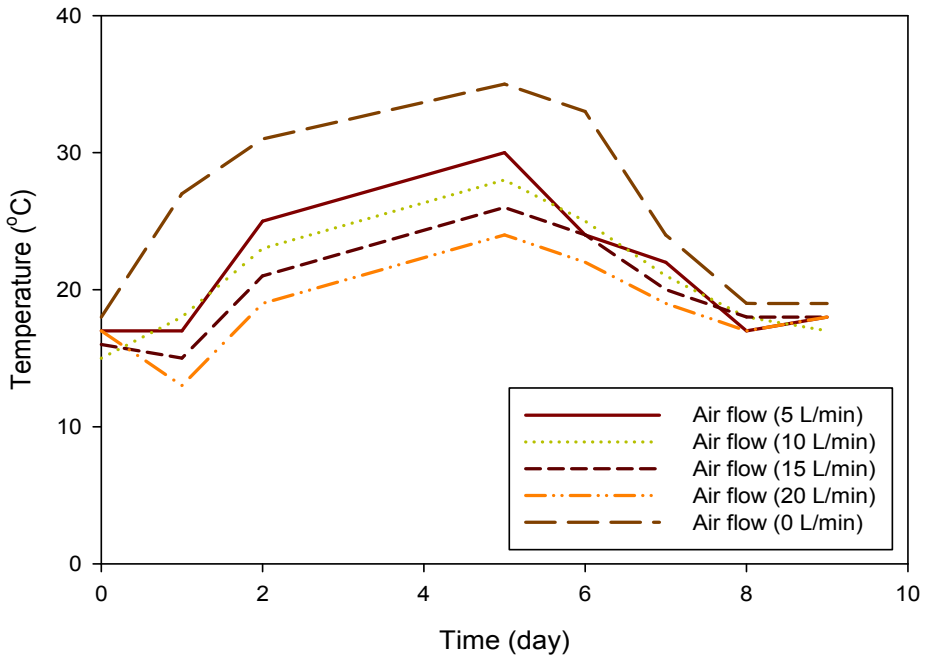
<그림 123> 송풍량에 따른 pH 변화

○ 분해·소멸은 30~35 ˚C의 중온상태 또는 45~55 ˚C의 고온상태에서 이루어지며 일반적으로 분해·소멸의 고온단계에서 유기물의 분해반응이 촉진되는 것으로 알려져 있어 바람직한 퇴비화를 위해서는 적정온도 유지가 필수적임. 또한, 고온으로 진행될 경우 병원균 사멸되거나, 유기물 분해가 속도가 증가할 수 있으나, 지나친 고온상태에서는 분해·소멸에 관여하는 미생물마저도 사멸할 수 있으므로 적정 온도 유지는 필수적임.

○ <그림 124>의 결과에서 알 수 있듯이 모든 조건의 분해·소멸 운전은 40 ˚C 이하의 중온상태에서 분해·소멸이 진행되었다는 것을 알 수 있으며, 분해·소멸이 진행된 후 5일 후 최고온도에 도달하였음. 고온 (45~55 ˚C)에서 분해·소멸이 진행되지 못한 것은 회분식 실험 시 완전 밀폐를 통한 실험을 진행하지 않고 open 상태에서 실험을 진행하였기 때문으로 판단됨. 추후 연속식 실험이나, 실증 실험이 진행될 때에는 송풍관에 의한 공기가 주입되기 때문에 회분식 실험에서 보다 온도가 증가할 것이라 사료됨.

○ 공기를 주입하지 않은 경우가 주입한 경우에 비해 최고 온도가 약 5 ˚C가량 높았으며, 공기 주입량이 증가할수록 분해·소멸 시 온도는 낮았음. 이는 공기 주입량이 증가할수록 외부 공기유입양이 증가하기 때문에 외기 공기 온도에 의한 온도 저하가 발생되었기 때문으로 판단됨. 음식물쓰레기 분해·소멸 시 장치의 온도 유지는 미생물의 활성도 유지에 중요한 인자로서 분해·소멸 장치 내부 온도 유지를 위한 장치 구성이 중요할 것이라 사료됨.

○ 분해·소멸이 시작된 후 5일 이후부터 온도가 감소하기 시작하였는데, 앞선 pH 결과와 비교하였을 때 5일을 기점으로 pH가 6.1 이상으로 증가한 시점과 거의 일치하는 것을 확인할 수 있었음. 즉, 음식물쓰레기의 분해·소멸 시 최소 HRT는 5일이라고 판단됨.



<그림 124> 송풍량에 따른 온도 변화

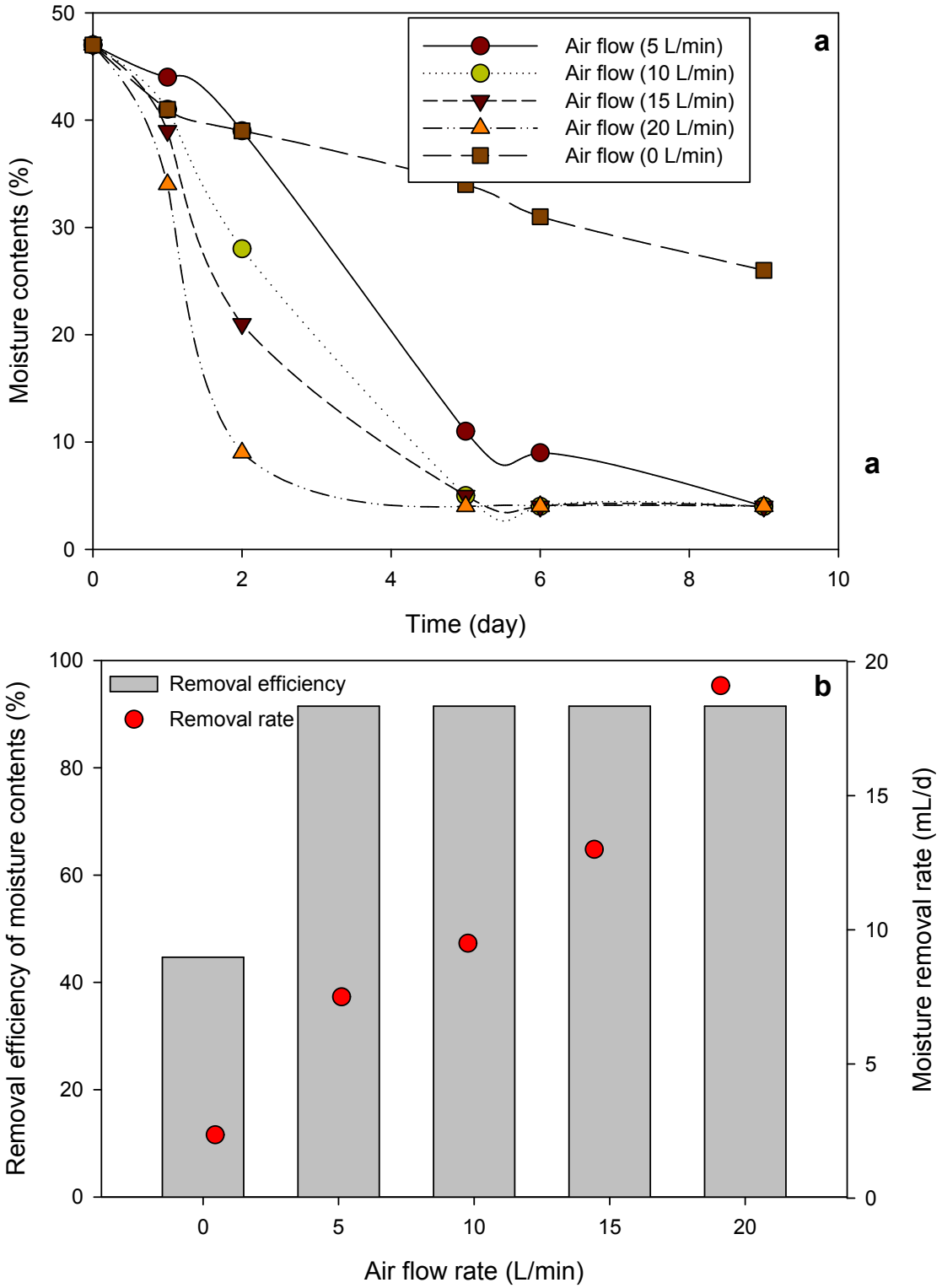
② 수분함량 변화

○ 수분은 미생물의 대사과정 유지를 위해 필수적임. 미생물 분해는 유기 물질의 표면에 형성된 수막사이에서 일어나며 이때 수분은 화학반응, 영양분의 이동, 미생물이 이동을 용이하게 하는 매개체 역할을 하게 됨. 퇴비화를 위한 최적의 수분함량은 40~65%로 알려져 있으며, 수분함량이 40% 이하일 경우 미생물의 활성은 억제되고 수분함량이 65% 이상일 경우 원활한 공기의 흐름이 방해되므로 혐기적 상태가 되기 쉬움. 적정 수분함량 조절을 위한 방법으로 톱밥, 왕겨, 볏짚 등과 같이 유기성 수분조절제가 사용됨. 본 연구에 사용된 음식물쓰레기의 함수율은 80% 이상으로 음식물쓰레기가 지니고 있는 수분의 10% 이상만 감소하여도 음식물쓰레기의 부피와 무게가 상당량 감소하게 됨. 따라서, 음식물쓰레기 분해·소멸 과정에서 수분 제어는 중요한 제어 인자임.

○ <그림 125(a)>는 공기 송풍량에 따른 음식물쓰레기의 수분함량 변화를 나타낸 것으로, 공기 송풍량을 주입하지 않은 경우를 제외하고 모든 조건에서 대부분의 수분이 분해·소멸 진행된 후 약 5일 후 85% 이상 제거되었음. 분해·소멸 온도 변화와 비교하였을 때 온도가 급격히 증가하는 구간에서 대부분의 수분이 제거되었음. 공기 송풍을 주입하지 않은 경우 비록 분해·소멸 온도는 가장 높았지만, 송풍을 주입하지 않아 습공기의 제거가 이루어지지 않고, 응축수를 발생하여 수분이 재투입되었기 때문에 송풍량을 주입한 경우에 비해 수분 제거가 원활히 이루어지지 않았다고 판단됨.

○ <그림 125(b)>는 수분 제거율 및 수분제거 속도를 나타낸 것으로 송풍을 하지 않은 경우를 제외하고 나머지 조건에서의 최종 수분제거율은 95% 이상이었음. 하지만, 수분제거 속도를 비교하였을 때에는 송풍량 주입이 증가할수록 수분제거 속도가 빨랐음. 수분제거 속도는 송풍량과 비례한다는 것을 단적으로 알 수 있음. 음식물쓰레기 분해·소멸 시 수분의 제거는 전체 무게를 감소시키는 가장 중요한 인자로서 수분제거 속도 또한 중요한 인자로 평가될 수 있음. 앞서 언급하였듯이 송풍량과 수분제거 속도는 비례관계이지만, 송풍량의 무한한 증가는 경제성과 밀접한 관련이 있어, 적절한 송풍량 유지가 필요할 것으로 판단됨.

○ 수분제거만을 고려하였을 때에 최적 송풍량은 수분제거율, 수분제거속도, 시간에 따른 수분함량 변화 등을 고려하였을 때 15 L/min 이 적당할 것으로 판단되나, 이는 음식물쓰레기 주입량과도 밀접한 관련이 있어 추후 지속적인 연구를 통해 음식물쓰레기 주입량에 따른 적절한 송풍량 변화가 필요할 것으로 판단됨



<그림 125> 송풍량에 따른 수분함량 변화

(a:시간에 따른 수분함량 변화, b:공기송풍량에 따른 수분제거율 및 수분제거 속도)

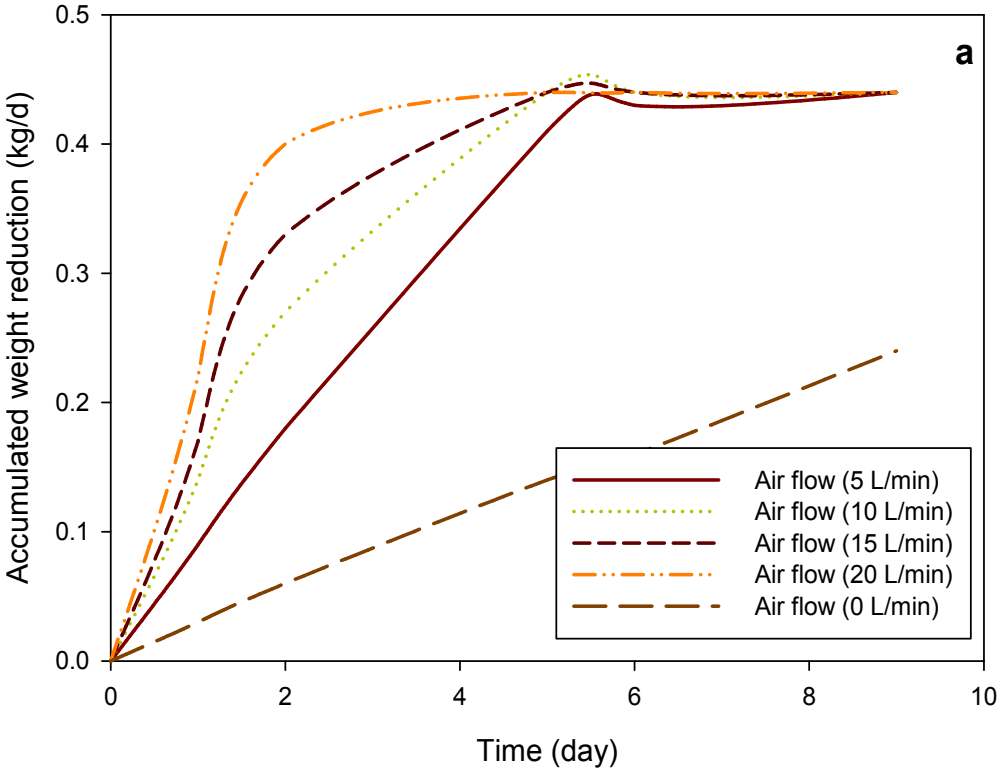
③ 무게 변화

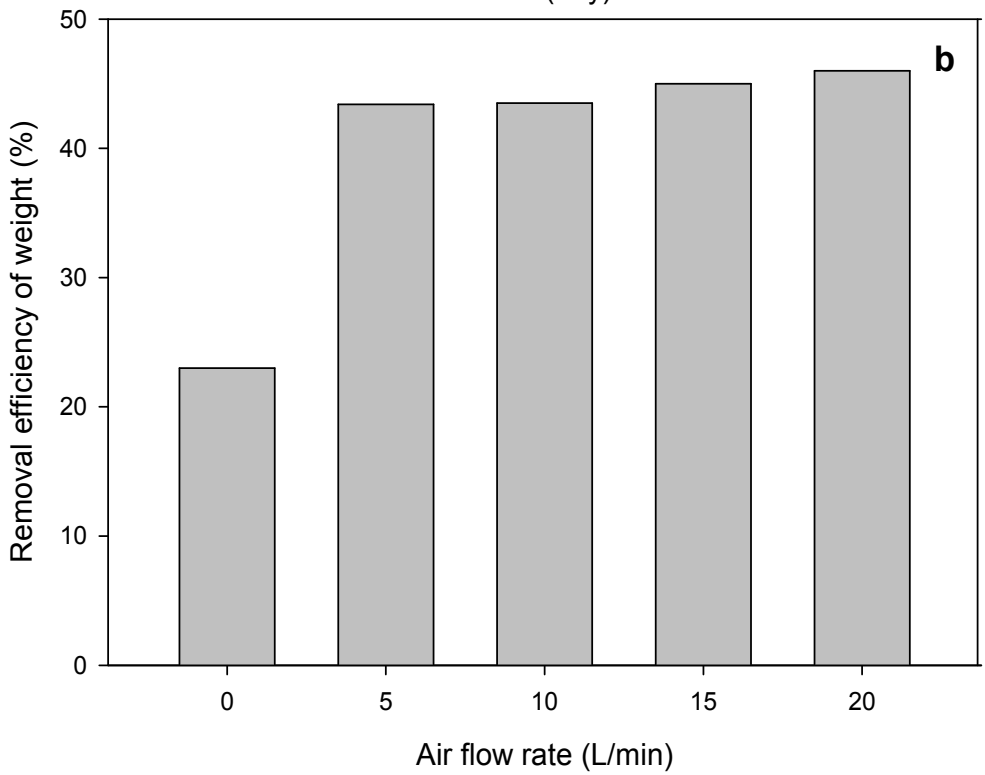
○ 분해·소멸이 진행되면서 분해·소멸 미생물에 의해 내부 온도는 상승하게 되고, 음식물쓰레기의 수분 및 유기물이 제거되면서 무게가 감소하게 됨. 본 연구에서는 분해·소멸이 진행되면서 감소되는 무게에 대해 각 송풍량별로 평가하였음.

○ <그림 126(a)>는 시간에 따른 음식물쓰레기 제거 누적 무게 변화를 각각의 송풍량별로 나타낸 것으로 음식물쓰레기의 분해·소멸 시 송풍량이 증가할수록 누적 무게양이 높았음. 송풍량 20 L/min의 경우 분해·소멸 시작 후 약 2일 후 대부분의 무게가 감소되었으며, 송풍량 5, 10, 15 L/min의 경우 분해·소멸 시작 후 5일까지 대부분의 무게가 감소되었음. 송풍량을 주입하지 않은 경우 송풍량을 주입했을 때와는 달리 무게 감량에 변곡점이 보이지 않았음. 이는 앞서 언급하였듯이 제거된 수분이 분해·소멸 장치 외부로 나가지 못하고 내부에서 재응축 되었기 때문으로 사료됨.

○ 송풍량에 따른 무게 감량율은 송풍량 0, 5, 10, 15, 20 L/min에서 각각 23, 41, 43, 45, 46%였으며, 이중 75% 이상은 수분제거에 의한 무게 감량으로 계산되었음.

○ 이를 통해 파악할 수 있는 것은 음식물쓰레기 분해·소멸 시 무게 감량을 위해서는 유기물 제거도 중요하지만, 수분 제거가 중요함을 알 수 있음. 수분의 제거는 분해·소멸 장치 내부 온도 control 및 습공기 제어가 중요함.





<그림 126> 송풍량에 따른 무게변화

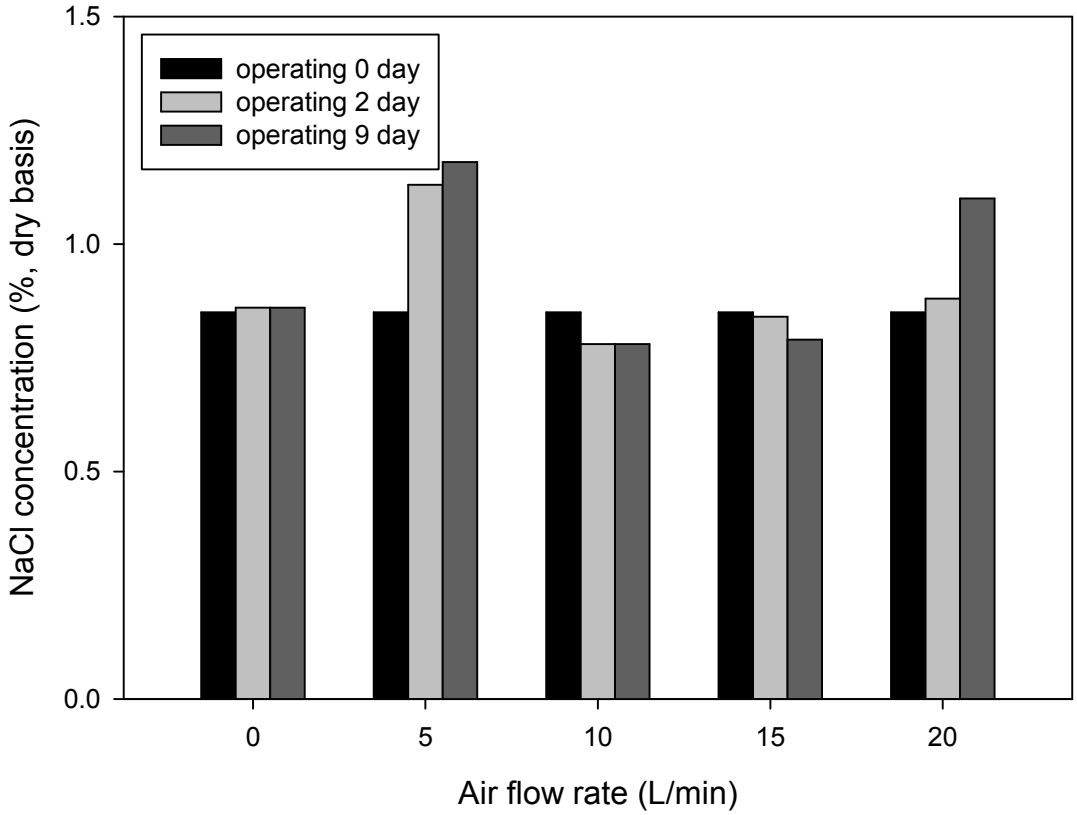
(a 시간에 따른 무게 변화, b 공기송풍량에 따른 무게제거율)

④ NaCl

○ 우리나라에서 발생되는 음식물쓰레기의 경우, 음식 조리 상 첨가되는 소금 등으로 인해 높은 염분도 (salinity)를 가지며, 이는 분해·소멸에 영향을 미치는 주요인자로 고려되어야 함. 본 연구에서 사용된 음식물쓰레기의 NaCl 농도는 약 8% 가량으로 분해·소멸 과정에서 미생물에 독성으로 작용할 가능성이 있기 때문에 이에 대한 평가가 필요함.

○ <그림 127>은 송풍량 별 NaCl 농도 변화를 나타낸 것으로 음식물쓰레기를 주입한 후 0, 2, 9일 때의 NaCl 농도를 분석함. 결과 송풍량의 변화와 시간의 변화에 관계없이 NaCl의 제거는 없었음. 오히려 초기에 비해 농도가 증가하는 결과를 보였는데, 이에 대한 원인 규명이 필요할 것으로 판단됨.

○ 분해·소멸 시 NaCl 농도는 미생물 활성도 유지를 위해 중요한 인자임. 1차년도 연구결과 NaCl 농도가 5% 이상 되었을 때 유기물 및 수분제거율이 급격히 감소하는 것을 확인하였음. 따라서, 분해·소멸 장치 운전을 안정적으로 유지하기 위해서는 NaCl 농도를 5% 이하로 유지하는 것이 필요할 것으로 사료됨.



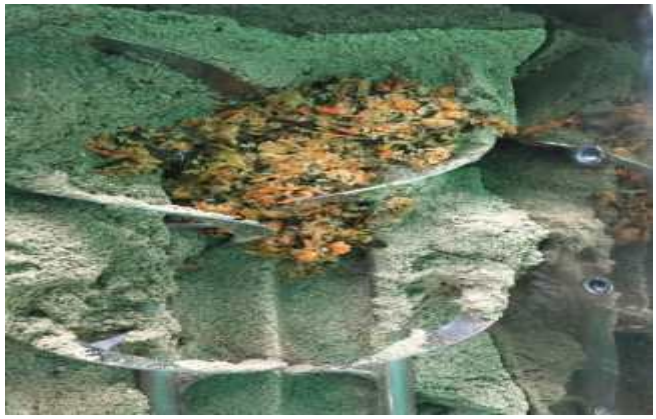
<그림 127> 송풍량에 따른 NaCl 농도 변화

2. 처리용량 4kg/일 음식물쓰레기 분해·소멸장치 장기 운전을 통한 성능 최적화

2.1 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 운전특성 및 제어 최적화

가. 음식물쓰레기 분해·소멸 운전 안정화를 위한 모니터링 및 제어인자 도출 (연속식 실험)

○ 음식물쓰레기 분해·소멸 운전 안정화를 위한 모니터링 및 제어인자 도출을 위해 <chapter Ⅰ>에서 제시 하였던 음식물쓰레기 분해·소멸 장치를 이용하여 음식물쓰레기 주입량에 따른 처리 효율을 평가하였으며, <그림 128>은 분해·소멸 장치에 음식물을 투입한 사진임.



<그림 128> 분해·소멸 장치에 음식물 투입 사진

○ 음식물쓰레기 분해·소멸 효율 평가를 위해 음식물쓰레기 발효 시 온도, CO_2, 수분함량, 유기물 함량 변화에 대해 평가하였음. 음식물쓰레기 주입량은 1.5 kg/day, 2.4 kg/day, 3.3 kg/day로 나누어 주입하였으며, CO_2 농도 및 발효단 온도가 안정화 되었다고 판단되었을 때 음식물쓰레기 주입량 증가.

○ <표 39>는 음식물투입량 대비 이론적 공기투입량 대비 실제 공기투입량 비율을 나타낸 것으로 음식물쓰레기 투입량이 1.5 kg/day일 경우 120%, 3.3 kg/day로 투입하였을 때에는 55% 가량이었음.

<표 39> 음식물쓰레기 주입량에 따른 공기투입량

분석항목	1.5 kg/day	2.4 kg/day	3.3 kg/day
음식물쓰레기 투입량에 따른 이론 공기투입량 (L/min)	20.6	32.9	45.2
이론공기투입량/실제공기투입량 (%)	120	75	55

* 이론 공기량 계산
{[처리할 음식물쓰레기 수분량×1000/(발효온도에 따른 포화수분량-유입공기 수분량)]/(발효조 처리시간×24)}/60×1000

1) 온도 및 CO_2

○ <그림 129>은 30일 이상 장기운전을 진행한 분해·소멸 장치내부의 사진 및 sampling 사진임. 초기 투입된 우드칩과 비교했을 때 색깔과 함수율, 유기물 함량 등에서 많은 변화가 확인됨. 연속운전을 통해서 지속적으로 음식물은 투입되고 최종 발효물질은 배출되지 않고 진행되기 때문에 발효 이후 잔류하는 유기물과 새롭게 투입되는 음식물로 인해서 초기 투입 비율보다는 음식물의 비율이 높아지면서 발생하는 변화로 판단됨.

○ <그림 130>은 음식물쓰레기 1일 투입량을 다르게 하였을 때 온도 및 CO_2 변화량을 나타낸 그래프이며 1일 투입량에 따른 온도 및 CO_2 농도는 음식물쓰레기 투입량이 2.4 kg/day 일 때 가장 높게 나타남.

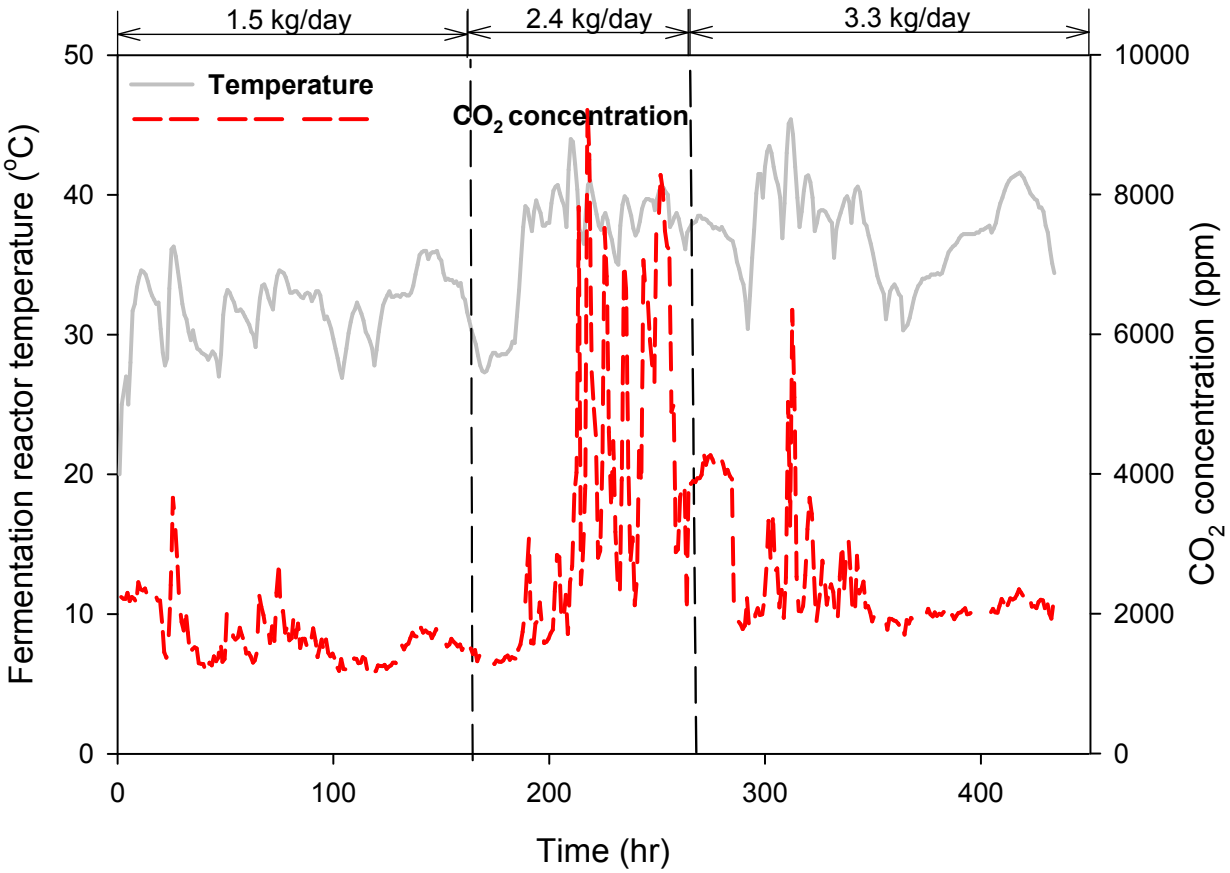
○ 음식물을 투입하고 서서히 온도가 상승하여 약 7시간 후 최고 온도 약 45 ˚C에 도달하였음. CO_2 농도 역시 온도가 상승할 때 증가하여 약 9000ppm의 농도를 보였으며, 온도와 CO_2 농도를 통해 미생물의 활성을 간접적으로 알 수 있음.

○ 1일 투입량에 따른 발효물를 분석하면 음식물쓰레기 투입량이 2.4 kg/day 일 때 음식물쓰레기 총 제거량, 음식물쓰레기 유기물 제거량이 가장 높게 나타났는데 이는 미생물의 활성이 높고 유기물 부하량이 낮아 안정화가 이루어졌기 때문으로 판단됨.

○ 음식물류 폐기물 연속 투입 시 유기산과 이산화탄소가 축적되어 반응기 조건이 산성이 되면서 미생물의 생장과 효소의 활성이 억제되어 감량 효율에 큰 영향을 미침.

○ 음식물쓰레기 투입량이 2.4 kg/day 일 때 연속적인 음식물쓰레기의 누적 투입에도 불구하고 혼합 반응조의 유기물함량이 일정한 수준으로 유지되는 현상은 우드칩과 투입 음식물쓰레기의 원활한 배합 및 반응이 진행되고 있음을 보여줌.

<그림 129> 분해·소멸 장치 내부 사진 및 발효물질 sampling 사진



<그림 130> 음식물쓰레기 분해·소멸 온도 및 CO_2 농도 변화

2) 유기물 및 수분 제거 효율

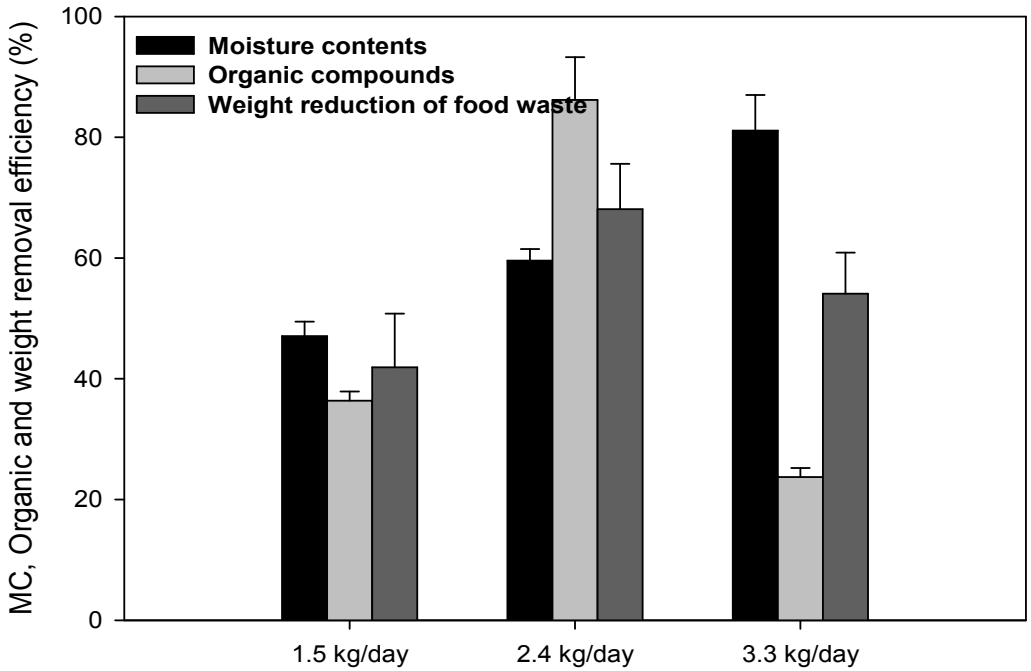
○ <그림 131>은 1일 음식물쓰레기 투입량에 따른 수분, 유기물 제거율 및 무게 감소율을 나타낸 것이고 1일 투입량에 따른 데이터를 분석하면 수분 제거율은 투입량 3.3 kg/day에서 가장 높았지만, 유기물 제거율이 급격히 낮아짐.

○ 음식물쓰레기 투입량 3.3 kg/day의 수분 제거율이 높은 것은 외부 온도의 영향과 음식물 자체 투입량이 높아짐에 따라 수분량에 비례하여 높아졌기 때문으로 판단됨. 유기물 제거율이 낮아진 것은 유기물 부하량이 높아졌고, 음식물쓰레기 투입량 증가에 따른 NaCl 농도도 높아졌기 때문으로 판단됨. <그림 132>참조.

○ 중요 요소인 유기물 제거율과 무게 감소율은 투입량 2.4 kg/day에서 각각 약 86%, 68%로 높은 값을 나타내었다. 음식물쓰레기 투입양이 3.3 kg/day으로 투입하였을 때에 비해 2.4 kg/day로 투입하였을 때 유기물 제거율이 약 3배가량 높게 나타남.

○ 유기물 제거량에서 차이가 나는 것은 음식물쓰레기를 3.3 kg/day로 투입하였을 때 음식물쓰레기 투입량 증가에 따른 유기물 부하가 음식물쓰레기 분해 미생물에 영향을 미쳤을 것이라 사료됨.

○ 본 결과는 상기 온도 및 CO_2 변화량 결과와 같이 투입량은 2.4 kg/day이 최적 조건에 근접하다는 것을 알 수 있음.



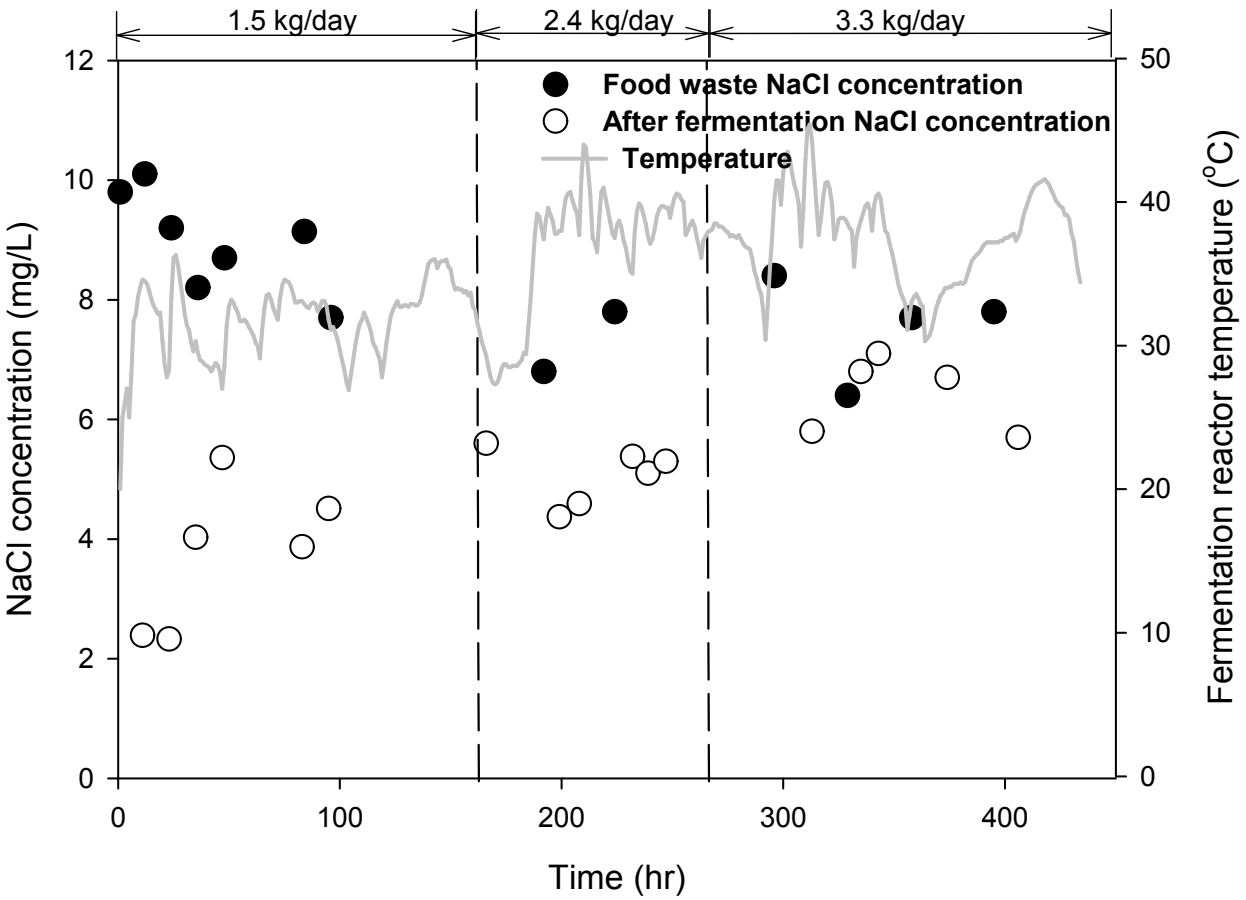
<그림 131> 음식물쓰레기 분해·소멸 시 유기물, 수분, 음식물쓰레기 무게 감소

3) NaCl 영향 평가

○ <그림 132>는 1일 투입량에 따른 염분 농도와 온도 변화를 나타낸 것이고 음식물쓰레기 투입량이 2.4 kg/day 일 때까지는 평균 5%를 유지하고 있으나 투입량 3.3 kg/day 이 후 6% 이상으로 증가함.

○ CO_2 농도와 유기물 제거량 등의 결과와 비교 분석 하였을 때, 음식물쓰레기 투입량을 3.3 kg/day로 증가시켰을 때 NaCl 농도가 6% 이상으로 증가하였고, 이때 CO_2 발생 농도가 감소하였음. 즉, NaCl 농도가 증가하여 분해·소멸 미생물에 독성으로 작용할 수 있다는 점을 알 수 있음.

○ 따라서, 안정적인 분해·소멸이 유지되기 위해서는 음식물쓰레기에 의해 투입되는 NaCl 농도 제어를 5% 이하로 유지해야 할 것으로 판단되며, 이에 대한 방안으로 음식물쓰레기 투입량에 대한 조절이 필요할 것으로 사료됨.



<그림 132> 음식물쓰레기 분해·소멸 시 NaCl 변화

나. 음식물쓰레기 분해·소멸 운전 영향인자 도출 (연속식 실험)

○ 음식물쓰레기 분해·소멸 운전 영향인자 도출을 위해 음식물쓰레기 분해·소멸 시 온도, CO_2, 수분함량, 유기물 함량 변화에 대해 평가하였음. 음식물쓰레기 주입량은 1.5 kg/day, 2.4 kg/day, 3.3 kg/day로 나누어 주입하였으며, CO_2 농도 및 발효단 온도가 안정화 되었다고 판단되었을 때 음식물쓰레기 주입량 증가. <표 40>은 음식물투입량 대비 이론적 공기투입량 대비 실제 공기투입량 비율을 나타낸 것으로 음식물쓰레기 투입량이 1.5 kg/day일 경우 120%, 3.3 kg/day로 투입하였을 때에는 55% 가량이었음.

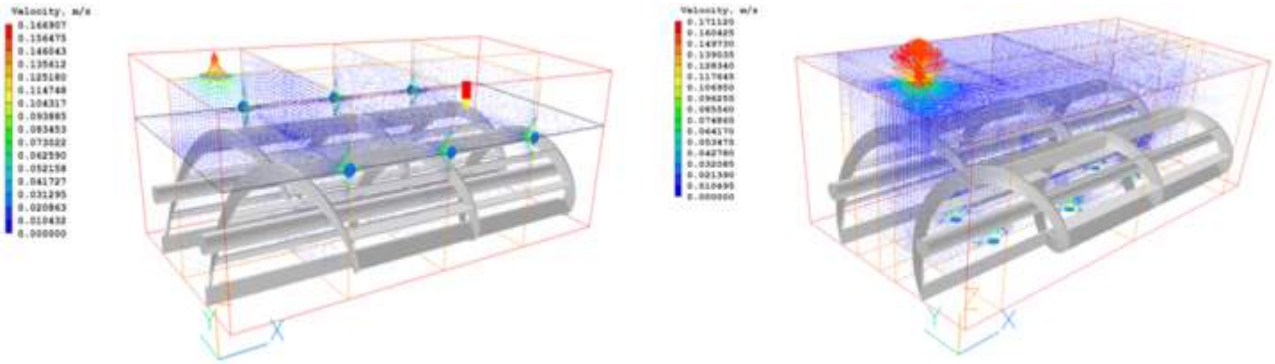
<표 40> 음식물쓰레기 주입량에 따른 공기투입량

분석항목	1.5 kg/day	2.4 kg/day	3.3 kg/day
음식물쓰레기 투입량에 따른 이론 공기투입량 (L/min)	20.6	32.9	45.2
이론공기투입량/실제공기투입량 (%)	120	75	55

* 이론 공기량 계산
{[처리할 음식물쓰레기 수분량×1000/(발효온도에 따른 포화수분량-유입공기 수분량)]/(발효조 처리시간×24)}/60×1000

1) 공기 유입 방향에 따른 분해·소멸 효율 비교·평가

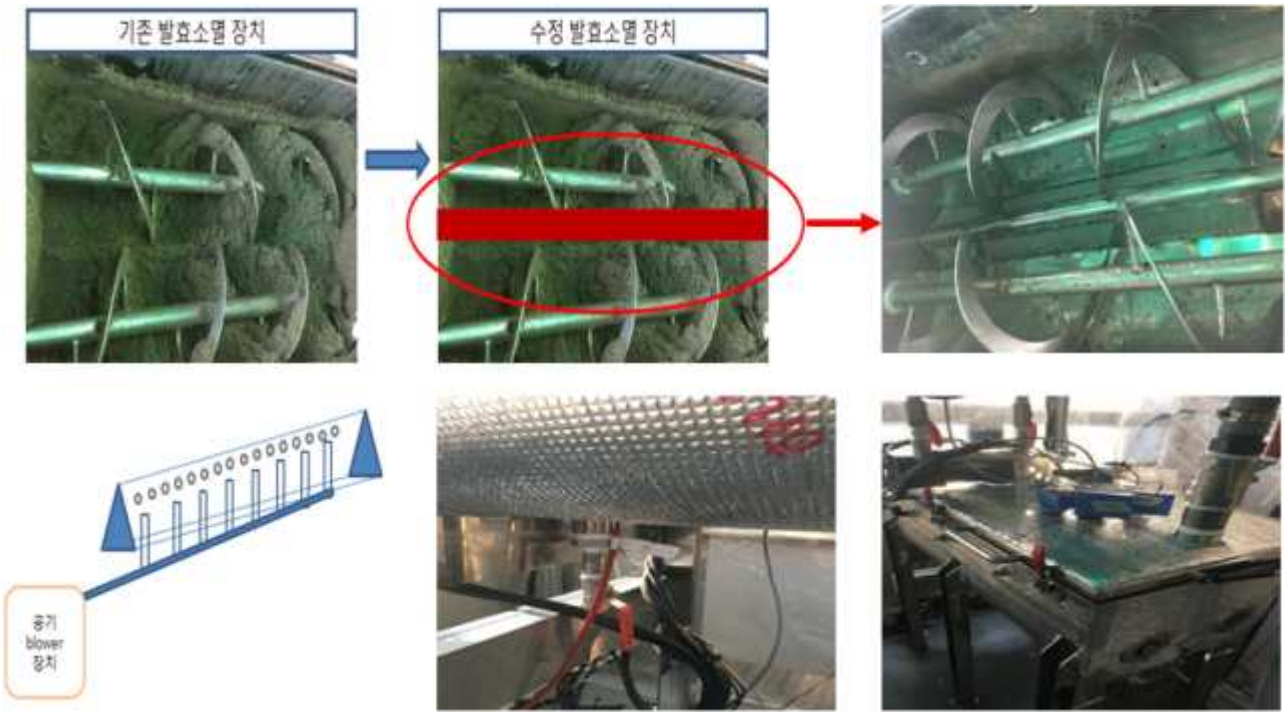
○ 1차년도 음식물쓰레기 분해·소멸 장치 형상 모델링 연구결과 공기 유입 방향에 따라 분해·소멸 장치 내 유동특성이 다른 것으로 분석됨.
○ 가스속도분포 비교를 한 결과 <그림 133>과 같이 공기가 하부에서 유입되는 것이 상부에서 유입되는 것에 비해 분해·소멸장치 내 전체적으로 고른 분포를 보이는 것으로 분석됨.
○ 따라서, 2차년도는 1차년도 연구결과를 토대로 공기 유입 방향에 따른 음식물쓰레기 분해·소멸 효율을 연속반응기를 수정하여 평가하였음.



(a) 공기유입 방향 (상부) (b) 공기유입 방향 (하부)

<그림 133> 공기속도벡터 비교

○ <그림 134>는 연속반응기를 수정 보완한 그림으로서 연속반응기 수정에 따라 분해·소멸 장치 중앙부분에 발효물이 쌓이는 현상이 방지 되었으며, 반응기 하부를 통한 공기 투입이 가능하게 되었고, 반응기가 외부온도의 영향에 덜 영향이 받게 되었음.



<그림 134> 연속반응기 수정 보완 그림

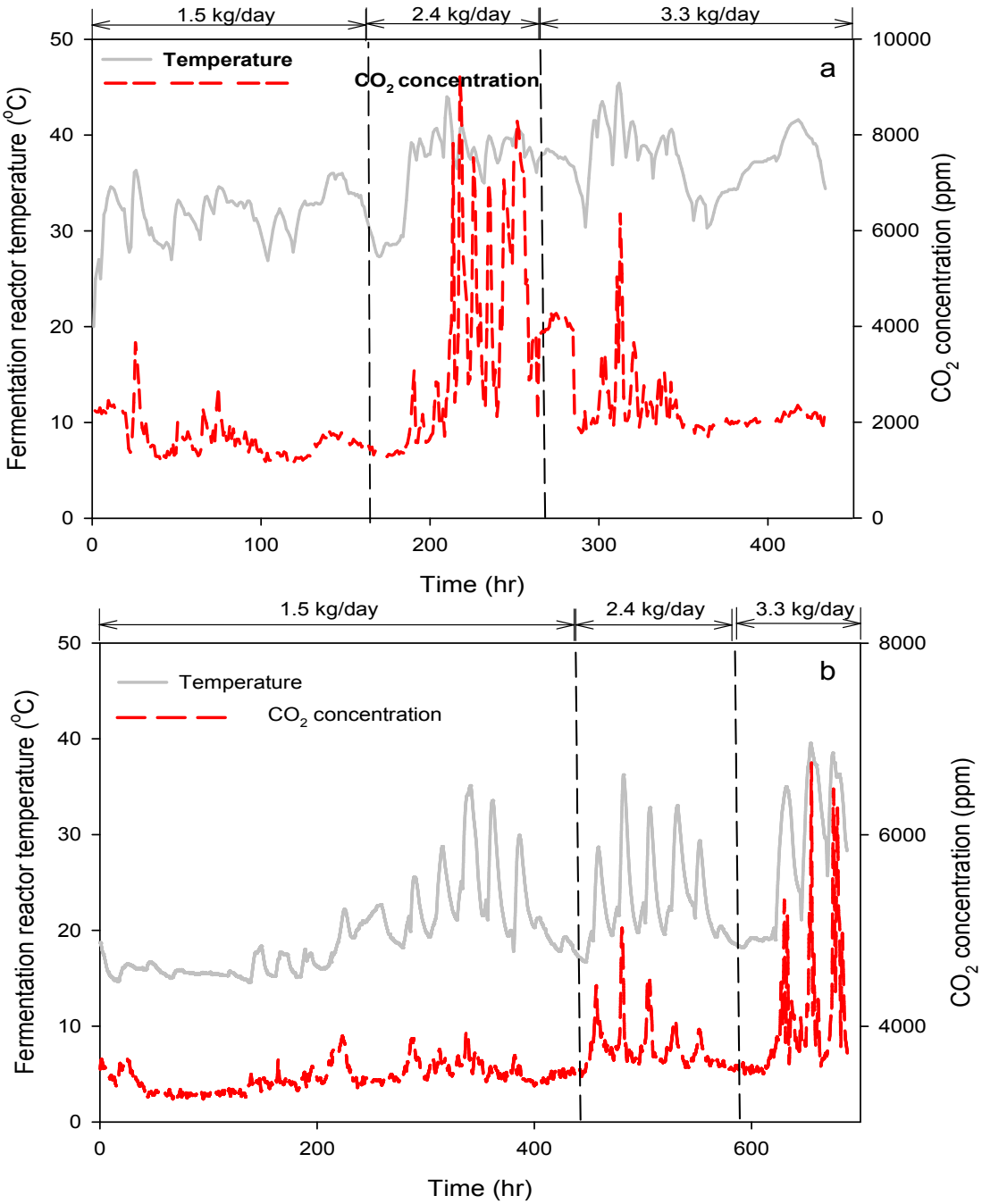
① 온도 및 CO_2

○ <그림 135>는 공기 유입방향에 따른 음식물쓰레기 분해·소멸 장치 내 온도 및 CO_2 농도 변화를 나타낸 것임. <그림 135(a)>의 경우 1차년도때 수행했던 실험내용으로 온도 및 CO_2 농도는 음식물쓰레기 투입량이 2.4 kg/day 일 때 가장 높게 나타났음. 음식물쓰레기를 투입하고 서서히 온도가 상승하여 약 7시간 후 최고 온도 약 45 ˚C에 도달하였으며, CO_2 농도 역시 온도가 상승할 때 증가하여 약 9000ppm의 농도를 보였음

○ <그림 135(b)>의 경우 공기 투입방향을 하부에서 주입하였을 때의 실험결과로서 공기 투입방향 상부에서 주입하였을 때와는 달리 음식물쓰레기 3.3 kg/day로 주입하였을 때 온도 및 CO_2 농도가 가장 높았음. 1차년도 연구결과 음식물쓰레기 주입량을 3.3 kg/day로 주입할 때 음식물쓰레기 주입량 증가에 따른 유기물 부하 증가에 따라 미생물들의 활성도가 저하되어 온도 및 CO_2 농도가 감소하였지만, 공기 유입방향을 하부에서 유입하였을 때는 위와 같이 감소되는 현상은 없었음. 이는 공기의 유입방향이 하부로 변경되면서 공기의 원활한 유입과 분산이 이루어졌고, 미생물들의 원활한 공기 접촉에 의한 것으로 판단됨. 공기 유입방향이 하부일 때 최고 온도는 40 ˚C 였으며, CO_2 농도는 약 6,500ppm 으로 공기 유입방

향이 상부일 때 비해 온도는 약 5 ˚C, CO_2 농도는 약 2000ppm 가량 낮았음. 온도 및 CO_2 농도가 공기 유입방향 상부에 비해 낮은 이유는 공기 흐름이 상부 주입보다는 하부 주입할 때 더 원활하기 때문에 외부 공기 주입에 의한 온도 및 CO_2 농도의 희석에 의한 것이라 판단됨.

○ 비록, 온도 및 CO_2 농도가 공기 유입방향 상부에 비해 낮지만, 이는 물리적인 현상이며, 외부 공기 예열을 통해 문제를 해결할 수 있을 것이라 판단되기 때문에 공기 유입방향은 상부 보다는 하부가 더 효과적일 것이라 판단됨.



<그림 135> 공기 유입방향에 따른 음식물쓰레기 분해·소멸 온도 및 CO_2 변화
(a 공기 유입방향 상부, b 공기 유입방향 하부)

② 유기물 및 수분, 전체 무게 감량

○ <그림 136>은 공기 유입방향을 하부로 하였을 때 음식물쓰레기 투입량에 따른 분해·소멸 장치 내부 모습을 나타낸 것으로 음식물쓰레기 투입양이 증가해도 응축수에 의한 분해산물의 떡짐 현상 및 쌓임 현상이 발생하지 않음을 알 수 있음.

<그림 136> 공기 투입방향 하부일 때 음식물쓰레기 투입양에 따른 분해·소멸 장치 내부 모습

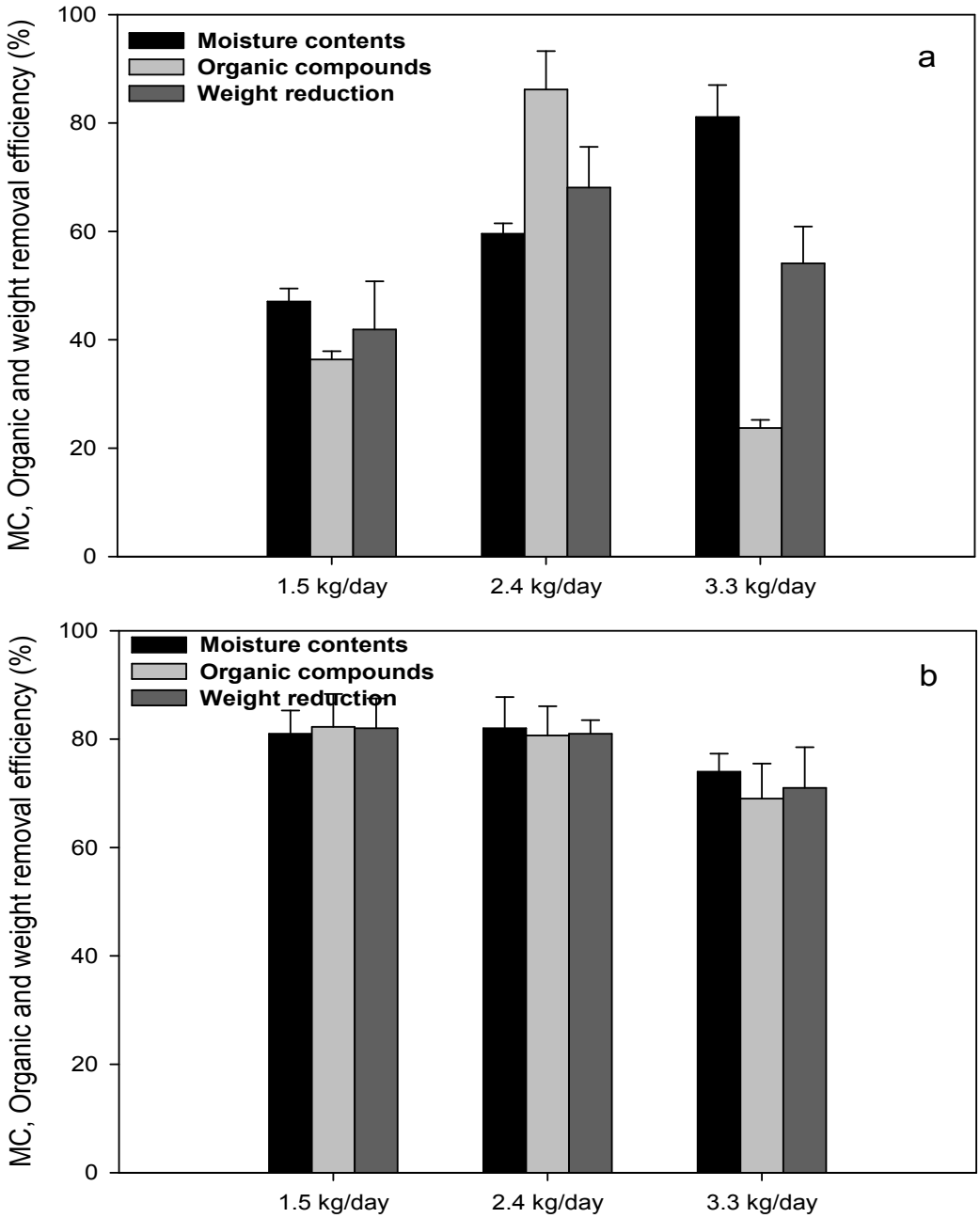
○ <그림 137>은 공기 유입방향에 따른 음식물쓰레기 분해·소멸 시 수분, 유기물 제거율 및 무게 감소율을 나타낸 것임. <그림 137(a)>는 1차년도 때 수행했던 공기 유입방향 상부의 결과이며, <그림 137(b)>는 기 유입방향 하부의 결과를 나타낸 것임.

○ 공기 투입방향 상부의 연구결과 유기물 제거율과 무게 감소율은 투입량 2.4 kg/day에서 각각 약 86%, 68%로 높은 값을 나타냄. 음식물쓰레기 투입양이 3.3 kg/day으로 투입하였을 때에 비해 2.4 kg/day로 투입하였을 때 유기물 제거율이 약 3배가량 높게 나타남.

○ 공기 투입방향 하부의 연구결과 음식물쓰레기 투입양 1.5 kg/day와 2.4 kg/day 일 때 수분, 유기물, 전체 무게 감소율은 약 80% 대로 거의 비슷하였음. 음식물쓰레기 3.3 kg/day로 투입하였을 때는 1.5, 2.4 kg/day로 투입하였을 때에 비해 다소 낮은 값을 보였지만, 공기 투입방향 상부 결과에 비해 20%가량 높았음. 음식물쓰레기 투입양이 3.3 kg/day로 투입하였을 때 효율이 감소된 것은 유기물 부하량의 증가와 함께 음식물쓰레기 투입양 증가에 따른 NaCl 농도도 증가되었기 때문으로 판단됨.

○ 공기 투입방향에 따른 수분, 유기물, 전체 무게 감량을 비교하면, 공기 투입방향이 상부에 비해 하부로 투입할 때 음식물쓰레기 분해·소멸 효율이 증가된다는 것을 알 수 있었으며, 이는 미생물과 공기의 원활한 접촉과 습공기 제거가 더 효과적으로 이루어졌기 때문으로 판단됨.

○ 따라서, 음식물쓰레기의 효과적인 분해·소멸을 위한 공기 투입방향은 투입 공기의 원활한 흐름 및 분해·소멸 장치 내부의 원활한 공기 분산이 될 수 있도록 하부에서 투입하는 것이 효과적일 것으로 사료됨.

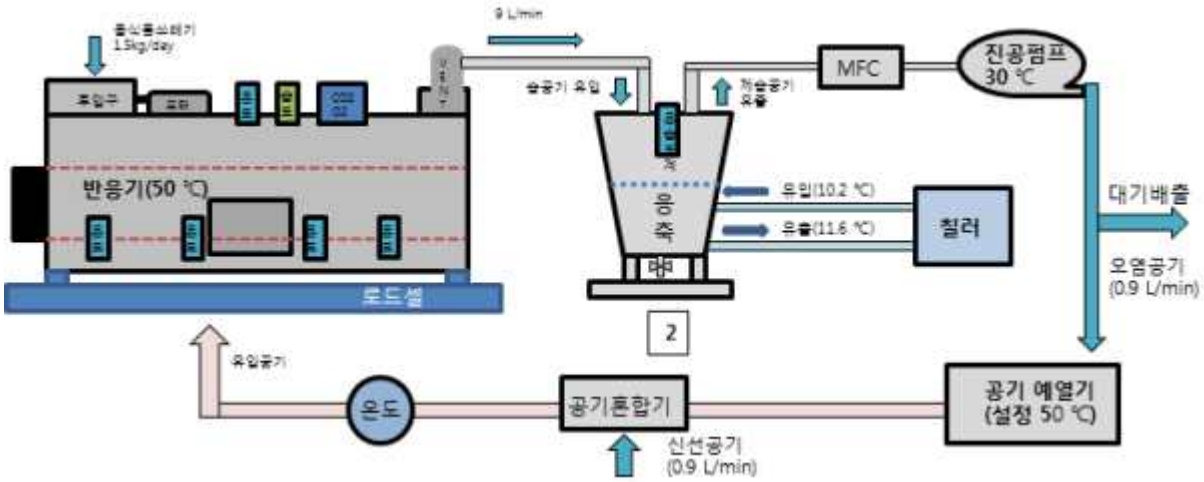


<그림 137> 공기 유입방향에 따른 음식물쓰레기 분해·소멸 수분, 유기물, 전체 무게 감량 (a 공기 유입방향 상부, b 공기 유입방향 하부)

2) 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 순환 공기 에너지 하베스팅을 통한 외부공기 예열에 따른 효율평가

○ 공기 유입방향에 따른 음식물쓰레기 분해·소멸 실험 결과 하부에서 공기를 유입하는 것이 상부에서 공기를 유입하는 것에 비해 더 효과적인 것으로 평가됨. 하지만, 외부 공기를 유입할 경우 분해·소멸 장치 내부 온도가 저하되어 미생물의 활성도를 감소시킬 영향이 있음. 따라서, 외부 공기 유입이 아닌 내부 공기의 습공기 제거를 통해 포화 수증기를 제거 하고 이후, 공기 예열기를 통해 온도 증가 후 재투입하는 방식의 분해·소멸 장치 개발이 필요함.

○ <그림 138>는 음식물쓰레기 분해·소멸시스템의 내부 온도 저하 방지를 위한 순환공기의 습공기 제거 후 예열에 따른 효율평가를 하기 위한 실험장치 setting 그림임. 음식물쓰레기 분해·소멸 장치에서 25 L/min 의 유량으로 공기를 빼낸 후 chiller를 통해 습공기 제거 후 (공기 온도 20˚C) 진공펌프를 거쳐 공기예열기를 통해 공기를 다시 50 ˚C로 증가시킨 후 필요시 외부 공기를 10% 가량 보충한 후 분해·소멸 장치에 재투입하는 방식임.



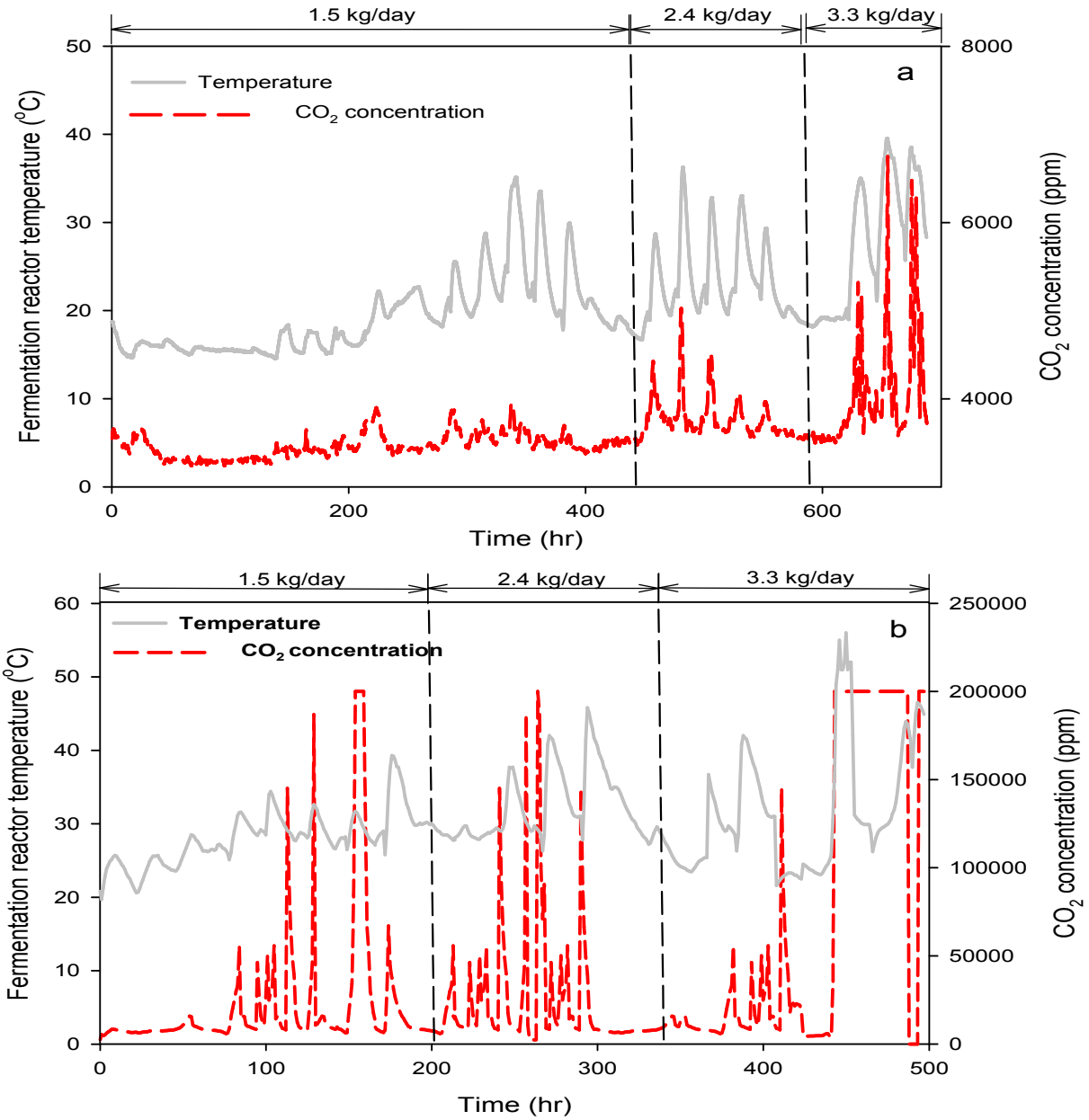
<그림 138> 음식물쓰레기 분해·소멸 장치 순환공기 예열을 위한 실험 장치 구성

① 온도 및 CO_2

○ <그림 89>는 공기 예열 유무에 다른 음식물쓰레기 분해·소멸 장치 내 온도 및 CO_2 농도 변화를 나타낸 것임. <그림 139(a)>의 경우 다-(1)절에서 언급했던 공기 주입방향이 하부에 있으며, 공기 예열을 하지 않고 순환 공기를 주입하였을 때의 온도 및 CO_2 농도 변화를 나타낸 것이며, <그림 139(b)>의 경우 공기 주입방향이 하부에 있으며, 공기 예열을 통한 순환 공기를 주입하였을 때의 온도 및 CO_2 농도 변화를 나타낸 것임.

○ 실험결과, 공기 예열을 하지 않았을 경우에 비해 공기 예열을 하였을 경우 분해·소멸 반응기 내부 온도는 평균 약 5 ℃ 가량 높았으며, CO_2 농도도 3배 가량 높았음. 이는 반응조 내부의 온도가 고온으로 유지 되면서 미생물의 활성도가 유지 되었으며, 이로 인해 음식물쓰레기 분해·소멸 효율도 증가되었다고 판단됨.

○ 앞선, 하수슬러지 분해·소멸 결과에서도 알 수 있듯이, 공기 예열을 통한 분해·소멸 장치 내 공기 주입은 안정적인 분해·소멸 운전이 가능하다고 판단되며, 실증 규모 100 kg/day 분해·소멸 장치 구성 시 안정적인 운전을 위해서도 공기 예열은 필요하다고 판단됨.



<그림 139> 공기 예열에 따른 음식물쓰레기 분해·소멸 온도 및 CO_2 변화
(a 공기 예열 ×, b 공기 예열 ○)

② 유기물 및 수분, 전체 무게 감량

○ 공기 예열을 통한 음식물쓰레기 분해·소멸 시 <그림 140>에서도 알 수 있듯이 음식물쓰레기 투입량을 증가시켜도 분해·소멸 장치 내부에 응축수 발생에 의한 분해산물의 떡짐 현상 및 쌓임 현상이 발생하지 않음을 알 수 있음. <그림 140>에서도 알 수 있듯이 앞선 공기 주입 방향의 하부 주입 시 보다 분해 산물의 함수율이 더 낮았음.

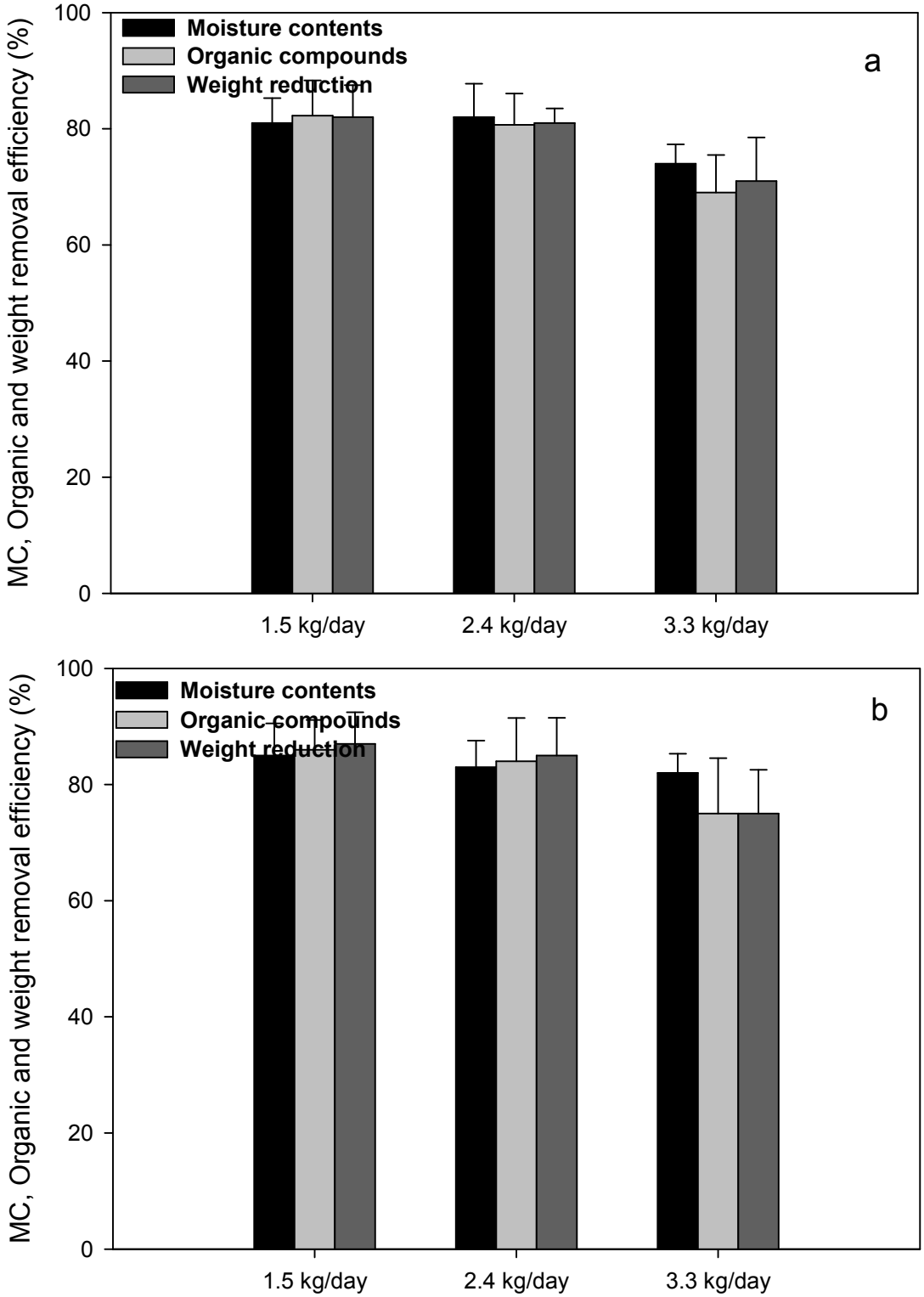
<그림 140> 공기 예열 시 음식물쓰레기 투입양에 따른 분해·소멸 장치 내부 모습

○ <그림 141>은 공기 예열 유무에 다른 음식물쓰레기 분해·소멸 수분, 유기물, 무게 감소를 나타낸 것임 <그림 141(a)>은 공기 예열을 하지 않았을 때의 결과를 나타낸 것이며, <그림 141(b)>는 공기 예열을 하였을 때의 결과를 나타낸 것임.

○ 공기 예열을 하지 않았을 때의 연구결과 음식물쓰레기 투입량 1.5 kg/day와 2.4 kg/day 일 때 수분, 유기물, 전체 무게 감소율은 약 80% 대로 거의 비슷하였음. 음식물쓰레기 3.3 kg/day로 투입하였을 때는 1.5, 2.4 kg/day로 투입하였을 때에 비해 다소 낮은 값을 보였음. 공기 예열을 하였을 때는 공기 예열을 하지 않았을 때에 비해 약 3~5% 가량 모든 효율이 증가함을 알 수 있었음. 하지만, 공기 예열을 하지 않았을 때와 같이 음식물쓰레기 3.3 kg/day로 주입 시 효율이 다소 감소함을 알 수 있었음. 이는 앞서 언급하였듯이, 유기물 부하의 증가 및 NaCl 농도 증가에 따른 것이라 판단됨.

○ 공기 투입방향을 하부로 주입하였을 때, 공기 예열을 하여 주입하였을 때, 분해·소멸 미생물과의 원활한 공기 접촉에 의해 유기물 및 무게 감량 효율이 가장 좋았음.

○ 따라서, 음식물쓰레기의 효과적인 분해·소멸을 위한 공기 투입방향은 투입 공기의 원활한 흐름 및 분해·소멸 장치 내부의 원활한 공기 분산이 될 수 있도록 하부에서 투입하며, 분해·소멸 장치 내부 온도 저하 방지를 위해 예열을 통한 공기 주입을 하는 것이 음식물쓰레기 분해·소멸에 효과적일 것으로 사료됨.



<그림 141> 공기 예열에 따른 음식물쓰레기 분해·소멸 수분, 유기물, 전체 무게 감량
(a 공기 예열 ×, b 공기 예열 ○)

다. 음식물쓰레기 분해 · 소멸 최적 운전조건 확보

○ 회분식, 연속식 실험을 통해 분해·소멸 시 미칠 수 있는 영향인자, 제어인자 값 (pH, 온도, 수분 및 유기물 제거, 무게 감소율, CO_2 발생량 및 속도)들에 대해 적정 범위를 산정하기에는 음식물쓰레기와 우드칩의 혼합비, 분해·소멸 미생물 활성도, 독성물질의 유무 등의 이유로 인해 어려움이 있음. 하지만, 음식물쓰레기의 분해·소멸 효율 평가를 위해서는 앞서 제시 했던 영향인자, 제어인자 값들에 대한 평가가 이루어 져야 할 것으로 판단됨.

○ 즉, <표 41>에서 제시한 바와 같이 실증 규모 음식물쓰레기 분해·소멸 장치 운전 평가에 회분식, 연속식 실험에서 평가된 각 영향인자, 제어인자 값들과의 비교 검토를 통해 운전 효율 및 안정성에 대한 평가가 이루어져야 할 것으로 판단됨.

<표 41> 음식물쓰레기 분해·소멸 시 영향인자, 제어인자 항목 및 범위

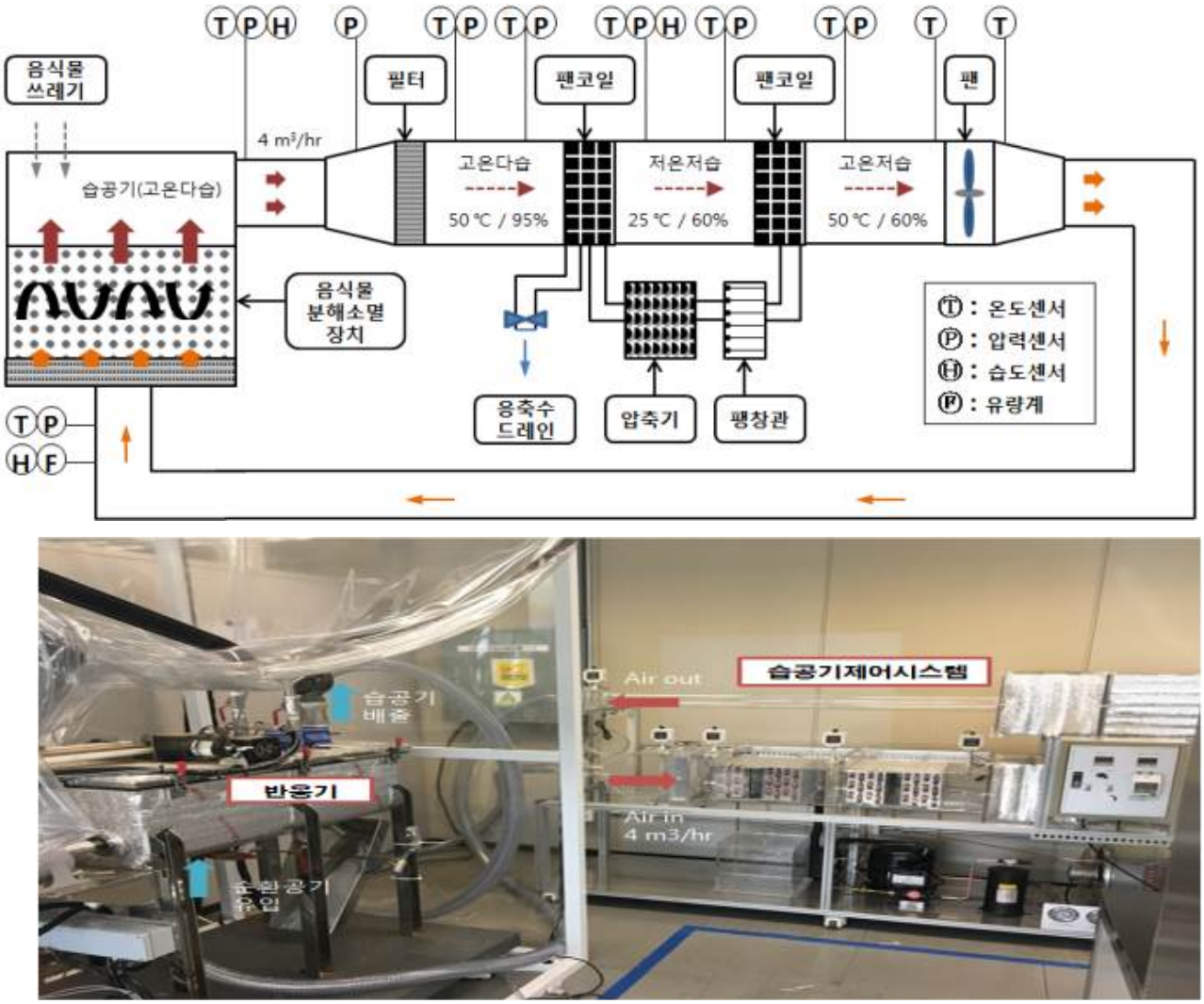
항목		인자 값 범위 (본 연구)[1]	이론값	비고
영향인자	온도	38~40 ˚C	중온 (35~40˚C) 고온 (45~50˚C)	분해·소멸에 적용되는 미생물의 종류에 따라 온도 범위는 변경될 수 있음
	pH	7.0~7.5	7.5	-
	수분제거율	75~80	-	-
	유기물제거율	75~80	-	-
	NaCl 농도	5% 이하	3% 이하	-
	무게감소율	60% 이상	-	-
모니터링및제어인자	CO_2 농도	6~8%	2~4%	CO_2 농도는 분해·소멸 운전영향인자에 중요한 factor 값으로 미생물의 활성도와도 직접적으로 연계되기 때문에 제어인자로서 가장 중요함
	O_2 농도	19~21%	19~21%	-
	NH_3 농도	0.1% 이하	0.1% 이하	암모니아는 혐기성 조건에서 발생하며 악취유발 물질에 주된 물질로 0.1% 이하 유지, 혐기성 조건을 방지하기 위해서는 적정 공기투입량을 유지 해야 함
	음식물쓰레기:우드칩 혼합비 (w/w)	1:2	-	수분조절제로 사용되는 재료에 따라 혼합비는 변경될 수 있음
	공기투입량	이론값의 80% 주입	-	음식물쓰레기 투입양에 따라 이론값의 80% 주입
	순환공기예열	45 ˚C	-	순환공기 예열이 필요하며, 온도는 40˚C 이상
	C/N 비	20~45	25~35	-

1) 조건 : 용량 10 kg/day, HRT 1 day, 음식물쓰레기 2.4 kg/day 주입

2.2 습공기제어시스템 구축 및 운전 특성

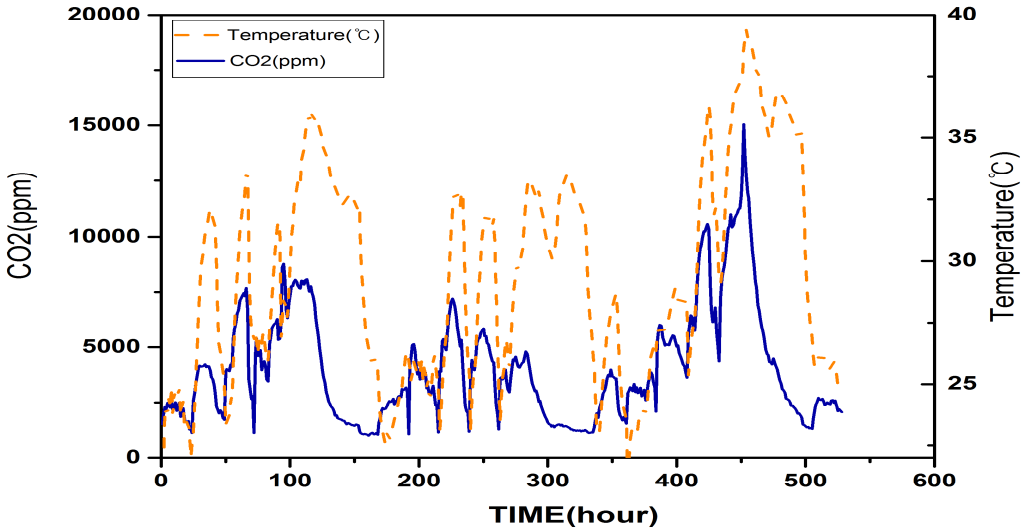
가. 습공기제어시스템 적용 발효소멸 실험

○ 본 장치는 습공기제어시스템을 적용하여 습공기 제거 및 발효열 재이용 효과를 파악하고자 공기가 재순환되도록 시스템을 구성하였음. 미생물의 활성을 위하여 생장할 수 있는 적절한 온도의 공기를 공급하고자 고온·저습한 공기를 발효소멸 반응기 내부로 혼합 시키는 닫힌 시스템으로 수행되었음.



<그림 142> 습공기제어시스템 구성도 및 장치사진

○ 본 연구는 열펌프융합시스템에 대한 기초 운전 자료를 바탕으로 제습과정에서 방열되는 에너지를 발효·소멸장치에 유입되는 순환공기로 활용하여 미생물 활성에 기여할 수 있는 시스템에 대한 실험 데이터를 얻고자 하였으며, 순환공기의 응축 시에 방열되는 에너지를 회수하여 에너지로 활용하도록 발효열 재이용을 위한 습공기제어시스템의 기초 운전 자료를 확보하였음.



<그림 143> 습공기제어시스템 적용 후 CO_2, 온도 변화

○ <그림 143>은 습공기제어시스템 적용 후 CO_2, 온도 변화를 나타내었음. 발효소멸장치의 초기운전조건은 기존 연구를 바탕으로 음식물 2kg, 톱밥 4kg, 미생물 0.6kg을 투입하여 수행하였음.

○ CO_2 농도가 높아짐에 따라 미생물 분해열에 의한 내부온도가 높아짐. CO_2 농도는 운전 시 기본적으로 약 10000ppm 이상은 유지하고 있으며 운전시간에 따라 CO_2 농도는 운전 15일에서 최고 약 20000ppm 까지 올라가고 미생물 활성이 증가한 것으로 판단됨.

○ 운전 15일 이후 최고 온도는 39 ℃ 이며 외부 방열손실에 의한 온도 감소를 감안하면 실제는 더 높을 것으로 판담됨.

○ <그림 144>은 습공기제어시스템 적용 후 유기물 및 pH 변화를 나타내었음.

○ 발효소멸 운전 후, 발효물의 유기물은 감소하고 음식물 원료 투입 시 다시 증가하는 경향을 보임. 연속적인 음식물 투입과 샘플링 위치에 따른 분석오차로 인해 크게 감소됨을 확인하기는 어려움.

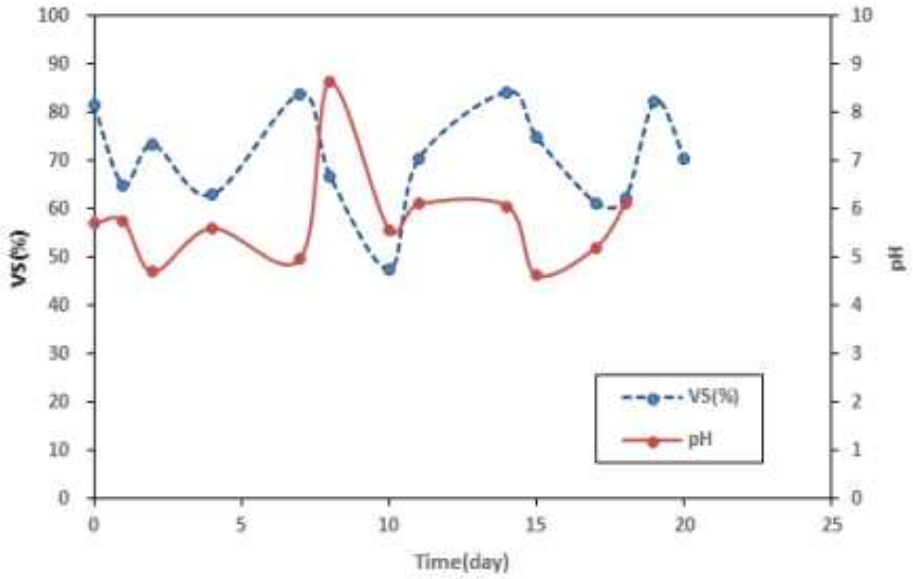
○ 유기물은 발효소멸 운전 10일 정도에서 가장 낮은 약 45%의 값을 보였고 pH 수치 또한 초기 4.5에서 6까지 주기적으로 반복됨을 나타냄.

○ pH 수치가 10일에서 가장 높은 8.5를 보임에 따라 발효소멸에 의한 부숙이 완료 됐음을 간접적으로 확인함.

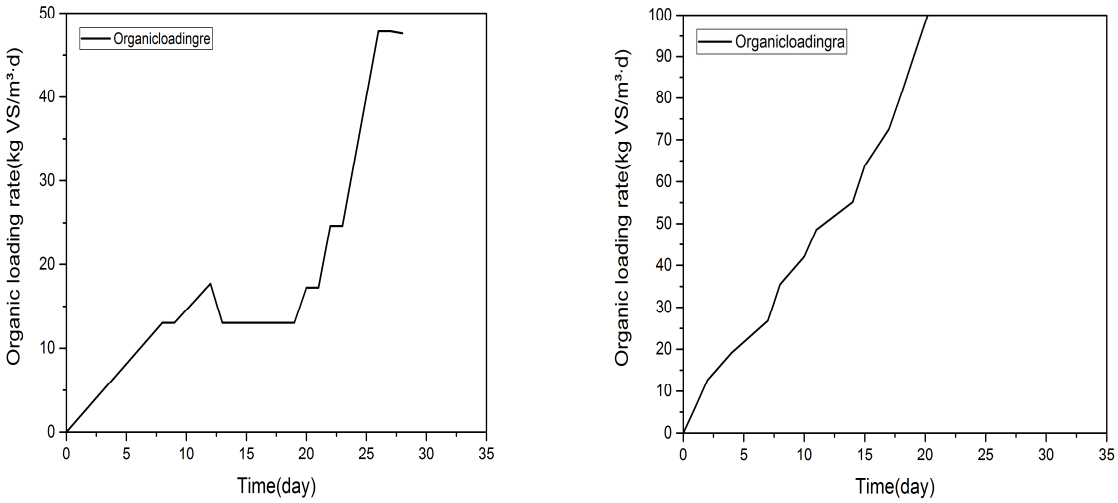
○ 1차적으로 운전 10일에서 발효물 샘플링 후 고형연료 생산이 가능하나 발효물 샘플량이 적으므로 운전시간을 두 배 이상으로 늘려 샘플량을 늘려야 할 것으로 판단됨.

○ 반응기 용량은 55L이나 운전 시 미교반 공간이 비교적 없는 원활한 교반이 가능한 운전 조건에서의 유효용량은 약 40L임. 음식물쓰레기와 통기 개량제 원료의 밀도 등을 고려하면 실제로 운전 가능한 반응기 로드셀을 통한 적정 용량은 약 20kg으로 약 20일 정도 운전 시

만족되는 발효물 샘플량이 나올 것으로 판단됨.

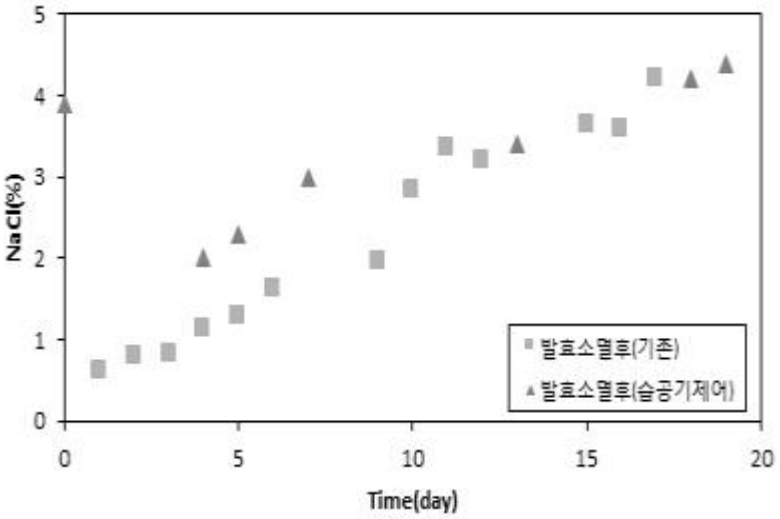


<그림 144> 습공기제어시스템 적용 후 유기물 및 pH 변화



a) (b)

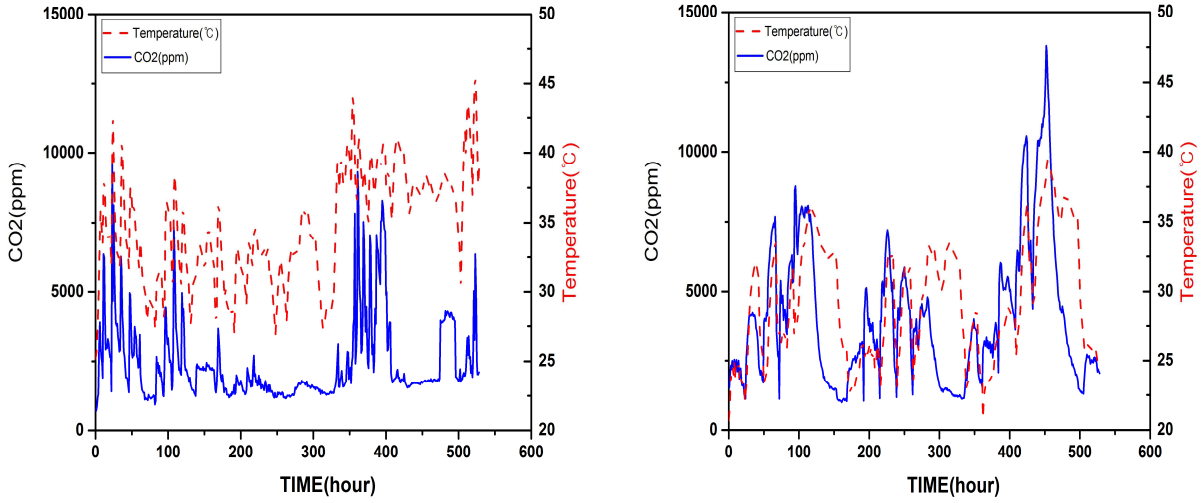
<그림 145> 습공기제어시스템 적용 전·후 유기물 부하량 변화



<그림 146> 발효소멸 장기운전 후 발효물 샘플의 염도 변화(습공기 제어 전·후)

- <그림 145>는 습공기제어시스템 적용 전·후 유기물 부하량 변화를 나타낸 것으로 습공기제어시스템 적용 전인 <그림 145(a)>에서는 운전 20일 이후 부하량이 늘어나면서 운전이 어렵고 미생물 활성이 떨어지기 때문에 반응기 재셋팅이 필요함.
- 습공기제어시스템 적용 후인 <그림 145(b)>에서는 꾸준히 유기물 부하량이 늘어나는 경향을 보여주지만 습공기제어시스템 적용 전과 비교하여 두 배 이상의 유기물 부하량에서 문제없이 운전이 가능함. 이는 습공기 제거가 잘 이루어지고 초기 분해가 쉬운 유기물의 감소의 영향일 것으로 판단됨.
- <그림 146>은 습공기제어시스템 적용 전·후 발효소멸 장기운전에서 발효물 샘플의 염도 변화를 나타낸 그래프임. 염도는 기존 실험과 유사하게 장기운전이 진행될수록 높아지는 경향을 보이고 운전 20일 정도에서 5%에 가까운 수치를 나타냄.
- 습공기제어시스템 적용 후 운전에서 발효물의 염도는 높아지고 있으나 운전성능에서는 문제없이 장기적으로 가능함.
- 반응기 처리량 및 염도와 관련하여 운전 20~25일 정도에서 부숙된 발효물을 샘플링 후 재셋팅 하는 것이 적절하다고 판단됨.

나. 습공기 시스템 적용 전후 비교



(a)습공기제어시스템적용 전 (b)습공기제어시스템적용 후

<그림 147> 습공기제어시스템 적용 전·후 CO_2, 온도 변화

○ <그림 147>은 습공기제어시스템 적용 전·후 운전에서 CO_2, 온도 변화를 나타냄. 습공기제어시스템 적용 전·후 비교결과, 초기에 CO_2 농도가 9000ppm 정도로 비슷하지만 장기적으로 후반에는 습공기제어시스템 적용 후가 10000ppm 이상으로 더 높게 나타나는 것으로 보아 장기운전에서 미생물활성이 더 높다는 것을 확인

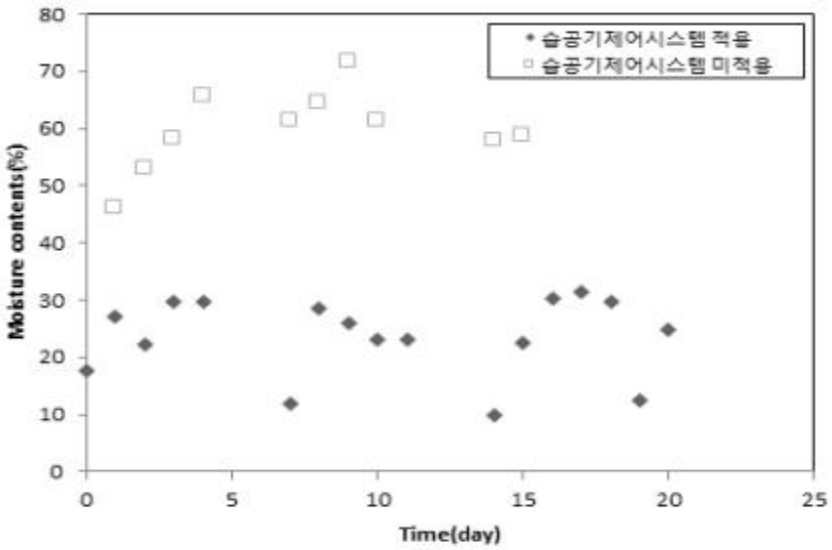
○ 기존 송풍방향 변경 운전 연구에서 산기관 변경에 의한 내부온도가 5 ˚C 가량 낮아지고 CO_2 농도도 2000ppm가량 낮아졌지만 위 비교결과에서는 온도는 낮아졌지만 CO_2 농도는 낮아지지 않은 것으로 보아 습공기제어시스템 적용 후에 반응기 내부에 공기의 흐름은 원활하고 미생물 활성에 영향을 미치는 것을 확인함. 온도 저하는 외부 방열손실에 의하여 생겼을 것으로 판단됨.

○ <그림 148>은 습공기제어시스템 적용 전·후 반응기 운전 비교 결과를 나타냄. 육안으로 확인 결과, 습공기제어시스템 적용 전에는 운전시간이 늘어날수록 발효물의 뭉침 현상이 크게 나타나 운전제어의 어려움이 있었으나 습공기제어시스템 적용 후에는 뭉침 현상이 없어지고 운전제어가 쉬어짐. 이는 반응기 내 생성되는 발효열에 의한 습공기를 기존에는 제거할 수 있는 처리가 어려웠으나 습공기제어시스템의 적용으로 인해 습공기 제거가 용이하다는 것을 알 수 있었으며 적절한 운전조건을 확인함.

○ <그림 149>는 습공기제어시스템 적용 전·후 발효물의 함수율 비교 결과를 나타냄. 그림에서 20일 동안의 운전 결과를 보면 습공기제어시스템 적용 전에는 발효물 함수율이 최저 40% 이상에서 분포해 있고 점점 증가하는 형태를 나타내는 반면 습공기제어시스템 적용 후에는 발효물 함수율이 최고 30% 이하에서 분포하는 형태를 나타냄. 함수율을 비교한 운전 성능에서 2배 이상 차이가 나는 것으로 보아 앞서 유기물 부하량 등에서도 같은 결과를 보인 것으로 판단됨.

○ 습공기제어시스템 적용 후에 전체적인 발효소멸 장기운전과 펠렛 생산에 적합하고 추가 건조가 필요 없어 효율적일 것으로 판단됨.

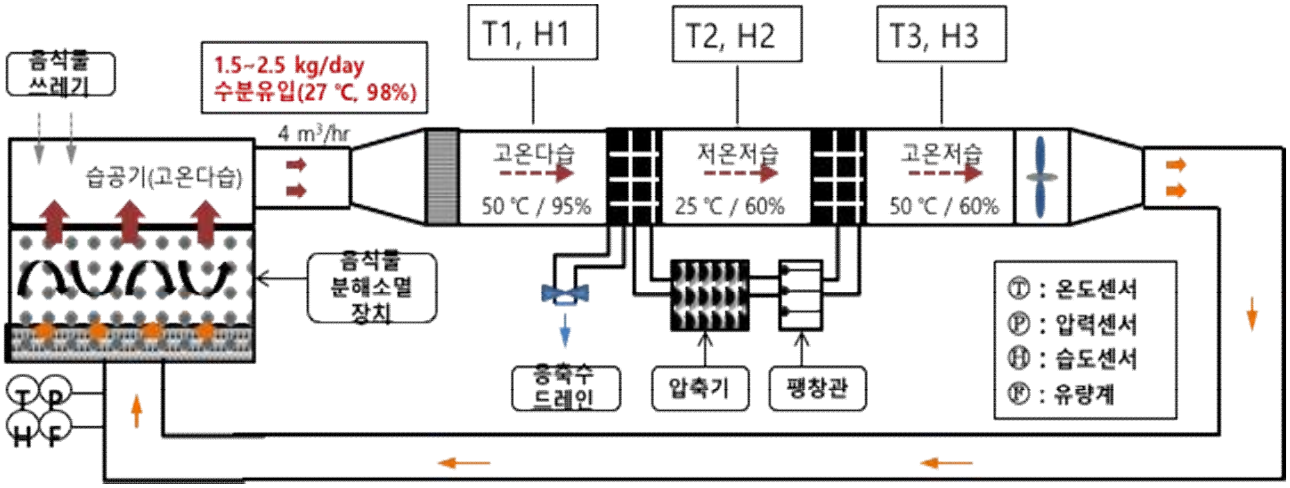
<그림 148> 습공기제어시스템 적용 전·후 반응기 운전 비교



<그림 149> 습공기제어시스템 적용 전·후 발효물의 함수율 비교

2.3 습공기제어시스템 수분 응축량 및 에너지 효율

가. 수분 응축량 계산



<그림 150> 습공기제어시스템 적용 시 수분 응축량 계산을 위한 공정도

<표 42-1> 습공기제어시스템을 적용한 운전에서 수분 응축량 계산

	TEMP-1	HUMI-1	TEMP-2	HUMI-2	TEMP-3	HUMI-3	유량	포화 수분량 1	수분량 1	포화 수분량 2	수분량 2	수분 응축량	응축 효율
	˚C	%	˚C	%	˚C	%	㎥/day	kg/㎥	kg/day	kg/㎥	kg/day	kg/day	%
설계값	50	95	25	60	50	60	96	2.1	8.1	0.6	1.4	**6.7**	83.1
계산값	27	95	25	30	32	30	96	0.6	2.4	0.6	0.7	**1.7**	70.8
실측값	27	95	25	30	32	30	96	0.6	2.4	0.9	0.9	**1.5**	61.8

○ <그림 150>는 습공기제어시스템 적용한 발효소멸 운전에서 수분 응축량 계산을 위한 공정도이고 <표 42-1>에 수분 응축량 계산을 나타내었음.

○ 반응기에서 습공기제어시스템으로 수분 유입량은 온도 및 습도 변화에 따라 달라지며 온도 및 습도 27 ˚C, 98% 기준으로 1.5~2.5kg/day 유입됨. 이때 유속은 미생물에 공급하는 적정 유속인 약 4 ㎥/hr임.

○ <표 42-1>에서 설계 값을 보면 설계 수분 응축량은 6.7kg/day 이나 실제 운전 시 유입 온도가 30 ˚C 이하이고 배출 온도 역시 30~35 ˚C로 다르게 나타남. 이는 반응기 내부의 고온다습한 습공기의 이송 중 외부 방열손실에 의한 것으로 판단되며 공기 이송관 등의 길이 최소화 및 보온을 통해 방열손실을 줄일 수 있을 것으로 보임.

○ 유입온도 27 ˚C, 배출 온도 32 ˚C를 기준으로 계산 수분 응축량과 실제 수분 응축량을 비교하였을 때 각각 1.7kg/day, 1.5kg/day로 수분 응축량은 비슷하게 나타나는 것으로 보아 성능은 크게 문제가 없음을 확인함. 응축효율은 약 60%로 나타남.

<표 42-2> 습공기제어시스템을 적용한 운전에서 투입량, 수분 응축량 계산, pH 분석결과

			음식물 함수율80% 기준					
day	투입량 (kg)	발효물함수율 (%)	발효물 수분량(kg)	원료수분량 (kg)	총수분량 (kg)	수분 응축량 (kg)	응축효율 (%)	pH
0	2.8	17.5	0.7	2.24	2.9	**1.5**	51	5.7
1	3	27.2	1.4	2.4	3.8	**2**	52	-
2	3	22.2	1.3	2.4	3.7	**2**	55	5.76
3	3	29.8	1.9	2.4	4.3	**2**	46	-
4	3.5	29.8	2.2	2.8	5.0	**4.8**	96	4.7
7	4	11.8	0.7	3.2	26.8	**17 (2.4 kg/day)**	64	5.6
8	3	28.6	2.3	2.4				4.97
9	3	26.1	2.3	2.4				-
10	3	23	2.2	2.4				8.62
11	3	23	2.3	2.4				5.57
14	4	10	0.9	3.2				6.1
15	4	22.5	2.5	3.2				6.06
16	4	30.3	4.0	3.2	26.8	**14.2 (2.8 kg/day)**	53	-
17	3.8	31.5	4.4	3.04				4.63
18	4	29.7	4.3	3.2				5.2
19	4	12.4	1.5	3.2				6.1
20	4.1	24.8	3.5	3.28				-

○ <표 42-2>는 습공기제어시스템을 적용한 장기운전에서 투입량, 수분 응축량 계산, pH 분석결과를 나타냄.

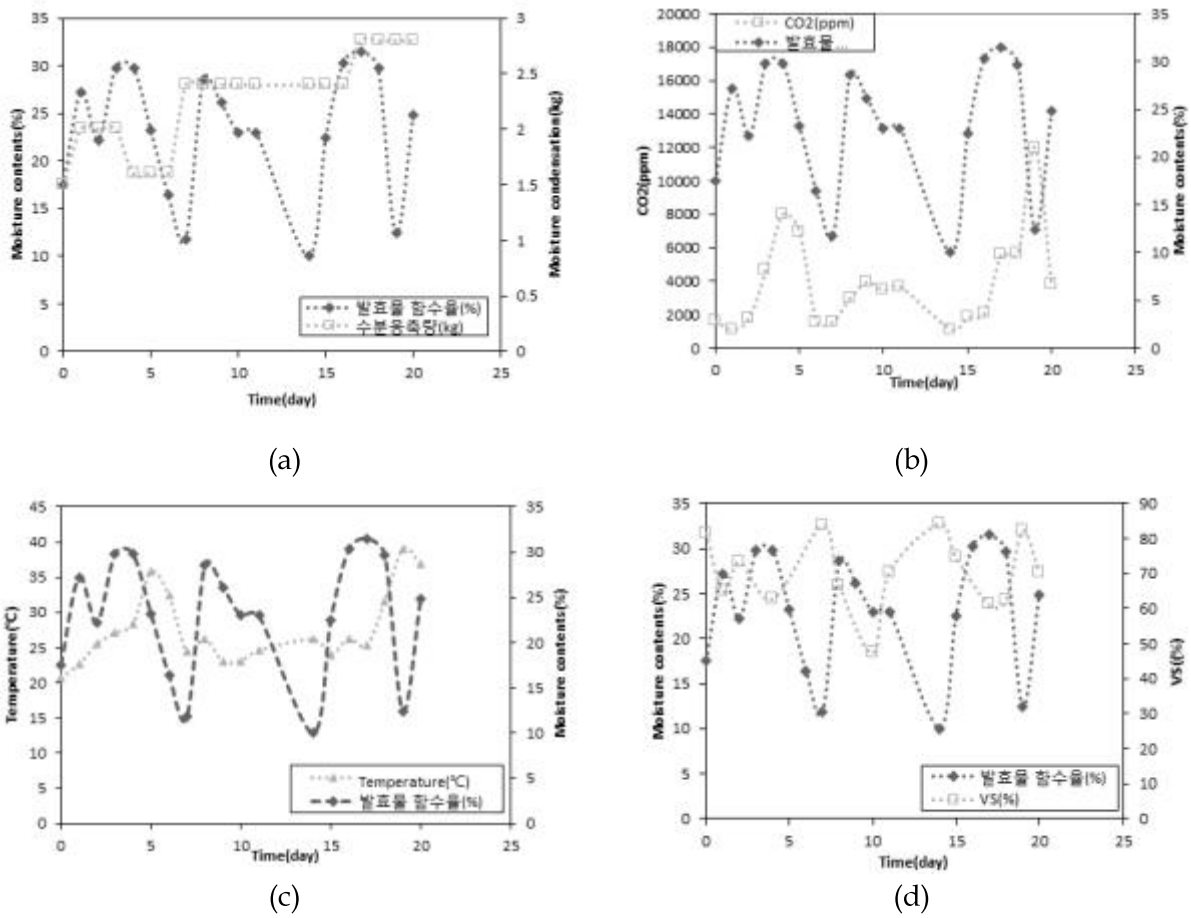
○ 음식물 함수율 80%를 기준으로 일일 음식물 원료 투입량과 발효물의 수분량을 합하여 총수분량을 구하고 습공기제어시스템에서 실제 수분 응축량을 측정하여 비교하고 응축효율을 계산함.

○ <표 42-1>의 계산 방법으로 20일 장기운전에서 수분 응축량을 계산 하였고 수분 응축량은 1.5~2.5 kg/day 유입량에 대비해서 1.5~2.8 kg/day 처리되고 계산 값과 유사함을 확인.

○ 장기운전 초기에는 미생물에 의한 유기물 분해열이 작고 반응기 내부의 온도의 상승이 적기 때문에 습공기제어시스템에 의한 수분제거만 진행됨. 7일 이후에는 반응기 내부 온도가 올라감에 따라 유입 온·습도에 의한 수분 응축량이 조금 증가하게 되는 것으로 판단됨.

○ 장기운전 기간 중 음식물 원료 투입이 없는 기간에는 수분공급 없이 습공기 제거 및 건조의 영향만을 받아 수분 응축량이 다른 기간보다 증가한 것을 볼 수 있음.

○ pH는 초기에는 낮은 수치에서 미생물에 의한 유기물 분해가 진행되면서 6이상의 수치를 나타냄.



<그림 151> 습공기제어시스템 적용 시 온도, 함수율, 유기물, CO_2, 수분 응축량 비교

○ <그림 151>은 습공기제어시스템 적용 시 장기운전에서 온도, 함수율, 유기물, CO_2, 수분 응축량을 비교하여 나타낸 것임.

○ <그림 151(a)>,<그림 151(b)>에서 발효물 함수율과 CO_2 농도는 7일주기로 최저 함수율과 농도를 나타내고, 수분 응축량은 반대로 높아지는 경향을 확인함. 이전 유기물 분해 결과와 비교해 보았을 때, 운전 7일 정도에서 최저 함수율을 보이고 이후 분해가 쉽지 않은 유기물들의 분해가 진행되어 운전 10일 정도에서 유기물 함량이 최저 수치를 보였을 것으로 판단됨.

○ <그림 151(c)>,<그림 151(d)>에서 온도와 유기물 함량이 내려갈 때 발효물 함수율은 올라가고 온도와 유기물 함량이 올라갈 때는 반대의 경향을 나타냄. 발효물 함수율이 운전 10일에서 전체적 운전기간의 평균의 함수율을 나타냈지만 유기물 함량이 최저로 나타난 것으로 보아 음식물 원료의 투입이 있었지만 초기 분해가 쉬운 유기물과 기존 발효물의 분해가 어려운 유기물이 더해져 분해가 잘 진행되고 투입된 수분량은 미생물 활성을 위한 최적 조건으로 활용된 것으로 판단됨.

○ 분해소멸장치 내 샘플의 함수율은 40~60% 사이에서 유지되어야 미생물의 활성이 높아 분해소멸이 원활히 진행됨.

○ 연속운전에서 초기에만 미생물을 투입하고 이후에는 음식물쓰레기만 투입하여도 장기운전에 미생물로 인한 문제가 발생하지 않음.

○ 겨울철에는 외부온도가 떨어져 미생물 활성이 낮아질 수 있으므로 내부온도가 20℃이상이 될 수 있도록 보온 및 온도유지가 필요할 것으로 판단됨

2) 에너지 효율 계산

○ <표 42-3>은 습공기제어시스템 적용 전·후 운전에서 에너지효율을 계산한 것을 나타냄. 습공기제어시스템 적용 전·후 반응기 및 시스템 구축의 전력량을 구하고 이 전력량 값을 열량 값으로 환산하여 비교하여 나타냄. 습공기제어시스템 적용 전에는 구축 요소가 많으나 습공기제어시스템 적용 후에는 단순화됨.

○ 습공기제어시스템 적용 전에는 반응기 열량이 1720 kcal/day, 진공펌프 열량이 8250 kcal/day 이고 습공기제어시스템 적용 후에는 반응기 열량이 860 kcal/day, 습공기제어가 1032 kcal/day으로 원료투입 열량 1535 kcal/day과 비교하였을 때 습공기제어시스템 적용 후에 크게 줄어든 것을 확인함.

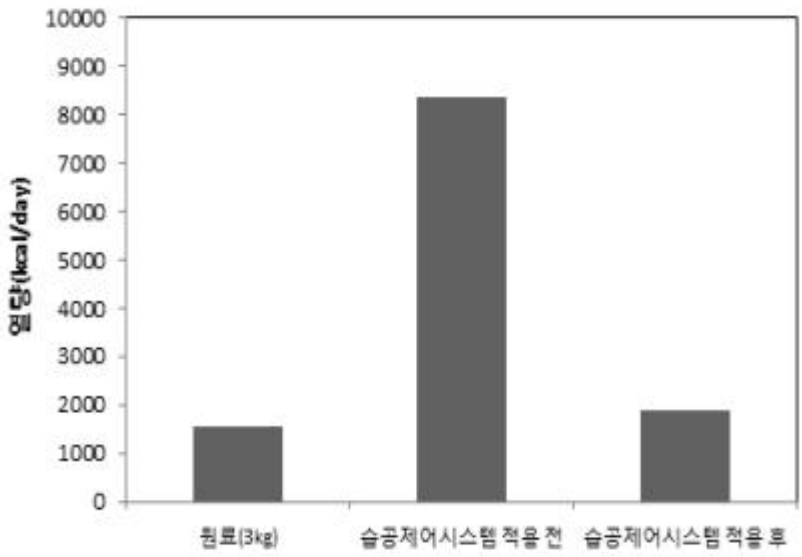
○ 응축 효율은 습공기제어시스템 적용 전·후 각각 47%, 63%로 습공기제어시스템 적용 전 대비 15% 향상됨.

○ 계산기준은 원료투입 3 kg/day로 장기운전 시 원료량은 증가할 수 있고 효율적인 측면에서 습공기제어시스템 적용 후에 원료보다 낮은 열량이 소비되어 에너지 효율이 증가할 것으로 기대됨.

○ <그림 152>는 습공기제어시스템 적용 전·후 원료와 에너지효율 비교한 것을 나타낸 것으로 습공기제어시스템 적용 전에는 음식물을 투입대비 열량이 6배정도 크게 소비되었지만 습공기제어시스템 적용 후에는 원료 투입과 비슷한 열량이 소비됨.

<표 42-3> 습공기제어시스템 적용 전·후 에너지효율 계산

	습공기제어시스템 적용 전				습공기제어시스템 적용 후	
	1. 반응기	2. 응축탱크	3. Chiller	4. 진공펌프	1. 반응기	2.습공기제어
Temperature(˚C)	41	16.7	-	-	39	27
Humidity(%)	96.29	68.1	-	-	96.29	95
유량(m3/day)	36	36	-	36	96	96
이론수분량(kg/day)	1.7	0.4	-	-	-	-
이론수분응축량(kg/day)	-	1.3	-	-	-	38
실제수분응축량(kg/day)	-	0.6	-	-	-	24
응축효율(%)	-	**47**	-	-	-	**63**
전력량(kw/day)	2	-	-	9.6	1	1.2
전력량=>열량(kcal/day)	**1720**		**8250**		**860**	**1032**
원료투입 열량(kcal/day) 3kg/day기준	**1535**					



<그림 152> 습공기제어시스템 적용 전·후 에너지효율 비교(kcal/day)

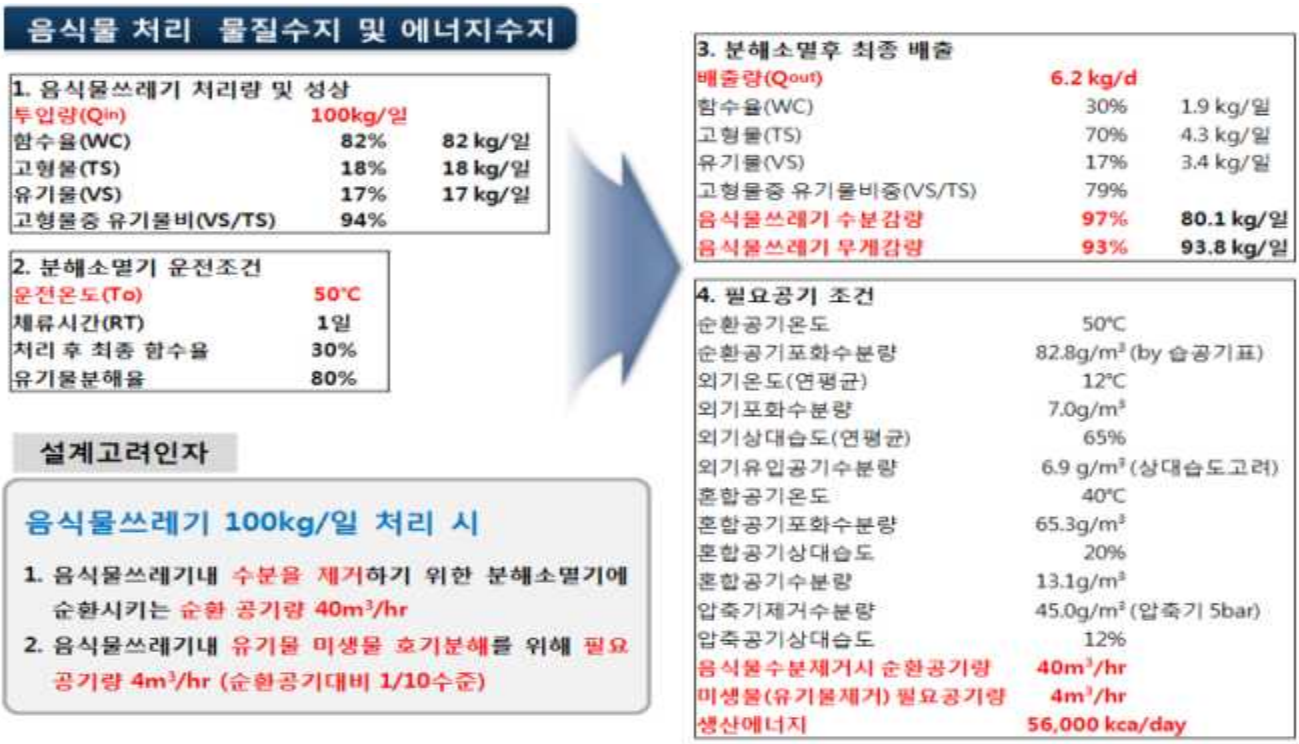
3. 처리용량 100kg/일 음식물쓰레기 분해소멸시스템 설계 및 운전

3.1 음식물쓰레기 분해·소멸장치 CAE 활용 통한 개념 설계

가. 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 물질 및 에너지수지 산출

○ 본 연구 결과를 토대로 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 물질 수지를 작성하였음 <그림 153>. 음식물쓰레기 분해·소멸 후 최종 배출량은 30 kg/day 이며, 음식물쓰레기 내 수분을 제거하기 위한 순환공기량은 60m^3/hr 임. 이는 음식물류 폐기물 내 유기물을 분해하기 위한 미생물에 필요 공기량 4m^3/hr 에 1/15 수준임.

○ 분해·소멸 후 생산되는 고형물의 고위발열량은 3,700 kcal/kg (Ⅳ장에 제시)으로 분석됨. 분해·소멸 후 최종 배출되는 고형물을 전량 펠렛 성형하여 고형연료로서 사용한다면 77,700 kcal/day의 열량이 생산됨. 분해·소멸의 내부 온도는 분해·소멸 미생물에 의해 온도가 상승하는 것으로 분해·소멸 장치의 온도를 증가시키기 위해 인위적인 온도 승온 장치는 필요없음. 따라서 분해·소멸 분해산물을 펠렛 성형기를 이용하여 펠렛 성형 후 펠렛보일러를 이용하여 열에너지를 생산할 경우 전량 농촌의 시설하우스 난방으로 이용할 수 있을 것으로 사료됨.



* 음식물쓰레기 성상은 음식물쓰레기 물성분석 결과 참조
* 음식물쓰레기 무게 감량 및 수분 감량은 회분식 실험결과 참조
* 분해·소멸기 운전조건은 연속식 실험결과 참조
* 생산에너지 : 3700 kcal/kg* 21.0 kg-TS

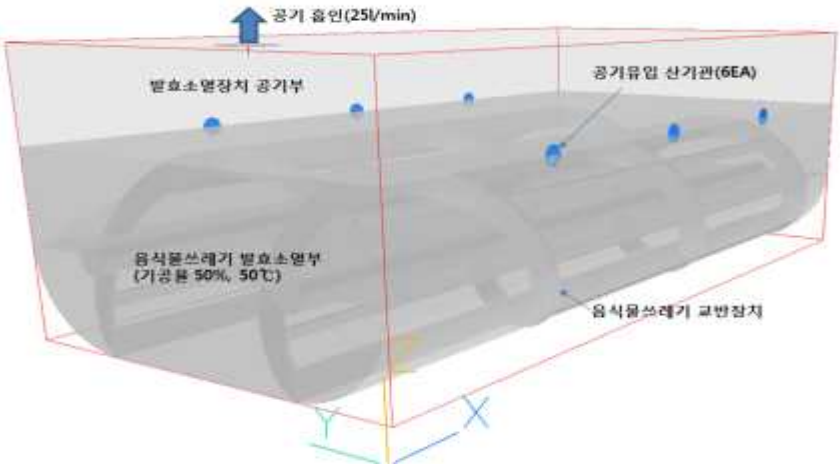
<그림 153> 음식물쓰레기 분해·소멸 장치 물질 및 에너지 수지

나. 음식물쓰레기 분해·소멸장치 교반장치 및 산기관 설계 최적화

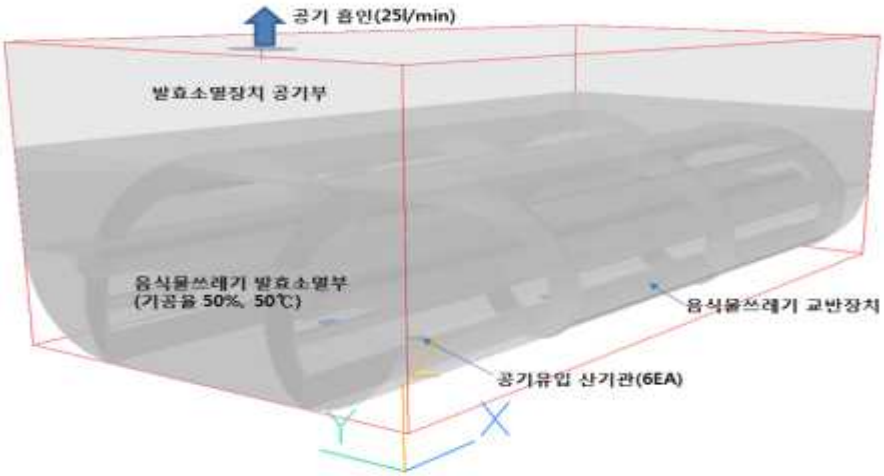
1) 음식물쓰레기 발효 · 소멸장치 형상 모델링

○ <그림 154>은 음식물쓰레기 분해·소멸장치 내 산기관 배치를 최적화하기 위하여 산기관 배치에 따른 내부 공기 열유동 특성을 파악하고자 공기유입구 위치를 하기와 같이 측면 공기유입구(case 1), 하부 공기유입구(case 2)와 같이 배치.

○ Case 1의 경우에는 <그림 154(a)>에서 보는 바와 같이 음식물쓰레기 분해·소멸부 상부의 중심부에 축대칭으로 6개가 설치된 측면 공기유입 산기관을 배치하였고, <그림 154(b)>는 음식물쓰레기 분해·소멸장치 하부 중심부에 2열로 6개의 하부 공기유입 산기관을 배치.



(a) Case 1



(b) Case 2

<그림 154> 분해·소멸장치 산기관 배치에 따른 형상 모델링

2) 수치해석 모델과 방법

○ 음식물쓰레기 분해·소멸장치 내의 공기유입 산기관 배치 최적화를 위한 내부 열유동 특성을 파악을 위하여 수치해석 모델은 $k-\epsilon$모델을 사용하였고, 벽 근처에서의 유체 흐름의 형태가 층류저층(viscous sublayer), 버퍼층(buffer layer), 완전 난류영역으로(logarithmic region)으로 변하기 때문에 난류점성계수를 정의한 벽함수 적용.

○ 수치해석 방법은 음식물쓰레기 분해·소멸장치 내 3차원 난류유동의 해석을 위해 정상류 유체라 가정하였으며, 종속변수들을 계산하기 위해 지배방정식을 벡터 텐서(vector tensor)형태로 나타내면 검사 체적에 기초한 유한차분방법(control volume based finite difference method)을 사용하였고, 대류항의 선형화를 위해 상류도식(upwind scheme)을 이용하여 차분 방정식(discretization equation)을 유도.

○ 본 연구에서 사용한 수치해석은 Patanker방법을 사용하였으며 차분화된 운동방정식으로 셀 압력(cell pressure) decoupling을 없애기 위하여 엇갈린 격자망(staggered grid arrangement)을 사용.

○ 또한 각 검사체적에 대한 차분 방정식은 Line-by-line TDMA (Tridiagonal Matrix Algorithm)에 의해 해를 구하였으며, Navier-Stokes 운동방정식에서 나타나는 압력과 속도의 연계는 빠른 수렴을 위하여 SIMPLEST알고리즘(Semi Implict Method for Pressure-Linked Equations ShorTened)을 사용하였고, 격자점 사이에서 임의의 함수값 보정은 Power-low scheme에 의해 실행.

○ 그리고 본 3차원 음식물쓰레기 분해·소멸장치 내 열유동해석은 상용수치해석 프로그램인 PHOENICS 2015를 사용하였으며, 수치해석에 적용한 좌표계는 직교좌표계(cartesian coordinate)를 적용.

3) 발효 · 소멸장치 산기관 배치에 따른 수치해석 결과

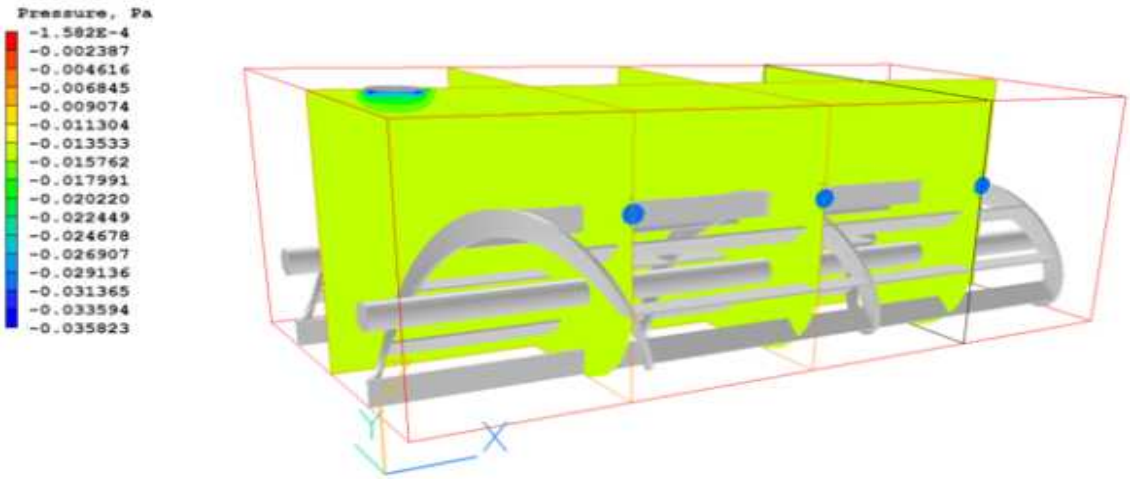
○ 분해·소멸장치에 산기관 배치에 따른 내부 3차원 공기 열유동 특성을 파악하기 위하여 수치 해석적 연구 수행. 이때 흡인되는 공기 유량은 상온(20 ˚C) 25 L/min이고 음식물쓰레기 분해·소멸부는 기공율 50%, 분해·소멸부에 온도는 50˚C로 설정. 그리고 분해·소멸장치에 내부 유동 특성을 비교하여 산기관 배치를 최적화하기 위하여 수치해석 결과에 대해 압력분포, 속도분포, 혼합율, 온도를 비교하여 열유동 특성을 파악.

① 가스압력 비교

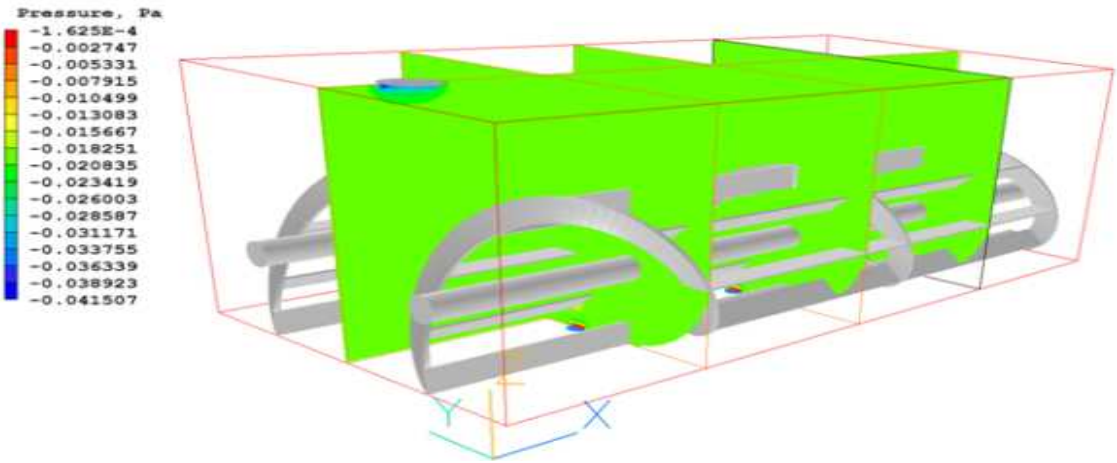
○ <그림 155>는 음식물쓰레기 분해·소멸장치 내에 산기관 배치에 따른 내부 압력분포를 비교하여 나타낸 것임.

○ 산기관 배치에 따른 압력분포를 보면 모든 Case에서 분해·소멸장치 상부에서 공기를 흡인함으로 인해 내부 압력이 부압 특성을 보임. 그리고 산기관 배치 변화에 따른 내부 압력을 특성을 보면 Case 1의 경우에는 분해·소멸장치 내부에 압력분포가 0.015 Pa 정도에 값을 보이고 있지만, Case 2의 경우에는 0.023 Pa 정도로 35% 정도 높은 압력분포를 보이고 있음.

○ 이는 Case 1의 경우에는 음식물쓰레기 분해·소멸부 상부에서 산기관이 배치함으로 흡인 시 유입공기가 압력 손실없이 배기되지만 Case 2와 같이 분해·소멸부 하부에 산기관이 배치됨으로 인해 기공율이 50%정도인 음식물쓰레기 분해·소멸부를 통과해서 흡인공기가 배기되어야 함으로 인해 내부 압력이 Case 1에 비해 상대적으로 높게 나타남을 알 수 있음. 하지만 두 경우 모두 실제적으로 내부에 압력분포가 흡인펌프의 운전 부하에 영향을 미칠 정도는 아님을 알 수 있음.



(a) Case 1



(b) Case 2

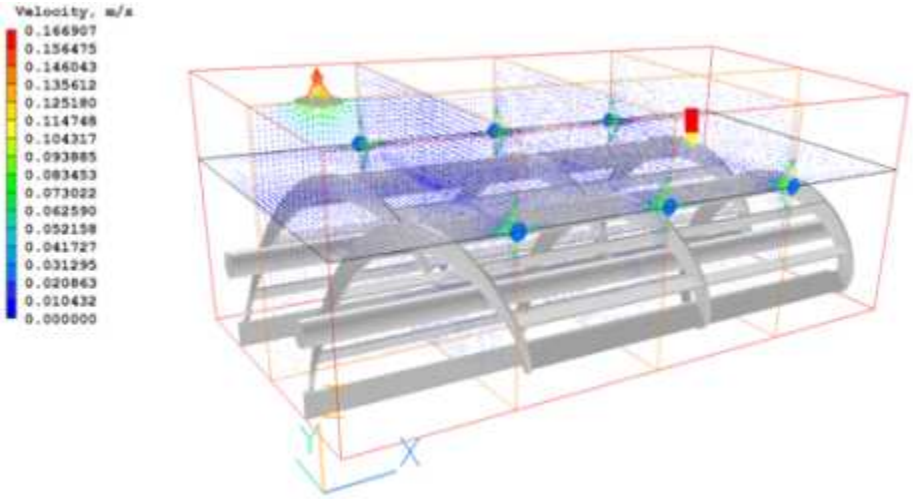
<그림 155> 공기압력 비교

② 가스속도분포 비교

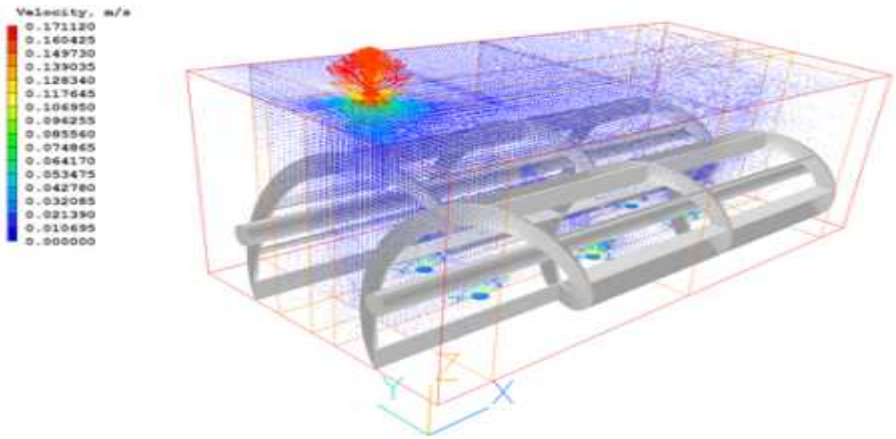
○ <그림 156>은 음식물쓰레기 분해·소멸장치 내 산기관 배치에 따른 내부 가스속도분포를 비교한 것임. 분해·소멸장치내의 분해·소멸부에서 가스속도를 보면 0.01m/sec로 매우 낮은 가스 흐름을 보이고 있음을 확인.

○ 하지만 분해·소멸장치내 전체인 속도분포 특성을 보면 산기관 배치가 하부에 위치한 Case 2의 경우가 Case 1에 비해 대체적으로 고른 속도분포 특성을 보이고 있음을 알 수 있음. Case 1의 경우에는 분해·소멸부에 거의 가스 유동이 형성되지 못하고 있어, 분해·소멸 장치에 효율 극대화를 위해서는 분해·소멸장치 내 교반기에 교반 능력에 따라 장치 효율에 영향을 미칠 것으로 판단됨.

○ 하지만 Case 2의 경우에는 하부에서 공기가 유입되어 분해·소멸장치 내 전체적으로 유동 특성이 고른 분포를 보이고 있어 교반기의 교반 능력보다 산기관에 배치가 분해·소멸 장치의 효율 향상을 위해서는 더 중요한 영향인자 임을 확인.



(a) Case 1



(b) Case 2

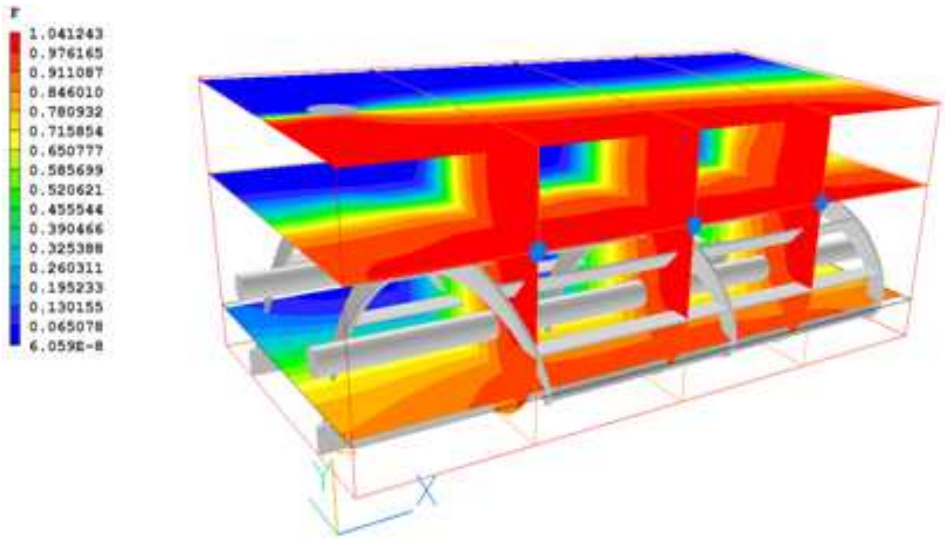
<그림 156> 공기속도벡터 비교

③ 가스 혼합율 비교

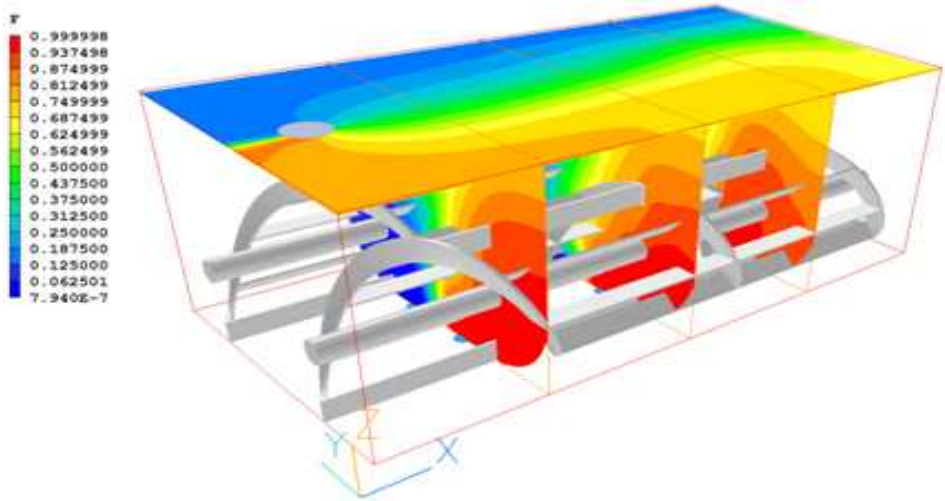
○ <그림 157>은 음식물쓰레기 분해·소멸장치 내 산기관 배치에 따른 내부 가스 혼합율을 비교한 것임. 본 가스 혼합율은 좌우측에 위치한 산기관에서 유입되는 공기에 대한 혼합 특성을 파악한 것으로 Case 1의 경우에는 분해·소멸 장치내부 중심부에서는 좌우에서 유입되는 공기가 혼합되고 있지만 분해·소멸기 상부의 공기부에서는 거의 혼합이 되지 않고 있음.

○ 하지만 Case 2의 경우에는 분해·소멸부 하부에 공기가 유입되는 부분에서는 혼합율이 낮지만 분해·소멸장치 높이방향 중심부 이상에서는 대체적으로 높은 혼합특성을 보이고 있음.

○ 따라서 내부 유입공기에 분포를 균일하게 하기 위해서는 Case 2와 같이 산기관에 배치를 분해·소멸장치 하부에 위치하는 것이 적합할 것으로 판단됨.



(a) Case 1



(b) Case 2

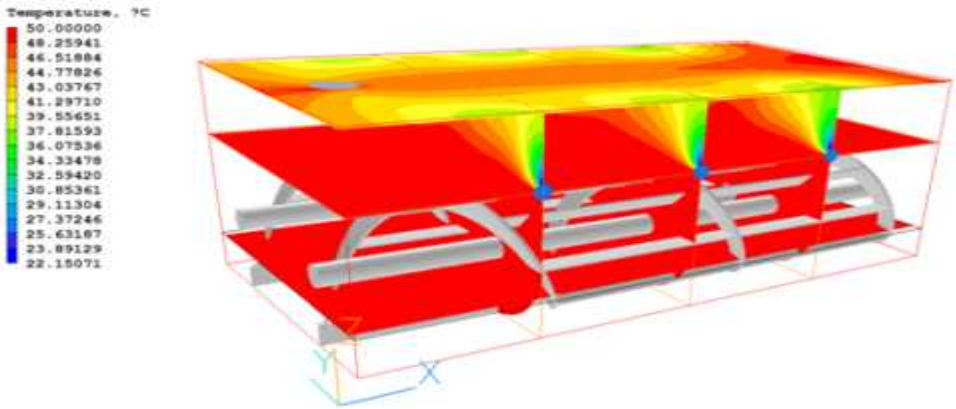
<그림 157> 공기 혼합율 비교

④ 가스 온도 비교

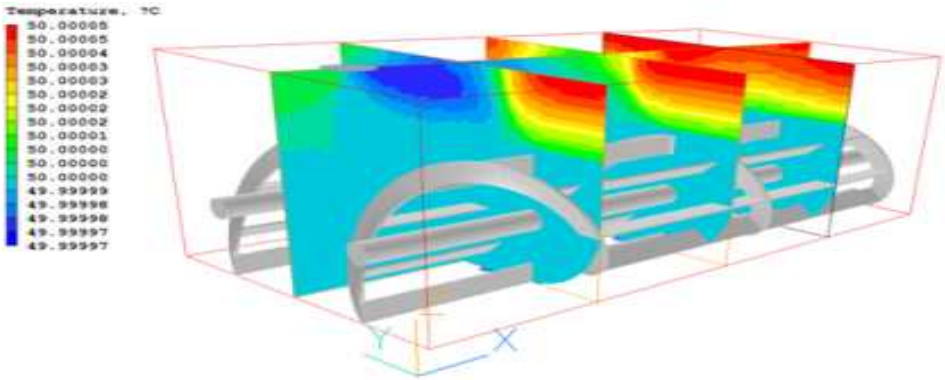
○ <그림 158>은 음식물쓰레기 분해·소멸장치내 산기관 배치에 따른 내부 온도분포 특성을 비교한 것임. 본 분해·소멸부에 온도를 50 ˚C로 설정하고 상온(20 ˚C)에 흡인공기에 의한 분해·소멸장치 내에 온도 특성을 파악한 결과는 다음과 같음.

○ Case 1의 경우에는 상온에 흡인공기가 분해·소멸부의 온도변화에 거의 영향을 미치지 못하고 분해·소멸부와 열전달율이 낮아 흡인공기가 40 ˚C내외로 목표 온도 50 ˚C에 도달하지 못하고 있음. 하지만 Case 2의 경우에는 상온에 흡인공기가 분해·소멸부를 통과함으로 인해 유입과 거의 동시에 50 ˚C에 분해·소멸부 온도로 빠르게 상승함을 알 수 있음.

○ 또한 분해·소멸장치 전체적으로 온도편차가 크지 않고 균일한 온도 분포 특성을 보이고 있어 온도편차에 따른 미생물에 미치는 영향이 크지 않을 것으로 판단됨. 또한 흡인된 상온 공기가 분해·소멸온도 50 ˚C로 상승함으로 본 연구에서 목표로 하는 분해·소멸의 관점에서 보면 공기 내에 포함되는 포화수증기량이 증대됨으로 산기관을 분해·소멸장치 하부에 배치하는 것이 효과적일 것으로 판단됨.



(a) Case 1



(b) Case 2

<그림 158> 공기 온도 비교

3.2 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 장치 설계 및 제작

가. 국내 100 Kg/day 처리용량 친환경 미생물 음식물처리기 특성 파악

○ 음식물쓰레기 분해·소멸시스템을 도입하기 위하여 국내 음식물처리기 특성을 파악하고 관심업체를 선정 도입할 시스템을 비교함.

1) 미생물이용 분해·소멸 감량 방식_에코팜

○ 특징

① 미생물 교반 발효방식

② 연속투입가능

③ 저소음 파쇄기

○ 단점

① 파쇄기 필요

② 오폐수 발생

2) 미생물이용 발효 분해·소멸 감량 방식_바이오크린

○ 특징

① 1차, 2차교반 장치

② 고온 미생물이용

③ 건조 배출로 오폐수 없음

○ 단점

① 파쇄장치 없어 분리 수거 철저요함

② 타사대비 단가 높음

③ 2차 재처리필요

3) 전기열 이용 분쇄/건조 방식_슈비크

○ 특징

① 전기이용 분쇄 감량 후 건조배출

② 완전 건조배출

○ 단점

① 전기료 과다발생

② 연속투입어려움

③ 투입구 개폐 시 악취 발생

4) 전기열 이용 파쇄/압축/건조 방식_에코원

○ 특징

① 연속투입가능

② 처리전 파쇄 후 압축하여 90%감량

③ 파쇄 후 압축하여 90%감량
④ 저온 사용으로 악취 없음
○ 단점
① 오폐수 발생
② 2차 재처리 필요
5) 기존 기술의 문제
○ 분해소멸장치(경험에 따른 통풍량 조절) : 경험에 따른 통풍량 조절로 소멸기내 수분응축
○ 열회수장치(적용안됨) : 겨울철 가온에 따른 에너지 소비 큼, 습공기에 따른 배기폐열 큼
○ 모니터링/제어(시간 및 공간 제약) : 반응기를 직접 확인하는 모니터링 방법으로 분해소멸장치의 변동 대응 어려움
6) 기술의 혁신
○ 분해소멸장치 감량화 효율에 가장 큰 영향인자는 습공기 제어로서 수분응축으로 인한 미생물 활성 및 반응기 성능 저하문제를 해결하기 위해 습공기제어시스템을 구축함 : 미생물분해에 의한 감량화 효율 향상 (열손실 최소화), 통기개량제 교체주기 늘어남, 순환시스템에 의하여 악취공기 외부 10%이내 처리 배출, 발효열에너지 재이용 90% 이상 가능함으로 에너지효율이 증가
○ IoT 기술을 적용한 모니터링 기술 : 분해소멸장치 모니터링 실시간 대응가능, 문제점 수정의 신속함

나. 음식물처리기 시스템 운전영향인자 및 운전조건 파악

1) 음식물쓰레기 형상
○ 분리배출이 정확하지 않음에 따른 음식물쓰레기 다양한 형상
○ 음식물쓰레기 배출처에 따른 특성(생닭, 뼈, 갑각류, 섬유질 등)
○ 다양한 형상을 처리하기 위한 분쇄장치 필요
2) 음식물쓰레기 배출주기 및 처리시간
○ 학교급식 등 24시간 내 대량 연속배출
○ 음식물쓰레기 단 시간 연속투입
○ 투입구 높이 등 투입편의성
3) 음식물쓰레기 수분 및 온도
○ 학교급식: 수분 약 95~100%
○ 외식업체: 수분 약 88~100%
○ 아파트: 수분 약 85~95%
○ 24시간 연속투입에 따라 수분제거를 위한 일정처리온도 필요
○ 유용미생물의 발효촉진을 위한 활성화 온도 35~40 °C 필요
○ 고칼로리 자원 재순환을 위한 수분조절제(톱밥, 왕겨, 밀기울 등) 필요

4) 음식물처리기 기계적 이용 편의성

○ 투입 및 배출 용이성

○ 투입구 높이 인체 적정성

○ 24시간 연속사용 가능

5) 악취 저감장치 필요성-민원발생 소지 제거

6) 연속사용에 따른 경제성과 기기의 효율성-전기, 수도 등 발생비용 절감

다. 미생물이용 분해·소멸장치 시스템 구성도

○ 음식물은 수분 85%이상, 고형물 15%이상의 특성을 가지고 있고, 미생물은 음식물쓰레기의 고형분을 먹이로 부패균이 증식하여 악취를 발생시켜 재처리과정에 큰 사회적 비용을 부담하게 하고 있으므로 자체배양 미생물을 이용하여 친환경 분해·소멸 시스템 장치를 제작 악취발생이 없는 음식물쓰레기 분해· 소멸 시스템을 <그림 159>과 같이 구성함.

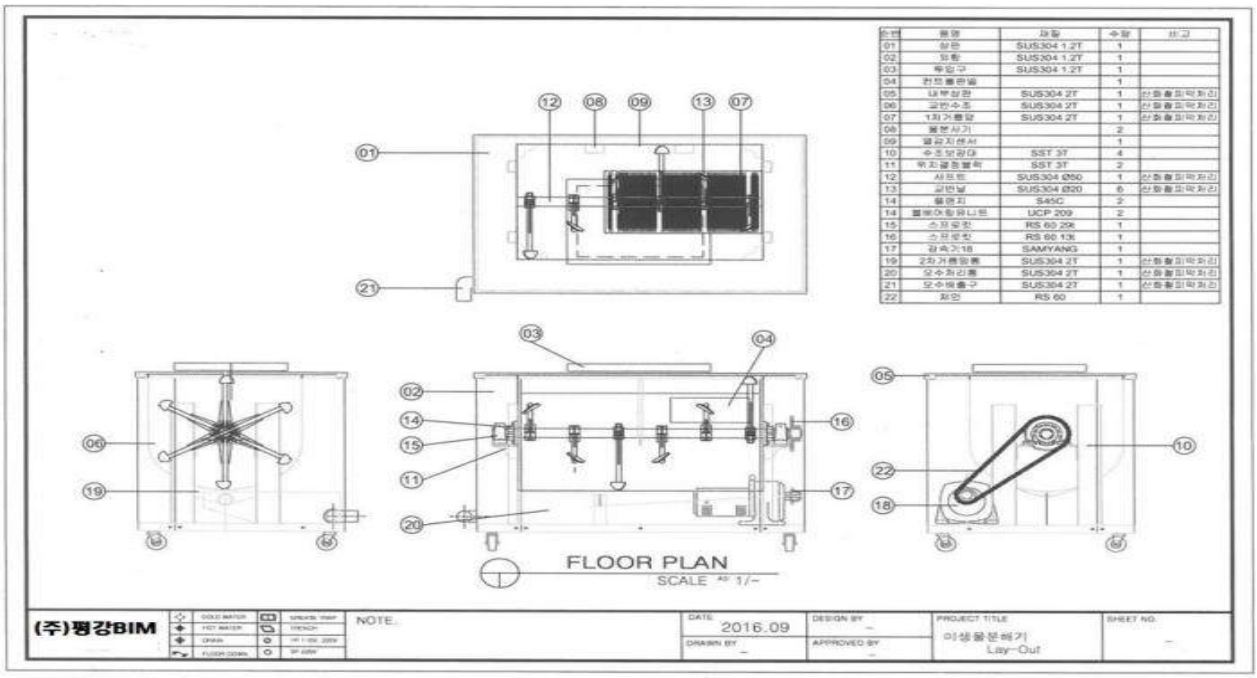
<그림 159> 음식물쓰레기 분해·소멸 시스템 구성도

라. 100 kg/day 미생물이용 분해·소멸장치 설계 및 제작

○ 유용미생물의 생존 환경조성과 음식물쓰레기에서 가장 큰 비중을 차지하는 수분을 제거시키는 것이 음식물쓰레기 처리기 시스템 구성의 중요요소가 되므로 음식물 전용분리 수거용기의 수분 압축으로 30%정도의 감량효과를 거둘 수 있는 점에 착안하여 수거된 음식물의 투입시 부패미생물로 오염되지 않은 수분을 초기에 배출시켜 자연감량을 유도하고 24시간 연속배출이 이루어지는 실증상황에 적합하도록 교반기 내부에 직경 1mm의 배출망을 설치하여 <그림 160>과 같이 설계함.

○ 또한 유용미생물의 적정생존 온도인 35~45 °C 조건을 가하여 분해·소멸의 시간과 주기를 파악하는 실험을 할 수 있도록 온도 조절장치를 부착함.

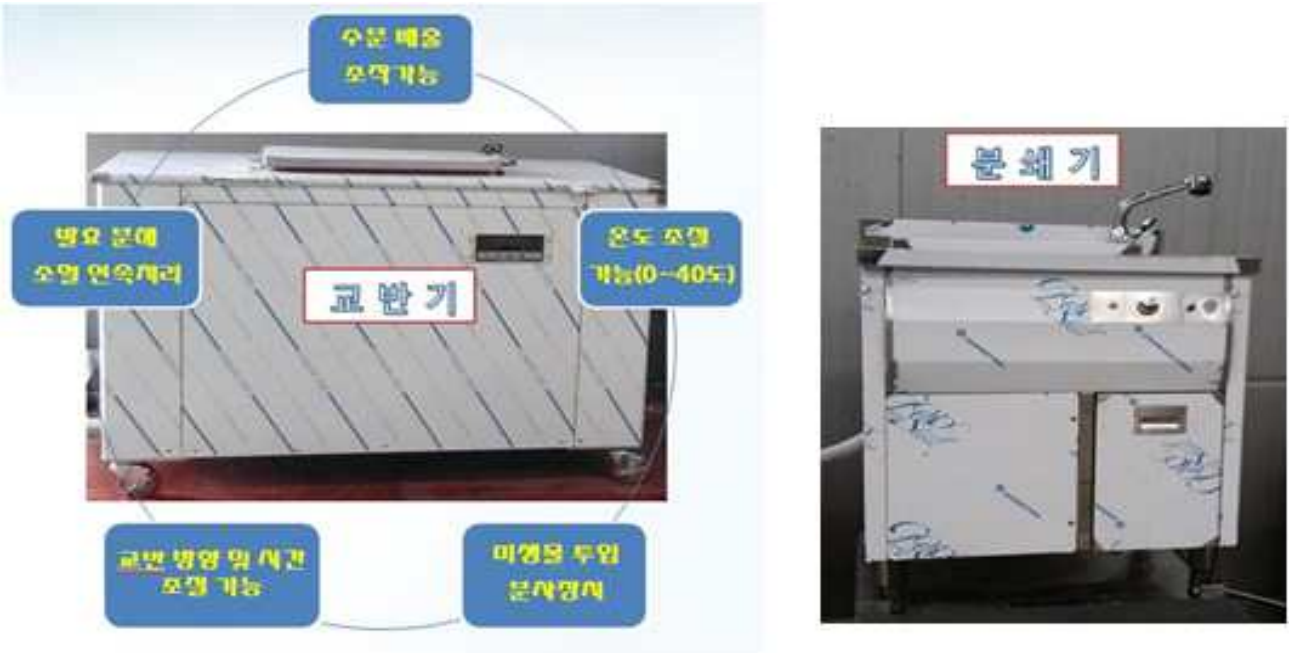
1) 설계도



<그림 160> 음식물쓰레기 분해·소멸 장치 설계도

2) 제작 도입 처리기 - 교반기, 파쇄기

○ 음식물쓰레기 배출업체 선정 및 배출형상 조사 시 다양한 형상으로 배출되는 음식물쓰레기를 미생물의 분해·소멸에만 의존할 경우 연속투입 현장에서 발생할 수 있는 문제점을 감소시키기 위해 <그림 161>과 같이 교반기외에 분쇄기를 함께 도입함.



<그림 161> 제작 도입한 음식물쓰레기 분해·소멸기

3) 실험 음식물 형상

○ 음식물쓰레기는 배출업소에 따라 <그림 162>와 같이 야채, 뼈, 나무편, 생닭, 갑각류 등이 분리수거가 이루어지지 않고 그대로 배출되고 있는 상황인바 실증 상황을 고려하여 다양한 음식물로 분해·소멸 실험을 실시함.

<그림 162> 음식물쓰레기 배출형상

4) 실험 후 형상

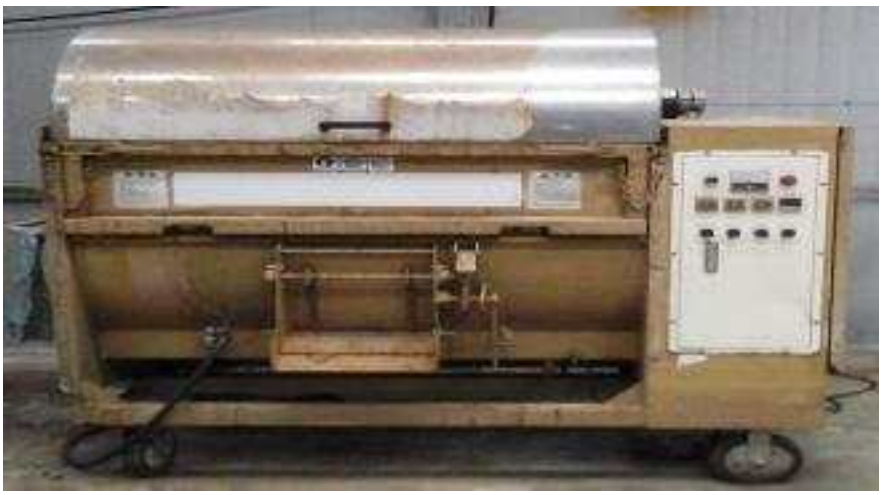
○ 95%의 초기 수분을 10%정도 배출시키고 음식물쓰레기 50kg당 미생물을 2L, 톱밥15kg의 비율과 온도 40 °C를 부여하여 실험한 결과 시간대별로 <그림 163>과 같은 형상의 결과물을 얻음. 미생물의 적정온도가 유지됨으로써 뼈 등의 단단한 고형분외에 섬유질도 비교적 발효는 잘 이루어졌으나 자원의 재순환이 이루어지도록 수분은 감소되지 못함.

<그림 163> 시간별 음식물쓰레기 분해·소멸 실험 결과(온도 40°C조건)

마. 고온조절가능 미생물 분해·소멸기를 이용한 음식물쓰레기 분해·소멸

1) 고온조절 분해·소멸기

○ 위의 실험에서 미생물의 적정생존 온도에서 발효는 이루어지지만 3일간의 연속실험에도 불구하고 잔존 수분량이 높아 분해산물의 재순환이 어려운 점을 감안하여 음식물처리시 수분을 제거할 수 있는 방법을 찾아보고자 <그림 164>와 같이 온도를 높일 수 있는 발효기를 임대함.



<그림 164> 고온조절 임대교반기

2) 실험 후 형상

○ 초기 수분을 10%정도 배출시키고 온도 60 °C를 부여하여 실험한 결과 시간대별로 <그림 165>와 같은 형상의 결과물을 얻음. 수분의 감소가 빠르게 이루어져 자원의 재순환이 가능한 수분량 결과물을 도출함. 이 실험에서 미생물의 발효열이 60 °C까지는 생성되어야 한다는 것이 실증됨.

<그림 165> 시간별 음식물쓰레기 분해·소멸 실험 결과(온도 60 °C조건)

바. 미생물 이용 분해·소멸 장치 1차 설계 및 제작 실험 결과

○ 현장 실증 시 24시간 이내 다량의 연속 배출물 투입 처리를 예상하여 인위적인 수분조절 장치를 도입하여 연구의 목적인 친환경적인 분해·소멸장치의 취지에서는 벗어났으나 적정한 수분조절을 위한 대안이 될 수 있을 것으로 판단됨.

○ 초기 수분을 배출시킴으로 해서 실험 중 시간경과에 따른 정확한 함수율의 변화가 측정 불가하였음.

○ 실증 시 24시간 내 신속하게 연속투입 되는 음식물쓰레기 처리를 예상하여 수분조절과 함께 인위적인 온도조절 장치를 부착하여 미생물자체 발효열 측정은 불가하였지만 연구목적인 자원의 재순환을 위한 발효온도 임계치은 도출하였다 판단됨.

○ 또한 실증에 치중하여 음식물처리기의 경제적인 측면, 설치장소 편의성, 사용자 편의성을 고려하여 과다하게 수분조절제를 사용하지 않고 인위적으로 온도조건을 부여하여 실험을 진행함으로써 수분제거를 통한 미생물의 증식조건을 위한 배합비율은 파악하기 어려웠음.

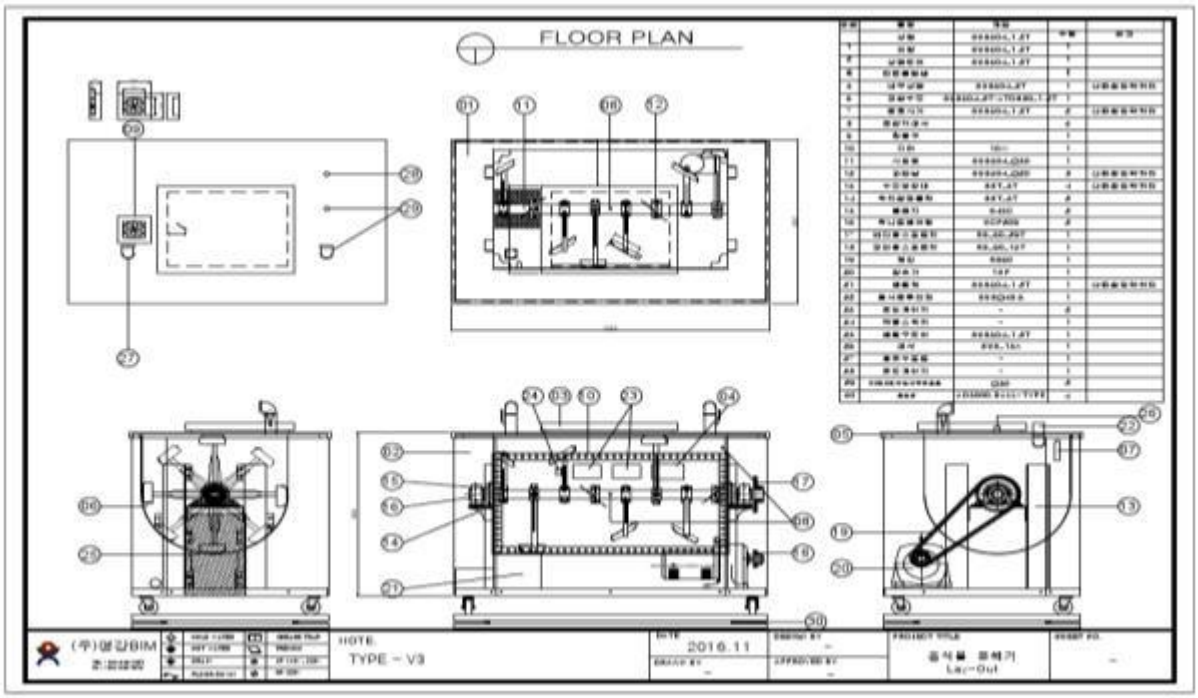
○ 수분제거 장치와 온도조절 장치에 주안점을 두고 실험을 진행하여 미생물의 발효시 발생하는 이산화탄소(CO_2)로 발효조건을 파악하기 위한 발효열 등의 측정기기가 미비 되어 시간대별로 세부적인 변화상태 모니터링이 이루어지지 못함.

사. 미생물이용 분해·소멸장치 문제점 보완 제작

○ 미생물 이용 분해·소멸장치 1차 설계 및 제작이 실험의 결과 연구목족을 달성하기 위해서는 미비점이 많이 발견되어 2차로 수분조절 장치를 제거하고, 온도조절이 도로 조절되며, 교반시 교반 날개의 밀도 및 크기로 미생물의 증식조건에 맞도록 적절한 산소공급이 이루어질 수 있는 구조로 설계를 수정 보완함.

○ 또한 시간대별로 이산화탄소(CO_2), O_2, 습도, 온도를 파악함으로써 미생물의 발효열과, 미생물의 적정한 증식조건을 연구할 수 있는 측정기기를 부착할 수 있도록 보완하여 2차 처리기를 <그림 166>과 같이 제작 도입하여 시간대별로 세부적인 변화상태 모니터링이 이루어지도록 설치함.

1) 설계도



<그림 166> 1차 설계보완 음식물쓰레기 분해·소멸장치

2) 2차 제작 음식물쓰레기 분해·소멸 처리기

○ 시간대별 무게 측정을 위한 로드셀 설치 외에 음식물처리기의 상부에 샘플링 포트들을 만들어 시간대별로 이산화탄소(CO_2), O_2, 습도, 온도를 모니터링 할 수 있는 측정 기기들을 부착함.

<그림 167> 2차 제작 음식물쓰레기 분해·소멸 처리기

3) 수정보완 내용

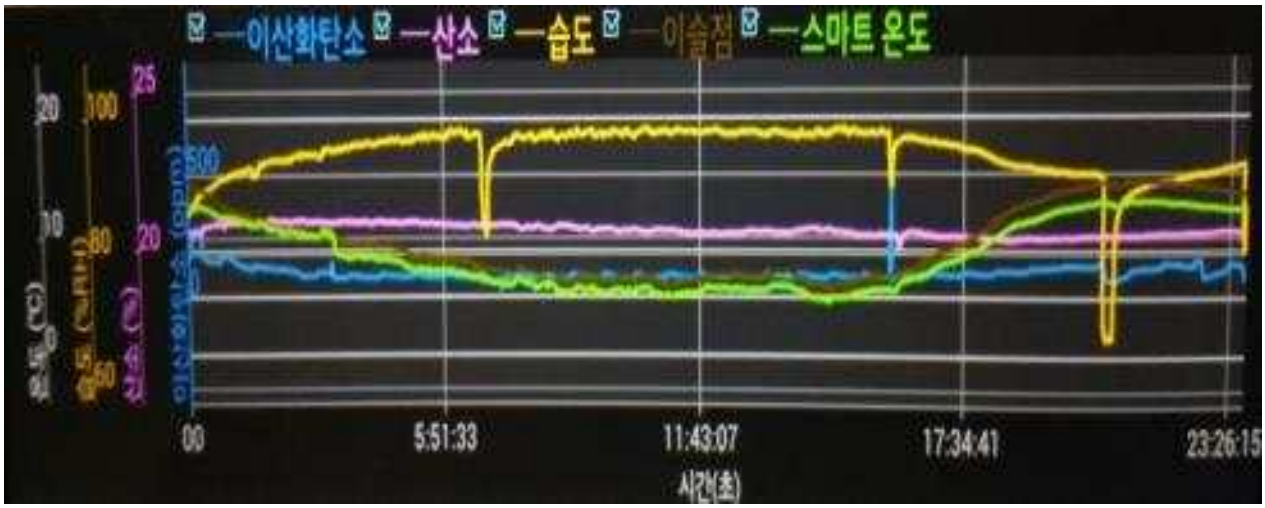
○ 교반기 내부의 수분이 자연배출 될 수 있게 했던 1차의 제작품의 수분배출망을 제거하여 인위적 수분조절이 이루어지지 않게 제작함.

○ 로드셀을 장착하여 음식물쓰레기의 발효과정에서 이루어지는 무게변화를 측정할 수 있도록 함.

○ 미생물발효열 측정을 통해 미생물의 활성상태 및 증식조건을 <그림 168>와 같이 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 CO_2 및 O_2, 습도, 온도, 무게 등 측정기기를 설치함.

○ 발효열의 수증기를 배출하고 배출된 응축수의 무게변화를 파악할 수 있도록 통풍구를 설치함.

○ 실증 시 투입구의 정기적인 개폐효과와 밀폐된 교반기 내부에 산소를 공급하고 미생물 적정 증식조건을 유지시켜 주기위해 공기량을 조절할 수 있도록 송풍기 장착함.



<그림 168> 2차제작 음식물 처리기의 모니터링 결과물

4) 문제점

○ 교반기의 교발날의 각도가 많이 꺾여 있어 실험 시 음식물쓰레기가 한쪽으로 많이 치우치는 현상이 발생되어 이산화탄소(CO_2)의 모니터링 그래프에 규칙적인 파장이 발생함.

○ 투입구의 정기적인 개폐효과와 밀폐된 교반기 내부에 산소를 공급하고 미생물의 활성화를 촉진하기 위해 설치한 환풍구의 풍량이 과다하여 작동 시 내부 습도가 단시간 내 급격히 감소하여 오히려 미생물 활성의 적정 습도유지를 저해함.

3.3 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 운전 및 제어인자

○ 100kg/일 처리용량으로 제작된 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 장치를 1.3에서 제시된 최적화된 운전인자 및 제어인자를 기준으로 음식물쓰레기 처리과정에 있어서 잔반 및 부형재의 원소분석과 PH, 염도, 함수량, 무게 변화를 측정하여 유효미생물 활성조건을 확인하고 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 장치의 실증하고 분해·소멸시스템 장치의 효율성 개선에 반영.

가. 음식물쓰레기 성상의 다양성

○ 음식물쓰레기를 처리함에 있어 배출장소 및 식단에 따라 아래 〈그림 169>와 같이 다양한 형상을 보이는 특징이 있고, 수분, 염분, 뼈, 기름성분 등이 있어 음식물쓰레기의 처리방법 또한 다양화 될 수밖에 없으며 적절한 시스템적 처리 방법을 찾는 것은 여전히 숙제로 남아있음.

○ 다양한 성상의 음식물을 빠르게 처리하여 본 연구의 목적인 연료펠릿화를 위해 수분조절 및 연소효율 향상 목적으로 톱밥 등을 첨가하여 음식물쓰레기 분해·소멸시스템의 성능향상을 꾀함에 있어 실험실 규모에서 파악된 운전 및 제어인자들을 참고하여 100kg/일 규모에서 운전 및 제어인자 도출하고자 함.

구분	톱밥				
형상					
일반음식점					
식단	밥	밥	밥	밥	밥
	콩나물국	순두부국	동태국	시래기된장국	김치찌개
	김치	김치	김치	김치	김치
	청경채무침	오뎅버섯볶음	콩조림	돼지고기볶음	계란장조림
	파김치	상추겉절이	생선까스	미역줄기볶음	감자볶음
	고등어무우조림	무우생채	파김치	풋고추	숙주나물
형상					
학교급식					
식단	치킨마요덮밥	김치볶음밥	단호박카레라이스	현미밥	현미밥
	김치콩나물국	미역냉국	팽이버섯된장국	참치찌개	쇠고기미역국
	단무지	계란후랑	꼬들단무지	의성마늘햄구이	콩나물무침
	김구이	치킨너겟	통갈비맛바	김구이	돈육김치볶음
	도깨비방망이	파인애플쥬스	망고쥬스	카카오붓세	크린베리핑크파운드
	배추김치	배추김치	배추김치	배추김치	배추김치
형상					
급식업체					
형상					

〈그림 169〉 발생처별 톱밥 및 음식물 성상

나. 운전 제어인자 도출

○ 실험실 규모의 음식물쓰레기 분해·소멸시스템과 달리 실증가능 규모인 100kg/일의 분해·소멸시스템의 운전 및 제어인자로는 분해·소멸시스템 최적화 설계시 참고한 pH, 온도, 수분 및 유기물 제거, 무게 감소율, CO_2 발생량 및 속도 등의 인자 값을 비교 검토함과 아울러 음식물쓰레기와 톱밥의 혼합비, 분해·소멸 미생물 활성도, 설치장소에 따른 인자 값도 분해·소멸시스템 운전에 있어 중요한 판단요소가 될 것임.

○ 1차적으로 최적의 톱밥 혼합비를 찾기 위해 6~24시간 동안 운전하여 제어인자 파악

1) 원소분석

연번	구분	배합비율	미생물 투입량	실험 시간	원소				
					N	C	H	S	O
1	톱밥				0.04	45.8	5.9	-	40.51
외식업체 음식물 잔반					3.27	45.1	6	-	37.29
2	음식물잔반+톱밥	1:1(음식물10kg+톱밥10kg)	1L	24시간	0.8	39.3	5.7	-	39.2
학교 음식물 잔반					3.66	42.5	6.49	-	40.0
3	음식물잔반+톱밥	2:1(음식물20kg+톱밥10kg)	1L	24시간	0.9	41.9	6.0	-	38.8
4	음식물잔반+톱밥	1:1(음식물10kg+톱밥10kg)	0.5L	6시간	0.8	35.8	5.9	-	41.9
	음식물잔반+톱밥	1:1(음식물10kg+톱밥10kg)	0.5L	12시간	0.9	39.3	5.8	-	39.8
	음식물잔반+톱밥	1:1(음식물10kg+톱밥10kg)	0.5L	22시간	0.7	35.9	5.2	-	40.0

2) pH, 염도 변화

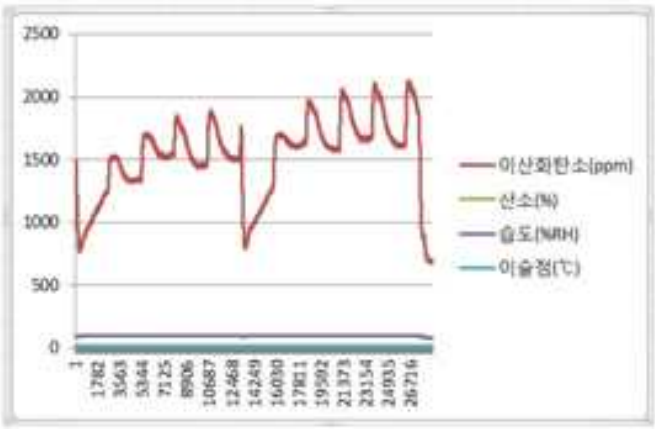
연번	구분	배합비율	미생물 투입량	실험 시간	염도	PH
외식업체 음식물 잔반					4.7	6.8
1	음식물잔반+톱밥	1:1(음식물10kg+톱밥10kg)	1L	24시간	2.3	6.5
학교 음식물 잔반					3.6	6.9
1	음식물잔반+톱밥	2:1(음식물20kg+톱밥10kg)	1L	24시간	1.7	6.4
2	음식물잔반+톱밥	1:1(음식물10kg+톱밥10kg)	0.5L	6시간	1.0	6.7
	음식물잔반+톱밥	1:1(음식물10kg+톱밥10kg)	0.5L	12시간	0.9	6.5
	음식물잔반+톱밥	1:1(음식물10kg+톱밥10kg)	0.5L	22시간	0.8	6.4

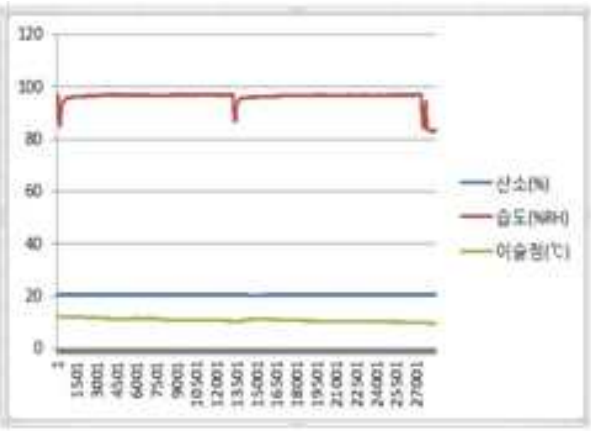
3) 함수량, 무게변화

연번	구분	배합비율	미생물 투입량	실험 시간	수분		무게 (kg)
					음식물 잔반	톱밥	
외식업체 음식물 잔반					81%	9.50%	
1	음식물잔반+톱밥	1:1(음식물10kg+톱밥10kg)	1L	24시간	54.50%		12
학교 음식물 잔반					83%	9.50%	
1	음식물잔반+톱밥	2:1(음식물20kg+톱밥10kg)	1L	24시간	65.20%		19
2	음식물잔반+톱밥	1:1(음식물10kg+톱밥10kg)	0.5L	6시간	79%	9.50%	
	음식물잔반+톱밥	1:1(음식물10kg+톱밥10kg)	0.5L	12시간	70.5%		
	음식물잔반+톱밥	1:1(음식물10kg+톱밥10kg)	0.5L	22시간	55.20%		12

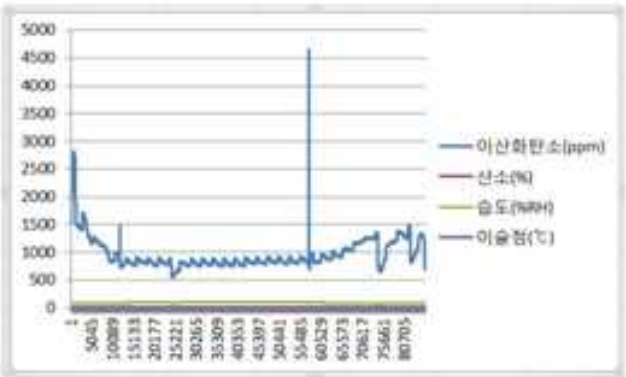
4) CO_2, O_2, 온도, 습도 변화 모니터링

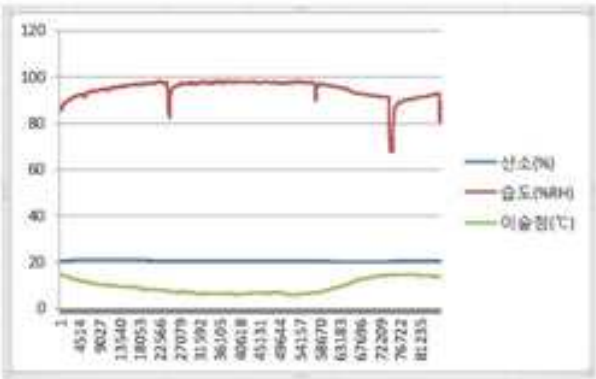
○ 배합비율: 음식물쓰레기(20kg)+톱밥(10kg)+미생물(1L), 12시간 측정,



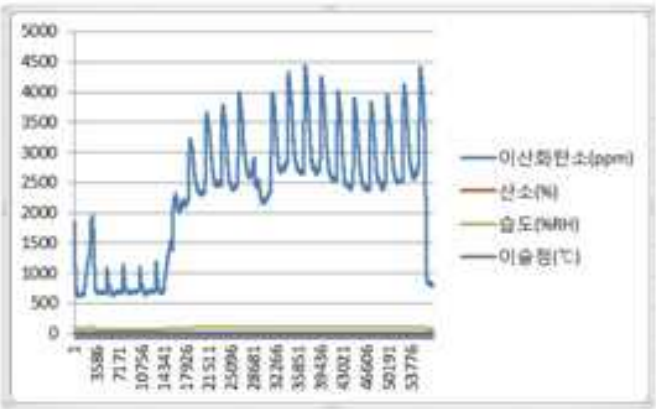


○ 배합비율: 음식물쓰레기(10kg)+톱밥(10kg)+미생물(0.5L), 24시간 측정





○ 배합비율: 음식물쓰레기(10kg)+톱밥(10kg)+미생물(1L), 16시간 측정



5) 미생물 균수 측정 : 10^5이상

발급번호 제17-111호

□ 시 험
■ 분 석

결 과 통 지 서

① 신청인	성 명 (법인의 경우 대표자 성명)	이랑강B.I.M	사업자번호 (생년월일)	403-81-22968
	주 소 (법인소재지)	전북 익산시 삼기면 삼기농공단지길 44호		
② 의뢰내용	의 뢰 일	2017년 6월 1일		
	대 상 물 품 명	미생물, 음식물쓰레기		
	시험 · 분석을 의뢰하는 사항	총세균수		
	목 적 (용 도)	연구과제진행용		

③ 결 과

분석항목	시료	분석결과	분석방법
총세균수(CFU/mL)	#1	82*10^5	비료의 품질검사 방법에 의함 (농촌진흥청고시 제 2016-26호)
	#2	34*10^5	
	#3	44*10^5	
	#4	22*10^5	
	#5	49*10^5	
	#6	57*10^5	
	#7	23*10^5	
	#8	238*10^5	
	#9	64*10^5	

주) 위 분석결과는 의뢰인이 제공한 시료의 분석결과 입니다

전라북도농업기술원 시험·분석에 관한조례 제3조의 규정에 의하여 시험(분석) 결과를 위와 같이 통지합니다.

2017년 6월 15일

전 라 북 도 농 업 기 술 원 장

〈그림 170〉 미생물 균수측정

다. 100kg/일급 회분식 실험

○ 24시간 실험 결과를 토대로 일주일간 회분식 실험에 투입할 톱밥의 비율을 음식물쓰레기와 1:0.5로 결정하고 일주일간 회분식 실험을 아래 〈그림 171〉 및 〈그림 172〉와 같이 진행

1) 음식물 성상에 따른 운전 및 제어인자 분석 실험

음식물쓰레기 발효·소멸 시스템 연속실험 자료

실험회차		1일차		2일차		3일차		4일차	
투입중량	구분	무게(kg)	함수율	무게(kg)	함수율	무게(kg)	함수율	무게(kg)	함수율
	톱밥	28	13.0%					25	12.0%
	잔반	70	85.0%	114	86.6%			112	83.0%
	미생물	10		11					
	소계	108		125			0	137	
총중량	최대	110.5		297		198		304	
	최소			69	54.4%	175	64.0%	187	53.4%
음식물형상									
식 단		잡곡밥 오징어무국 오이소박이 시금치나물 콩나물무침 김치		흰밥밥 돼지고기불고기 계란말이 청경채볶음 묵조림 김치				잡곡밥 동태무국 닭강정 멸치볶음 양념조림 김치	
분해 상황 및 함수량									
모니터링									
VS분석	음식물	84.8%		85.7%				86.5%	
	톱밥	90.8%							
	혼합	78.7%		81.5%		79.4%		80.4%	
PH	혼합물			6.5		5.8		6.3	
염분	음식물			1.7%		1.3%		0.8%	
	혼합			0.14%		0.11%		0.08%	
복합악취 간이측정	음식물					발효·소멸시스템 외부			
	최저	126				최저	1		
	최고	282				최고	8		
음폐 용축수	구분	BOD(mg/L)		COD(mg/L)		부유물질(%)		염분(%)	
	1차분석	불검출		386.7		2.24%		0.026%	
	2차분석	0.0%		148.7		2.25%		0.003%	

〈그림 171〉 음식물쓰레기 발생처별 운전 및 제어인자

음식물쓰레기 발효·소멸 시스템 연속실험 자료

실험회차		5일차		6일차		7일차		8일차	
투입중량	구분	무게(kg)	함수율	무게(kg)	함수율	무게(kg)	함수율	무게(kg)	함수율
	톱밥								
	잔반			118.25	79.3%	113	81.7%		
	미생물			12					
	소계	0		130		113			
총중량	최대	186		275		244		213	
	최소	145	46.6%	144	30.2%	213	49.3%	199	44.3%
음식물형상									
식 단				흰쌀밥 김치찌개 유부튀김 미역줄기볶음 생채 김치		잡곡밥 닭도리탕 두부조림 배추우거지나물 깻김치 김치			
분해 상황 및 함수량									
모니터링									
VS분석	음식물			86.3%		88.50%			
	톱밥								
	혼합	79.2%		79.3%		79.6%		78.1%	
PH	혼합물	6.2		6.2		6.1			
염분	음식물			1.2%		1.6%			
	혼합	0.08%		0.10%		0.16%			
복합악취 간이측정	음식물			발효·소멸시스템 내부					
	최저			최저	247				
	최고			최고	441				
음폐 용축수	구분	PH							
	1차분석	4.30%							
	2차분석	3.4%							

〈그림 172〉 음식물쓰레기 발생처별 운전 및 제어인자

2) pH 및 염분 분석 결과

발급번호 제17-185-1호

□ 시 험
■ 분 석

결 과 통 지 서

① 신청인	성 명 (법인의 경우 대표자 성명)	㈜평강비아이엠	사업자번호 (생년월일)	403-81-22968
	주 소 (법인소재지)	전북 익산시 삼기면 삼기농공단지길 44		
② 의뢰내용	의 뢰 일	2017년 9월 1일		
	대 상 물 품 명	음식물쓰레기		
	시험 · 분석을 의뢰하는 사항	pH, 염분		
	목 적 (용 도)	성분분석(연구용)		

③ 결 과

분석항목	분석결과			분석방법
	#1	#2	#3	
pH	6.5	5.8	6.3	수질오염공정시험 (국립환경과학원고시 제2017-18호)
염분 (mg/L)	14.1	11.2	8.8	

주) 위 분석결과는 의뢰인이 제공한 시료의 분석결과입니다.

전라북도농업기술원 시험·분석에 관한조례 제3조의 규정에 의하여 시험(분석) 결과를 위와 같이 통지합니다.

2017년 9월 7일

전 라 북 도 농 업 기 술 원 장

발급번호 제17-185-2호

□ 시 험
■ 분 석

결 과 통 지 서

① 신청인	성 명 (법인의 경우 대표자 성명)	㈜평강비아이엠	사업자번호 (생년월일)	403-81-22968
	주 소 (법인소재지)	전북 익산시 삼기면 삼기농공단지길 44		
② 의뢰내용	의 뢰 일	2017년 9월 1일		
	대 상 물 품 명	음식물쓰레기		
	시험 · 분석을 의뢰하는 사항	pH, 염분		
	목 적 (용 도)	성분분석(연구용)		

③ 결 과

분석항목	분석결과			분석방법
	#1	#2	#3	
pH	6.2	6.2	4.1	수질오염공정시험 (국립환경과학원고시 제2017-18호)
염분 (mg/L)	11.7	9.8	166.8	

주) 위 분석결과는 의뢰인이 제공한 시료의 분석결과입니다.

전라북도농업기술원 시험·분석에 관한조례 제3조의 규정에 의하여 시험(분석) 결과를 위와 같이 통지합니다.

2017년 9월 7일

전 라 북 도 농 업 기 술 원 장

〈그림 173〉 PH 및 염분 분석 성적서

3) 음폐 응축수 분석결과

발급번호 제18-140-1호

□ 시 험
■ 분 석

결 과 통 지 서

① 신청인	성 명 (법인의 경우 대표자 성명)	㈜평강비아이엠	사업자번호 (생년월일)	403-81-22968
	주 소 (법인소재지)	익산시 삼기면 삼김농공단지길 44		
② 의뢰내용	의 뢰 일	2018년 6월 15일		
	대 상 물 품 명	수질 2점		
	시험 · 분석을 의뢰하는 사항	BDO, COD, 부유물질, 염분, pH		
	목 적 (용 도)	성분 분석		

③ 결 과

시료	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	부유물질 (%)	염분(%)	pH (1:5)	분석방법
음폐수 1	불검출	386.7	2.24	0.026	4.3	수질오염 공정시험 (국립환경 과학원고시 제2017-18호)
음폐수 2	0.01	148.7	2.25	0.003	3.4	
지하수 기준	-	-	-	-	6.0-8.5	

주) 위 분석결과는 의뢰인이 제공한 시료의 분석결과입니다.

전라북도농업기술원 시험·분석에 관한조례 제3조의 규정에 의하여 시험(분석) 결과를 위와 같이 통지합니다.

2018년 6월 28일

전 라 북 도 농 업 기 술 원 장

〈그림 174〉 응축수 분석결과

4) 실험결과

○ 실험실 규모에서 이루어졌던 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 운전 평가시 제시된 운전 및 제어인자에 대하여 100kg/일 분해·소멸시스템을 실증하여 본 바 다음 <표 43>과 같은 결과를 도출함.

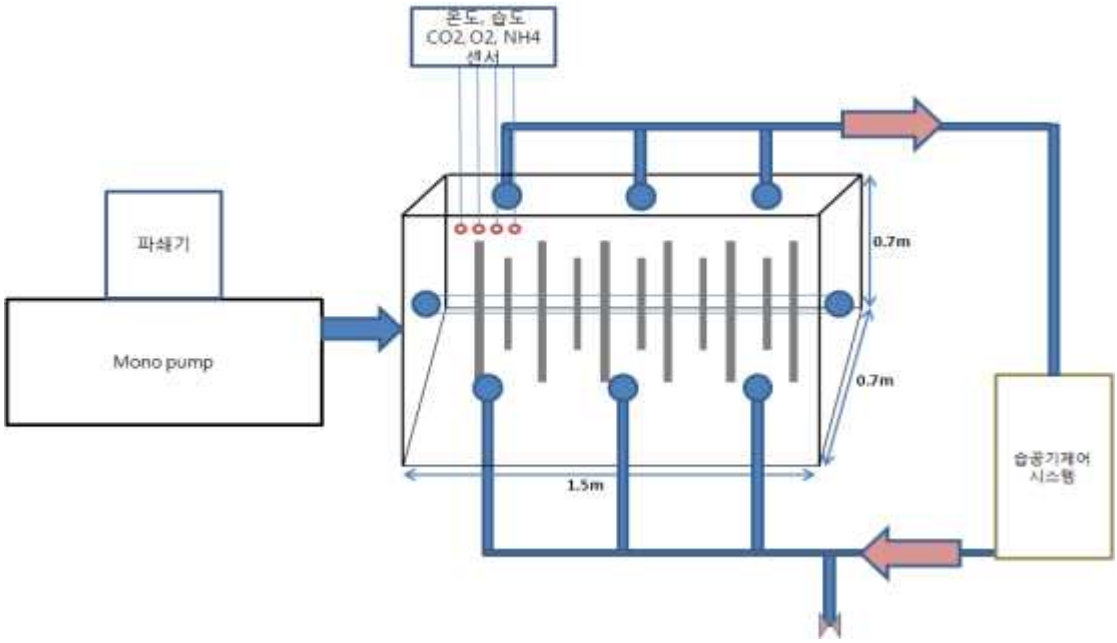
〈표 43〉 운전 영향인자 및 제어인자 항목 범위 비교

항목		실험실규모 인자 값 범위	100kg/일 발효·소멸시스템	비고
영향인자	온도	38~40 ˚C	중온 (35~40˚C) 고온 (45~50˚C)	분해·소멸에 적용되는 미생물의 종류에 따라 온도 범위는 변경될 수 있음
	pH	7.0~7.5	5.5~7.0	-
	수분 제거율	75~80	75~80	-
	유기물 제거율	75~80	75~80	-
	NaCl 농도	5% 이하	2% 이하	-
	무게 감소율	60% 이상	60% 이상	-
모니터링 및 제어인자	CO_2 농도	6~8%	4~20%	CO_2 농도는 분해·소멸 운전영향인자에 중요한 factor 값으로 미생물의 활성도와도 직접적으로 연계되기 때문에 제어인자로서 가장 중요함
	O_2 농도	19~21%	18~25%	분해·소멸시스템의 용적 증가에 따라 O_2 농도 상승
	NH_3 농도	0.1% 이하	-	암모니아는 혐기성 조건에서 발생하며 악취유발 물질에 주된 물질로 0.1% 이하 유지, 혐기성 조건을 방지하기 위해서는 적정 공기투입량을 유지해야 함
	복합 악취 측정		시스템 내부: 247~441 시스템 외부: 1~8	음식물쓰레기의 성상 및 수거시기에 따라 복합악취는 다르게 나타났으나 발효·소멸시스템의 내부에서는 수분의 다소에 따라 수치가 달라짐. 발효·소멸시스템의 외부에서는 거의 미미한 수준으로 측정됨.
	음식물쓰레기:우드칩 혼합비 (w/w)	1:2	하절기_ 1:0.5 동절기_ 1:1	수분조절제로 사용되는 재료에 따라 혼합비는 변경될 수 있음
	공기투입량	이론값의 80% 주입	-	음식물쓰레기 투입 양에 따라 이론값의 80% 주입
	순환공기 예열	45 ˚C	동절기: 35~40˚C 하절기 : 40~50˚C	순환공기 예열이 필요하며, 온도는 40˚C 이상
	C/N 비	20~45	25~45	-

3.4 콘덴싱시스템 융합 음식물쓰레기 발효·소멸시스템 구축 및 운전

○ 본 과제 연구진행을 통해서 관건이 되는 문제는 음식물쓰레기의 과다한 수분을 제거하는 방법과 악취인데 과다한 수분은 미생물의 활성화를 저해하므로 과다한 수분조절제(톱밥 등)의 사용을 초래하고 아울러 발효·소멸장치의 대형화를 초래하여 상용화를 저해하므로 미생물의 발효열만을 이용하는 본 연구의 목적상 저온조건(50 °C 이하)에서 음식물의 수분을 빠르게 제거할 수 있도록 콘덴싱시스템을 구축함.

가. 콘덴싱시스템 융합 음식물쓰레기 발효·소멸시스템 개념도



〈그림 175〉 콘덴싱시스템 융합 음식물쓰레기 발효·소멸시스템 개념도

나. 콘덴싱시스템 구축 설계조건

〈표 44〉 콘덴싱시스템 구축 설계조건

구분		규격	비고
흡기공기 조건	건조온도	+50˚C	
	상대습도	90%	
배기공기 조건	건조온도	+50˚C	
	상대습도	60%	
배기공기 풍량		45CMH	

다. 콘덴싱시스템에 필요한 열량

〈표 45〉 콘덴싱시스템 구축 설계조건

구분		규격	비고
흄기공기	비중	0.9715kg/㎡	*계산식 참조
	엔탈피	60.37kcal/kg	*계산식 참조
배기공기	비중	1.009kg/㎡	
	엔탈피	44.25kcal/kg	
배기공기 노점온도 엔탈피		37.85kcal/kg	
필요 냉각 열량		985kcal/hr	
사용 냉동기 능력		2,657kcal/hr	(Tc:55˚C / Te:7˚C)

① 입구공기 비중 계산

a) +50˚C 일때 포화습공기 비용적(㎥/kg) = 1.042 (습공기표 참조)

b) +50˚C 일때 건조공기 비용적(㎥/kg) = 0.9154 (습공기표 참조)

c) +50˚C / 90% 공기(제습기 입구조건)의 비용적(㎥/kg) = 1.0293

= {(1.042-0.9154) x 0.9 } + 0.9154 = 1.0293

→ 입구공기의 비중(kg/㎥) = 1 / 1.0293 ㎥/kg = 0.9715 kg/㎥

② 입구공기 엔탈피 계산

a) +50˚C 일때 포화습공기 엔탈피(kcal/kg) = 65.741 (습공기표 참조)

b) +50˚C 일때 건조공기 엔탈피(kcal/kg) = 12.017 (습공기표 참조)

c) +50˚C / 90% 공기(제습기 입구조건)의 엔탈피(kcal/kg) = 60.37

= {(65.741-12.017) x 0.9 } + 12.017 = 60.37

→ 입구공기의 엔탈피(kcal/kg) = 60.37 kcal/kg

③ 출구공기 비중 계산

a) +50˚C 일때 포화습공기 비용적(㎥/kg) = 1.042 (습공기표 참조)

b) +50˚C 일때 건조공기 비용적(㎥/kg) = 0.9154 (습공기표 참조)

c) +50˚C / 90% 공기(제습기 입구조건)의 비용적(㎥/kg) = 0.9914

= {(1.042-0.9154) x 0.6 } + 0.9154 = 0.9914

→ 입구공기의 비중(kg/㎥) = 1 / 0.9914 ㎥/kg = 1.009 kg/㎥

④ 출구공기 엔탈피 계산

a) +50˚C 일때 포화습공기 엔탈피(kcal/kg) = 65.741 (습공기표 참조)

b) +50˚C 일때 건조공기 엔탈피(kcal/kg) = 12.017 (습공기표 참조)

c) +50˚C / 60% 공기(제습기 입구조건)의 엔탈피(kcal/kg) = 44.25

= {(65.741-12.017) x 0.6 } + 12.017 = 44.25

→ 입구공기의 엔탈피(kcal/kg) = 4.25 kcal/kg

⑤ 필요 냉각 열량 Q

Q = G x υ x Δi

= 45 x 0.9715 x (60.37-37.85)

= 985 kcal/hr

Q = 냉각 열량 (kcal/hr)

υ = 공기의 비중 (kg/㎥)

Δi = 입구 공기와 출구공기노점온도의 엔탈피차 (kcal/kg)

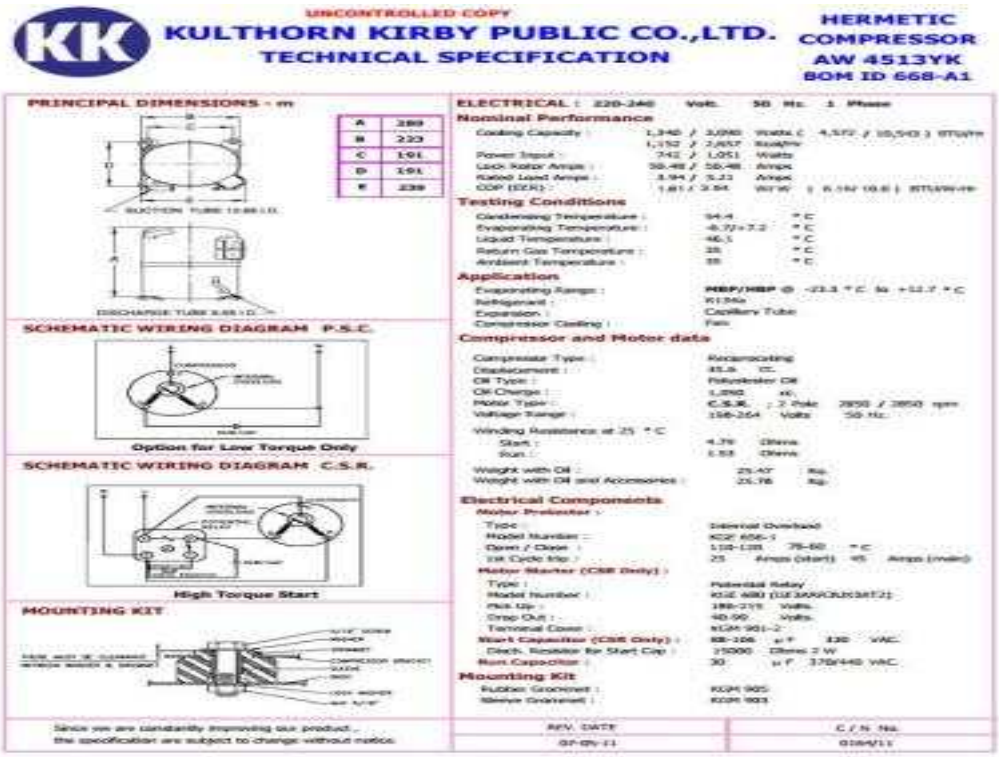
⑥ 냉동기 선정

MAKER : KULTHORN

COMP. MODEL : AW 4513YK

→ 1HP, 20V x 60Hz

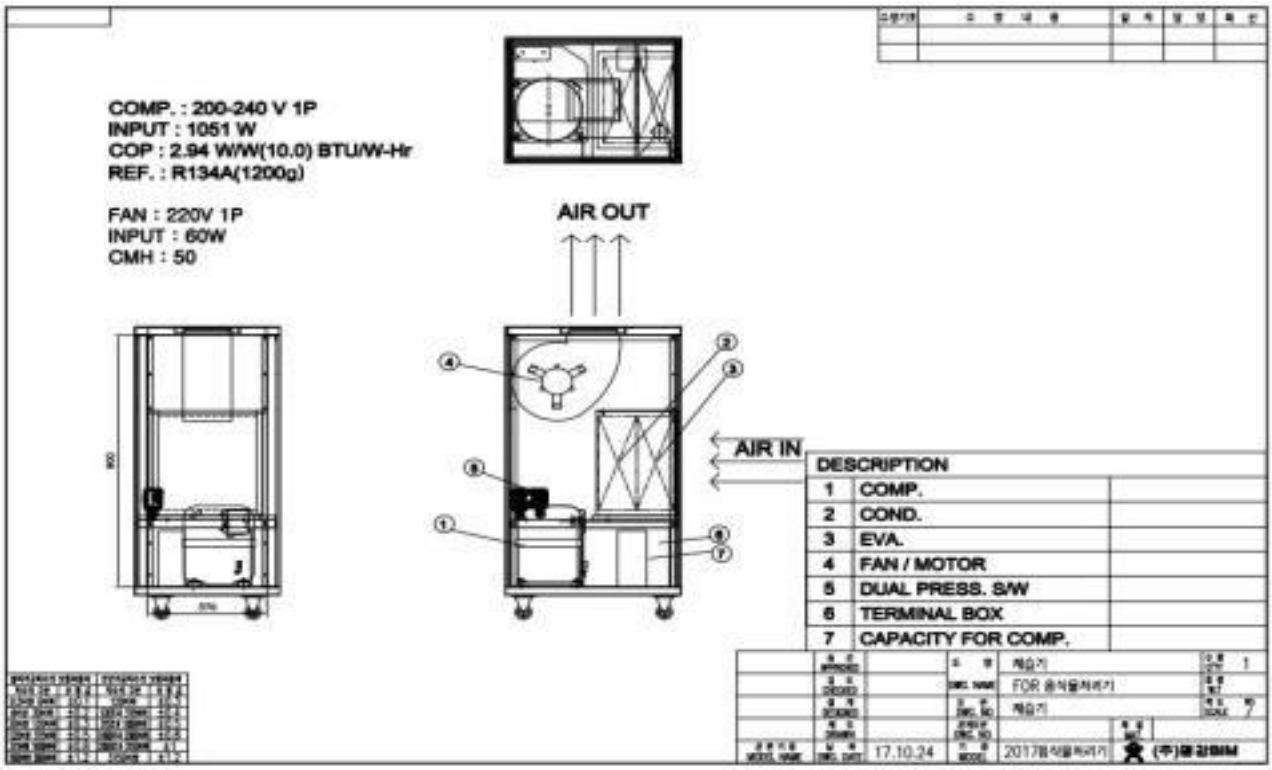
COMP. CAPA. : : 2,657 kcal/hr (응축온도 +55˚C / 증발온도 +7˚C) (능력표 참조)



〈그림 176〉 선정 동기 능력표

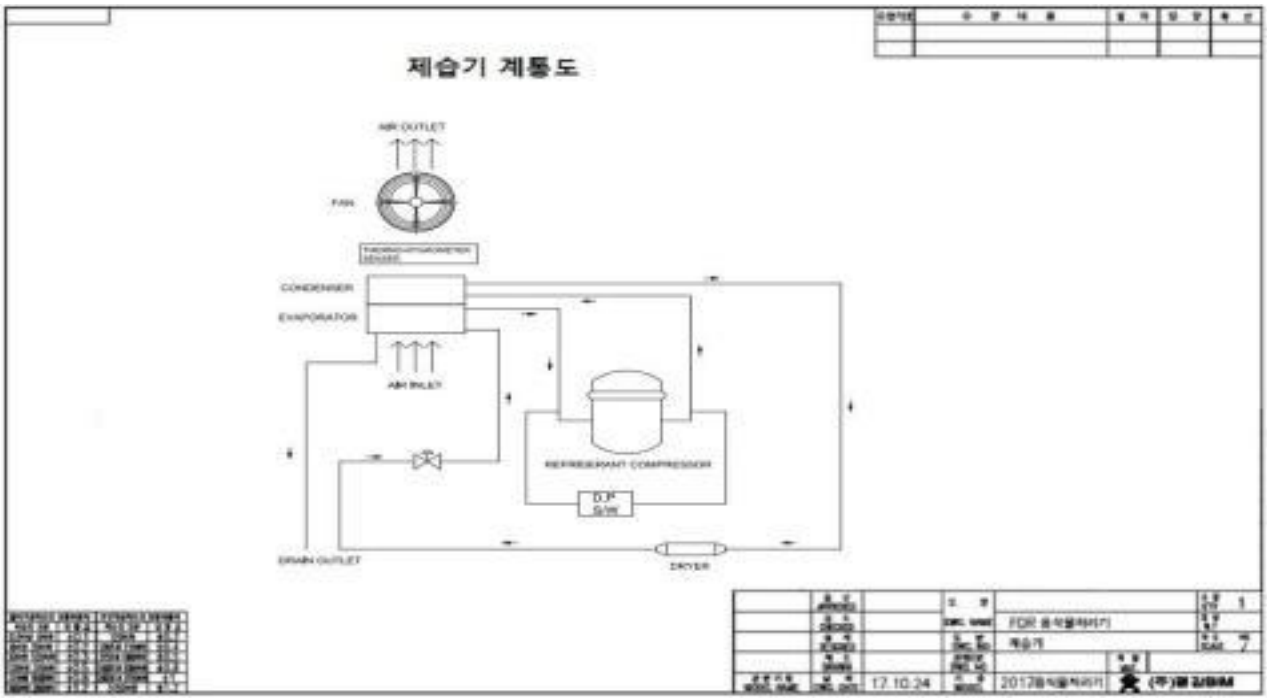
라. 콘덴싱시스템 구축

1) 콘덴싱시스템(제습기) 외형도



〈그림 177〉 콘덴싱시스템 외형도

2) 콘덴싱시스템(제습기) 계통도



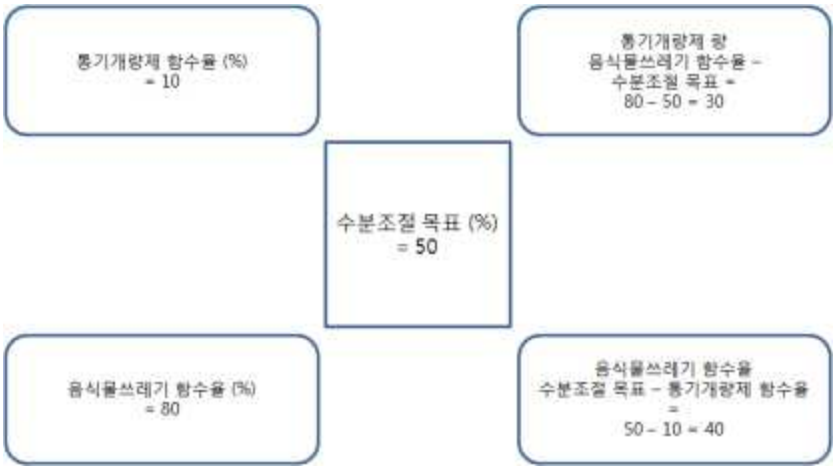
〈그림 178〉 콘덴싱시스템 계통도

3) 콘덴싱시스템 제작

〈그림 179〉 콘덴싱시스템 제작품

마. 콘덴싱시스템 구축 음식물쓰레기 발효·소멸기(1㎥) 제작

○ 발효·소멸기 용적 계산 (1.5m × 0.7m × 0.7m = 0.735 m^3 이상)



※ 수분조절 목표를 50%로 설정한 근거 : 미생물의 반응속도가 가장 높을 때의 함수율 범위는 50~60%

○ 30 : 40 = x : 100 kg 이며, 함수율 80%의 100 kg 음식물쓰레기를 50%의 함수율로 조절하기 위해서는 통기개량제가 75 kg이상 투입되어야 함

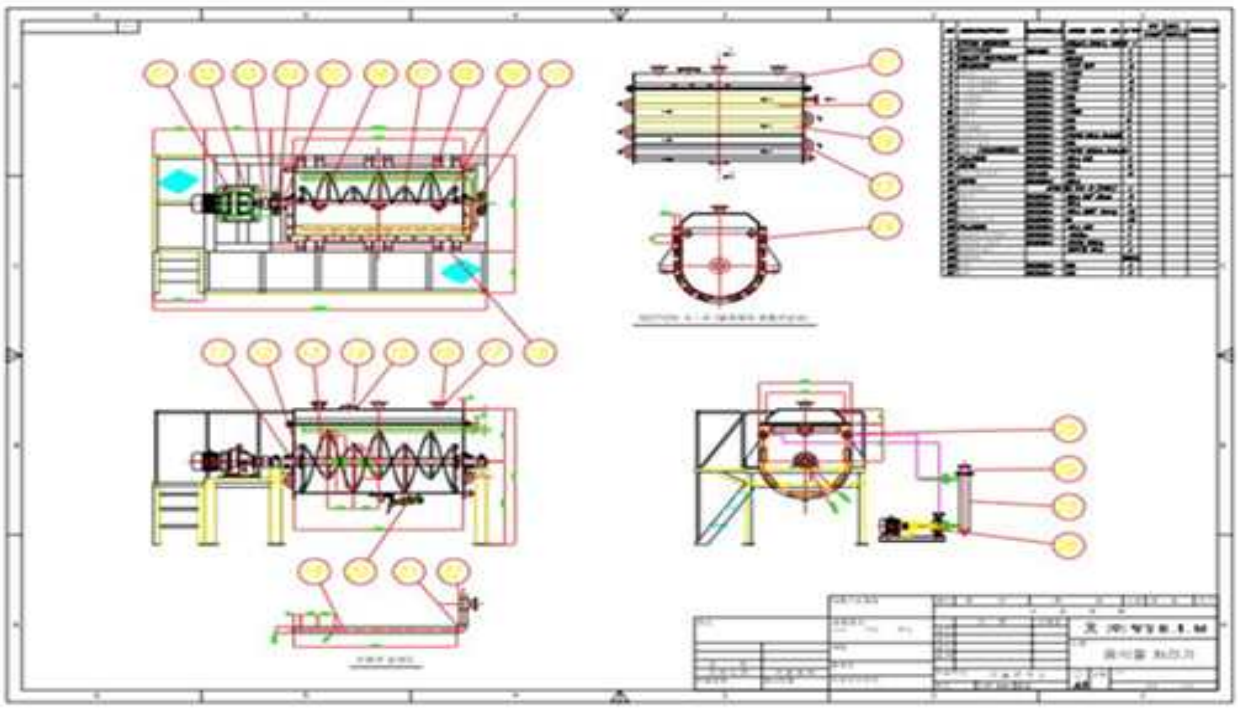
○ 따라서 실제 발효·소멸기 용적은
- 통기개량제가 차지하는 용적 0.11 m^3 (가정 : 밀도 0.7 g/cm^3)
- 100 kg/day 음식물쓰레기를 HRT 1 day 로 처리 할 경우 0.1 m^3
- 최종적으로 0.21 m^3 (유효용적)가 필요하며, 80%이상 유기물분해를 가정하여 최소 일주일 이상의 연속투입 실험을 가정하고, 발효·소멸기 교반방식에 따른 Dead space를 고려 여유 용적 50 %를 감안하면 약 1m^3 이상의 용적이 필요함

바. 음식물쓰레기 100kg/일 연속투입 실증규모 발효·소멸기(1㎥) 보완 설계 및 제작

○ 1회 음식물 100kg과 수분조절제 150kg(음식물1:톱밥1.5) 투입가능 1루베 용적의 발효·소멸 장치 설계 및 제작

○ 기존 제작된 발효·소멸 장치가 본 연구의 목적에 맞게 처리 결과물을 펠렛화 하는 실증하기에는 처리 용적이 적어 수분상태에 따라 음식물 15~20kg에 동일 무게 비율로 톱밥 등의 수분조절제를 넣으면 더 이상 투입이 어려워 부적절하였기에 주관기관으로부터 발효·소멸 장치 최적화 시스템에 대한 지원을 받아 설계 및 제작을 진행함.

○ 그리고 그동안의 제작경험 노하우를 바탕으로 발효·소멸시스템 보완 설계 및 제작하면서는 음식물쓰레기 투입 처리 시 정회전과 역회전에 따라 내부의 음식물쓰레기가 한쪽으로 치우쳐 생기는 데드스페이스를 줄이고, 고른 교반을 통한 빠른 건조와 투입물의 배출이 중앙에서 용이할 수 있도록 2중구조의 리본형 방식을 선택함.



○ 〈그림 180〉 100kg/일 연속투입 실증규모 발효·소멸기(1㎥) 보완 설계

○ 음식물쓰레기 발효·소멸기(1㎥) 제작

〈그림 181〉 100kg/일 연속투입 실증규모 발효·소멸기(1㎥)

사. 콘덴싱시스템 구축 음식물쓰레기 발효·소멸 시험

1) 콘덴싱시스템 작동 음식물쓰레기 발효·소멸 시험

○ O_2와 CO_2가 일정한 주기적 패턴을 나타내며 변화하면서 미생물에 의한 유기물 분해가 잘 일어날 수 있는 환경을 조성을 보여줌.

음식물처리기 제습기 실험(ON)

년월일	시간	CO_2	O_2	온도
2018-04-09	18:00	1,480	212,800	18.08
2018-04-09	19:00	1,230	212,900	17.09
2018-04-09	20:00	1,050	213,400	15.33
2018-04-09	21:00	1,420	213,300	13.57
2018-04-09	22:00	1,620	213,500	12.17
2018-04-09	23:00	1,700	213,600	11.35
2018-04-10	0:00	1,770	213,200	11.03
2018-04-10	1:00	1,840	213,300	10.79
2018-04-10	2:00	1,860	213,200	10.40
2018-04-10	3:00	1,870	213,500	9.87
2018-04-10	4:00	1,720	212,600	11.14
2018-04-10	18:00	1,480	212,800	18.08
2018-04-10	19:00	1,230	212,900	17.09
2018-04-10	20:00	1,050	213,400	15.33
2018-04-10	21:00	1,420	213,300	13.57
2018-04-10	22:00	1,620	213,500	12.17
2018-04-10	23:00	1,700	213,600	11.35
2018-04-10	5:00	1,860	213,000	11.38
2018-04-10	6:00	1,900	212,300	12.58
2018-04-10	7:00	2,260	211,800	13.55
2018-04-10	8:00	2,080	211,800	14.99
2018-04-10	9:00	1,880	211,000	16.86
2018-04-10	10:00	1,770	210,000	19.18
2018-04-10	11:00	1,630	209,000	21.45
2018-04-10	12:00	1,790	208,800	22.49
2018-04-10	13:00	1,430	208,800	22.91
2018-04-10	14:00	1,470	209,000	23.66
2018-04-10	15:00	1,770	209,300	24.09
2018-04-10	16:00	1,590	209,300	23.78
2018-04-10	17:00	1,440	210,300	22.26
2018-04-10	18:00	1,210	210,100	20.74
2018-04-10	19:00	2,390	210,300	20.32
2018-04-10	20:00	2,490	210,300	19.92
2018-04-10	21:00	2,740	210,200	19.71
2018-04-10	22:00	2,910	210,200	19.55

〈그림 182〉 콘덴싱시스템 작동 음식물쓰레기 발효·소멸 시험

2) 콘덴싱시스템 비작동 음식물쓰레기 발효·소멸 시험

음식물처리기 제습기 실험(OFF)

년월일	시간	CO_2	O_2	온도
2018-04-11	1030	12,610	203,100	17.15
2018-04-11	1045	16,220	199,900	17.94
2018-04-11	1100	20,680	196,600	18.58
2018-04-11	1115	24,990	196,500	18.66
2018-04-11	1130	29,080	194,700	19.25
2018-04-11	1145	32,640	193,600	19.55
2018-04-11	1200	36,540	190,800	20.05
2018-04-11	1215	39,790	189,200	20.28
2018-04-11	1230	43,110	187,200	20.42
2018-04-11	1245	46,280	185,600	20.43
2018-04-11	1300	49,400	184,700	20.67
2018-04-11	1315	52,320	183,300	20.96
2018-04-11	1330	56,640	181,200	21.22
2018-04-11	1345	59,780	179,300	21.32
2018-04-11	1400	64,150	177,300	21.30
2018-04-11	1415	67,920	175,200	21.53
2018-04-11	1430	71,790	172,900	21.84
2018-04-11	1445	75,540	171,000	21.98
2018-04-11	1500	80,010	168,100	22.12
2018-04-11	1515	85,740	165,600	22.21
2018-04-11	1530	89,410	163,800	22.22
2018-04-11	1545	91,550	162,300	21.97
2018-04-11	1600	95,110	161,600	21.75
2018-04-11	1615	91,450	164,300	21.63
2018-04-11	1630	87,010	167,200	21.38
2018-04-11	1645	83,070	169,200	21.29
2018-04-11	1700	80,140	171,000	21.08
2018-04-11	1715	77,060	172,700	20.76
2018-04-11	1730	74,590	174,300	20.38

〈그림 183〉 콘덴싱시스템 비작동 음식물쓰레기 발효·소멸 시험

○ O_2와 CO_2가 정반대의 값을 나타내며 변화하며 미생물에 의한 유기물 분해환경을 조성하지 못함을 보여줌.

Ⅲ	음식물쓰레기 분해산물 활용 펠렛성형연료 생산시스템

1. 펠렛성형 연료 안전성을 위한 성형 최적조건 연구

1.1 음식물쓰레기 분해산물 펠렛 성형 최적화 및 연료 특성

가. 음식물쓰레기 분해산물 물리적 특성 파악

○ <표 46>은 펠렛 공업분석을 바탕으로 본 연구에 사용된 음식물류 폐기물과 펠렛 성형에 사용된 발효물에 대한 물리 · 화학적 특성을 나타냄.

○ 수분함량은 음식물류 폐기물 81%, 발효물 49% 정도였으며, 음식물류 폐기물과 발효물의 NaCl 농도는 평균 8% 정도를 나타냄.

○ 음식물류 폐기물의 총 고형물 대비 유기물 비율과 발효물의 총고형물 대비 유기물 비율을 비교해 보면 각각 86%, 68%의 값을 나타내 반응 후에 유기물이 감소되었다는 것을 알 수 있음.

○ pH 값을 보면 반응 전 음식물류 폐기물의 수치는 4.1로 산성이고 반응 후 발효물의 수치는 7.9로 중성을 나타내 반응이 안정적으로 진행되었음.

○ 펠렛 원료인 발효물과 함수율별 성형된 샘플의 공업 분석 결과, 발효물과 펠렛의 값을 비교하여 성형 과정 전·후에 일반성분의 변화는 일어나지 않았음을 확인.

<표 46> 음식물쓰레기, 발효물과 펠렛의 물리 · 화학적 특성(dry basis)

항목		음식물류 폐기물	발효 부산물	펠렛 1	펠렛 2	펠렛 3	펠렛 4
함수율(%)		81	49	10	15	20	25
공업분석 (wt%, on dry basis)	Volatile matter	75.20	54.57	56.23	55.47	56.18	55.43
	Fixed Carbon	20.78	15.39	13.95	14.06	13.93	14.13
	Ash	3.92	30.05	29.82	30.47	29.89	30.43
TS(%)		22	41	-	-	-	-
VS(%)		19	28	-	-	-	-
NaCl(%)		8.5	7.8	-	-	-	-
pH		4.1	7.9	-	-	-	-

나. 음식물쓰레기 분해산물 펠렛성형 조건 및 영향인자 도출

○ <그림 184>는 펠렛 제조 장치인 압출성형기와 제조되는 모습을 나타냄. 펠렛 제조는 자체 제작한 압출성형기를 사용하였으며 원료를 일정하게 투입함으로써 이송 스크류에서 균일하게 혼합함.

○ 원료는 음식물쓰레기 분해·소멸 후 분해산물의 2mm 크기 이하의 것을 사용함.

○ 투입된 원료는 펠렛 성형기에서 적정한 온도, 습도, 스크류 회전속도 하에서 펠렛이 제조되어 배출되는데, 그 때의 온도는 약 50~60 ˚C 이며 성형된 펠렛을 냉각하면서 수분을 적정하게 제거하기 위하여 상온에서 냉각 저장되도록 함.

○ 펠렛 제조 시 성형틀에 과부하가 걸리지 않게 하기 위하여 함수율 10~25% 범위 내에서 제조하여 비교 분석함.

○ 펠렛 크기는 직경 8mm이고 길이는 20~40mm로 제조되었으며 1회 성형시 원료 1kg를 투입. 제조된 펠렛은 겉보기 밀도, 함수율, 발열량 등의 분석을 통해 연료특성을 확인.

○ 발열량측정기(LECO AC350)를 사용하여 시료 약 1g을 열량계에서 3회 이상 산소로 연소시켜 건조시료의 고위발열량을 측정.

<그림 184> 펠렛 성형기 및 펠렛 제조 모습

○ <그림 185>는 함수율별로 성형 완료된 펠렛의 형상을 나타냄. 함수율이 높아짐에 따라 원료의 색이 짙었으며, 원료의 함수율이 높을수록 펠렛 표면이 균일하고 원료의 색과 동일하게 펠렛 표면색이 짙음을 확인.

○ 함수율이 15% 이하일 경우 재료 분리, 고열에 의한 추가 건조 및 추가 분쇄에 의해 다량의 분진이 발생하여 펠렛 성형이 어렵고, 함수율 25% 이상일 경우 펠렛 모양, 경도가 물러서 성형 시 성형기에 의해 펠렛이 으스러지므로 고형연료로서의 활용이 어렵다고 판단됨.

○ 따라서 음식물쓰레기 분해산물의 고형연료로서의 사용을 위해서는 원료 함수율이 15~25%가 적당하다고 판단됨.

(a) 함수율 10%

(b) 함수율 15%

(c) 함수율 20%

(d) 함수율 25%

<그림 185> 함수율에 따른 펠렛 성형 모습

다. 펠렛 고형연료 특성 파악 및 고품위화

○ 본 실험 결과에서는 펠렛 성형 과정에서 약 3%의 함수율이 감소하였고 인위적으로 절단하였을 때, 함수율 25%에서 외형유지와 강도면에서 가장 좋은 품질을 나타냄. 펠렛의 밀도는 성형의 균등한 커팅정도와 견고성정도를 파악할 수 있음.

○ 국립산림과학원 고시 목재펠렛 규격·품질기준(부록 참조)에 명시된 겉보기 밀도 측정결과, 3급 펠렛 성형기준 580 kg/m^3 이상인 630 kg/m^3의 값을 나타내었음. 이는 펠렛 성형 시 최적의 조건이라고 판단되고 음식물 연속투입에 의해 펠렛 원료의 성분이 우드칩보다 음식물 쓰레기의 양이 많아지고 높은 압축력의 영향으로 판단됨.

○ <그림 186>은 함수율별 열중량 분석(Thermogravimetric analysis, TGA) 결과를 나타냄. 질소가스를 이용한 환원 분위기에서 분당 10 ˚C로 상온에서 800 ˚C까지 승온 시켜 무게변화 측정을 하였음.

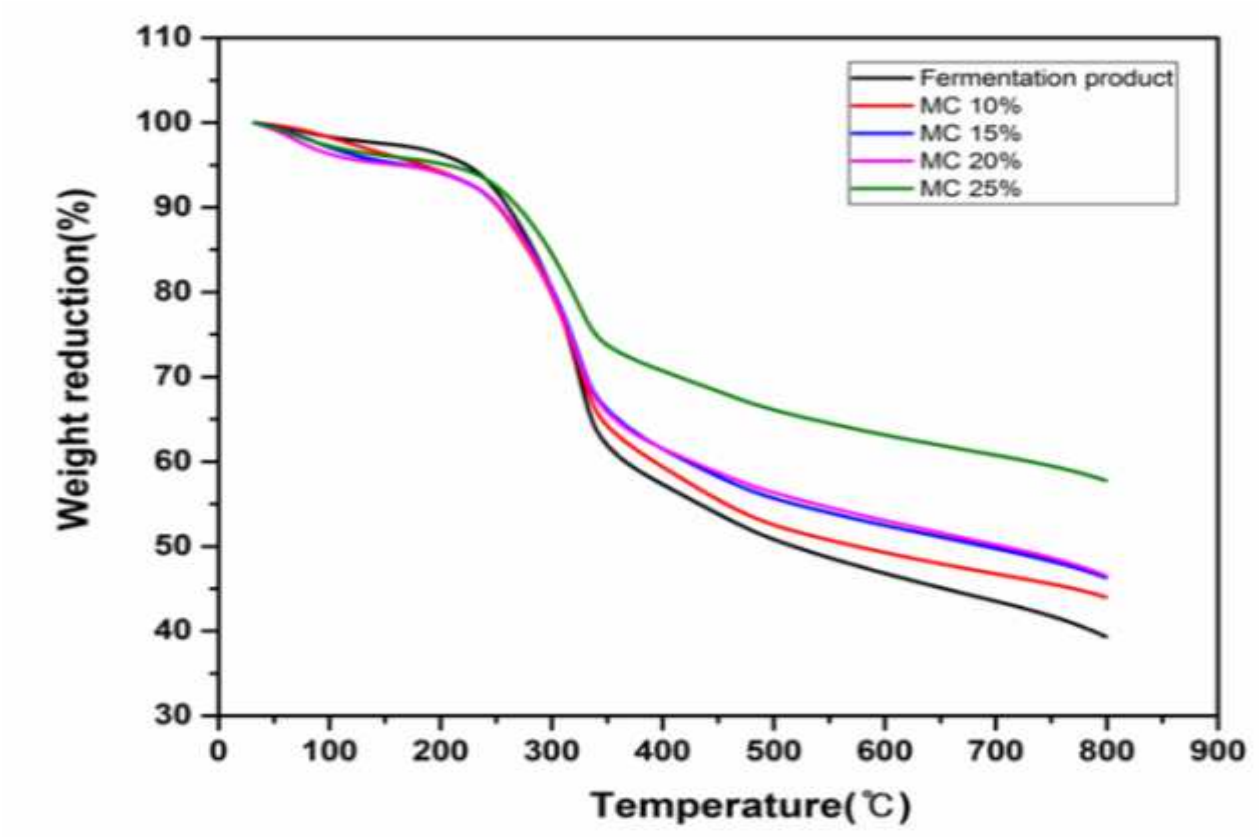
○ 열중량 분석을 통한 중량 감소 곡선을 보면 원료가 가장 먼저 열분해 되었으며 함수율이 높을수록 천천히 진행됨. 함수율 25%에서 가장 천천히 열분해가 진행되고 이는 밀도 값과 관련하여 25%의 펠렛 압축력이 가장 높음을 간접적으로 확인함.

○ 중량 감소는 100~150 ˚C, 400~450 ˚C에서 수분과 고정탄소가 일부분 감소되고 300~350 ˚C 범위에서 휘발 성분이 가장 많은 감소가 이루어짐.

○ <표 47>은 펠렛 수분 함량에 따른 발열량 결과를 나타냄. 성형된 펠렛 샘플은 발열량 측정기기를 사용하여 발열량 측정을 하였고 고위발열량은 고형연료 기준인 3,500 kcal/kg 이상의 값을 나타냄. 펠렛 성형 샘플이 고형연료 기준 발열량 보다 높게 나타나 고형연료로서 적합하고 높은 활용가치를 가질 것으로 판단됨.

○ 고형연료는 원료 물질의 조성에 크게 의존하기 때문에 발열량을 좀 더 높이기 위해서는 혼합비율을 바꾸거나 발열량이 높은 폐기물의 첨가가 필요함.

○ 본 연구결과는 음식물류 폐기물 처리 후 고형연료 제조 가능성에 목적이 있었고 음식물류 폐기물은 펠렛 성형시 연료로서의 활용가치를 충분히 가질 것으로 판단됨.



<그림 186> 음식물쓰레기 분해·소멸 후 분해산물 함수율에 따른 TGA 분석

<표 47> 음식물쓰레기 분해·소멸 후 분해산물 함수율에 따른 고위발열량

펠렛 함수율 (%)	고위 발열량 (kcal/kg)
10	평균 3,709
15	
20	
25	
원시료 (함수율 49%)	3,685

1.2 펠렛연료 고품위화 및 연료 안전성을 위한 혼합성형 조건

가. 음식물쓰레기 분해산물 펠렛연료 고품위화를 위한 혼합연료 농축산부산물 원료 파악

1) 음식물쓰레기 분해산물 및 농축산부산물 원료 물리 · 화학적 특성 파악

○ 본 과제 수행에서 펠렛 연료를 위한 고품위화 혼합연료 중, 수급이 용이한 농산부산물인 왕겨와 볏짚을 이용하여 연구를 진행하였음.

○ <표 48>은 본 연구에 사용된 음식물류 폐기물, 혼합 펠렛 성형에 사용된 발효물과 농산부산물 원료에 대한 물리 · 화학적 특성을 공업분석과 원소분석을 통해 나타내었음.

○ 수분함량은 음식물류 폐기물 81%, 발효 부산물 49% 의 값을 나타냈으며, 농산 부산물인 왕겨와 볏짚은 모두 10%로 수분이 거의 없는 상태임.

○ 공업분석 결과, 휘발분이 음식물류 폐기물, 왕겨, 볏짚이 각각 약 75%, 72%, 76%를 나타내고 왕겨와 볏짚은 ash의 함량이 10% 내외로 발열량을 높이는데 기여할 것으로 판단됨.

○ 원소분석 결과에서 왕겨와 볏짚은 음식물류 폐기물과 비슷한 값의 구성을 가지고 있어 발열량이 음식물류 폐기물과 유사하여 고형 연료 기준에 충족할 것으로 판단됨.

○ 기존 연구 결과와 같이 음식물류 폐기물의 총 고형물 대비 유기물 비율과 발효물의 총고형물 대비 유기물 비율을 비교해 보면 각각 86%, 68%의 값을 나타내어 반응 후에 유기물이 감소됨.

○ NaCl, pH 값은 기존 연구 결과와 비슷하게 나타냄. 음식물류 폐기물과 발효물의 NaCl 농도는 평균 8% 정도를 나타냄. pH 값은 음식물류 폐기물의 반응 전 값은 평균적으로 4.1로 산성이고 반응 후 발효물의 수치는 평균 7.9로 중성을 나타내어 분해 반응이 안정적으로 진행되었음.

<표 48> 음식물류 폐기물, 발효물과 농축산물 원료의 물리 · 화학적 특성(dry basis)

항목		음식물류 폐기물	발효 부산물	왕겨	볏짚
함수율(%)		81	49	10	10
공업분석 (wt%, on dry basis)	Volatile matter	75.20	55.89	71.54	76.22
	Fixed Carbon	20.78	15.14	14.97	16.02
	Ash	3.92	28.97	13.49	7.76
원소분석 (wt%, on dry basis)	C	42.29	31.41	41.40	39.44
	H	6.03	4.05	5.07	5.35
	O	33.95	27.57	33.05	33.80
	N	1.364	2.47	0.28	0.28
	S	0.42	-	-	-
TS(%)		22	41		
VS(%)		19	28	-	-
NaCl(%)		8.5	7.8	-	-
pH		4.1	7.9	-	-

나. 펠렛연료 고품위화 및 연료 안전성을 위한 혼합성형 조건 파악

1). 음식물류 폐기물 분해산물 혼합 펠렛 성형 조건 및 영향인자 도출

○ <그림 187(a)>은 기존에 사용하였던 펠렛 제조 장치인 압출성형기와 제조되는 모습을 나타냄. 펠렛 제조는 기존에 사용된 압출 성형기를 이용하였고 승온 없이 원료를 일정하게 투입함으로써 수평형 이송 스크류에서 균일하게 혼합하여 성형함.

○ <그림 187(b)>는 본 연구에 사용된 음식물류 폐기물 분해산물, 농산부산물 원료인 왕겨와 볏짚을 나타냄.

○ 주원료인 음식물류 폐기물 분해산물은 입자가 2mm 이하의 것을 사용하였고 농산 부산물 원료는 원활한 혼합을 위해 왕겨와 볏짚을 분쇄하여 2mm 이하로 선별하여 사용함.

○ 투입된 원료는 펠렛 성형기에서 적정한 온도, 습도, 스크류 회전속도 하에서 펠렛이 제조되어 배출되며, 이때 기존 조건과 같이 온도는 약 50~60 ˚C 이며 성형된 펠렛을 냉각하면서 수분을 적정하게 제거하기 위하여 상온에서 냉각 저장되도록 함.

○ 펠렛 제조 시 성형기에 과부하가 걸리지 않기 위한 함수율 범위인 10~25% 조건에서, 펠렛 품질이 좋은 결과가 나타난 함수율 25%를 기준으로 제조하여 특성을 비교 분석함. 농산부산물 혼합에 따른 수분함량의 감소로 인해 함수율 20% 이하는 적절하지 않을 것으로 판단됨.

○ 분해산물을 포함한 전체 원료 기준에서 농산 부산물인 왕겨와 볏짚을 무게대비로 각각 5~20%, 5~10%로 혼합하여 펠렛 제조를 수행함. 혼합비율에 따라서 성형 시 과부하에 대한 영향과 성형에 대한 품질이 달라짐.

○ 펠렛 크기는 직경 8mm이고 길이는 20~40mm로 제조되었으며 1회 성형시 원료 0.5kg를 투입. 제조된 펠렛은 겉보기 밀도, 함수율, 발열량, TGA 등의 분석을 통해 연료특성을 확인.

○ 발열량측정기(LECO AC350)를 사용하여 시료 약 1g을 열량계에서 3회 이상 산소로 연소시켜 건조시료의 고위발열량을 측정.

<그림 187(a)> 펠렛 압출 성형기 및 원료

(a) 발효물 (b) 왕겨 (c) 볏짚

<그림 187(b)> 펠렛 압출 성형기 및 원료

○ <그림 188><그림 189>은 왕겨를 이용한 혼합비율별 펠렛 성형 전·후의 형상을 나타냄. 혼합비율이 높아짐에 따라 혼합 시간이 오래 걸렸으며 겉보기 형상은 비슷함. 왕겨의 비중이 낮기 때문에 발효물 원료에 대한 부피비가 크므로 왕겨의 혼합이 일정비율이 넘으면 점착성이 떨어져 성형기 내에 펠렛 원료 압착력이 저하되어 펠렛 품질이 낮아지는 결과를 나타낼 것으로 보임. 기존 연구에서 함수율이 10% 이하일 경우 재료 분리, 고열에 의한 추가 건조 및 추가 분쇄에 의해 다량의 분진이 발생하여 펠렛 성형이 어렵고, 함수율 25% 이상일 경우 펠렛 모양, 경도가 물러서 펠렛 활용이 어려움을 확인한바, 본 연구에서는 펠렛 성형에 중요한 인자로 영향을 미치는 함수율을 25%로 고정하고 왕겨의 혼합비율을 무게비로 20% 이하로 설정하여 실험을 수행하였음.

○ 펠렛을 절단 하였을 때 왕겨 혼합비율이 증가할수록 강도가 낮을 것으로 판단되었고 왕겨 비율 10%에서 비교적 가장 좋은 강도를 나타냄. 따라서 고형연료로서의 사용을 위해서는 왕겨 혼합비율이 10%가 적당하다고 판단됨.

○ <그림 190>은 볏짚을 이용한 혼합비율별 펠렛 성형 전·후의 형상을 나타냄. 왕겨의 혼합 펠렛 성형 실험결과를 토대로 볏짚을 이용한 혼합 펠렛 성형은 혼합비율을 무게비 5%, 10%로 설정하여 실험을 수행하였음. 볏집은 왕겨에 비해 파쇄의 어려움이 있고 비중이 낮아 발효물 원료에 대한 부피가 큼으로 인해 10% 이상에서는 혼합의 어려움을 보임으로써 혼합비율 10% 이상은 사용이 어렵다고 판단됨.

○ 볏짚을 이용한 혼합펠렛은 왕겨에 비해 강도는 낮았으며 절단 하였을 때 볏짚 혼합비율 5%가 10%에 비해 강도가 높았음. 따라서 고형연료로서의 사용을 위해서는 볏짚 혼합비율이 5%가 적당하다고 판단됨.

(a) 왕겨 혼합비율 5%

(b) 왕겨 혼합비율 10%

(c) 왕겨 혼합비율 15%

(d) 왕겨 혼합비율 20%

<그림 188> 혼합 펠렛 성형 전 원료(왕겨)

(a) 왕겨 혼합비율 5%

(b) 왕겨 혼합비율 10%

(c) 왕겨 혼합비율 15%

(d) 왕겨 혼합비율 20%

<그림 189> 혼합 펠렛 성형 후 원료(왕겨, 펠렛 함수율 25%)

(a) 성형 전 볏짚 혼합비율 5%

(b) 성형 후 볏짚 혼합비율 10%

(c) 성형 전 볏짚 혼합비율 15%

(d) 성형 후 볏짚 혼합비율 20%

<그림 190> 혼합 펠렛 성형 전·후(볏짚, 펠렛 함수율 25%)

2) 혼합 펠렛 고형연료 특성 파악 및 고품위화

○ 본 실험 결과에서는 혼합 펠렛을 인위적으로 절단 하였을 때, 왕겨 혼합비율 10%와 볏짚 혼합비율이 5%에서 외형유지와 강도에서 가장 좋은 품질을 나타냄.

○ <표 49>는 혼합 펠렛의 물리ㆍ화학적 특성을 나타낸 것으로 공업분석과 원소분석 결과 바탕으로 특성을 파악함. 왕겨와 볏짚을 이용한 혼합 펠렛 성형 후에 공업분석과 원소분석 결과 크게 다르지 않은 값을 나타냄.

○ <표 50>은 혼합 펠렛의 겉보기 밀도 측정결과로 국립산림과학원 고시 목재펠렛 규격·품질기준에 명시된, 3급 펠렛 성형기준 580kg/m^3 이상인 평균 605kg/m^3의 값을 나타내었고 펠렛 함수율 25%를 기준으로 펠렛 성형 제조가 균등하고 견고하게 진행되었기 때문으로 판단됨. 왕겨를 이용한 펠렛은 볏짚을 이용한 펠렛에 비해 밀도가 높은 값을 나타내는데 이는 왕겨의 비중이 볏짚에 비해 크고 발효물 원료에 대한 혼합이 원활하여 압축력이 높아진 것에 대한 영향으로 판단됨.

○ <표 51>는 혼합 펠렛의 함수율 변화를 나타낸 것으로 압력에 의한 온도의 영향으로 함수율은 감소하고 평균적으로 약 3%의 함수율이 감소하였음. 함수율 감소를 보았을 때, 압출 성형기에 부하를 주지 않는 혼합 펠렛 제조 함수율 조건은 25%가 최적 조건인 것으로 판단됨.

○ <그림 191>은 혼합 펠렛 성형에서 농산부산물 중 왕겨의 혼합 비율에 따른 열중량 분석(Thermogravimetric analysis, TGA) 결과를 나타냄. 질소가스를 이용한 환원 분위기에서 분당 10 ˚C로 상온에서 800 ˚C까지 승온 시켜 무게변화 측정을 하였음. 중량 감소는 100~150 ˚C, 400~450 ˚C에서 수분과 고정탄소가 일부분 감소되고 300~350 ˚C 범위에서 휘발 성분이 가장 많은 감소가 이루어짐.

○ 열중량 분석을 통한 중량 감소 곡선을 보면 왕겨 원료가 가장 먼저 열분해 되었으며, 다음으로 발효물 원료가 열분해 되고 혼합비율 5%, 20%, 15%, 10%의 순서대로 천천히 진행됨. 왕겨 혼합비율 10%에서 가장 천천히 열분해가 진행되는데 이는 밀도 값과 관련하여 혼합비율 10%의 펠렛 압축력이 가장 높음을 간접적으로 확인되었고 왕겨 혼합비율 10%가 최적 조건인 것으로 판단됨.

○ <그림 192>는 혼합 펠렛 성형에서 농산부산물 중 볍짚의 혼합 비율에 따른 열중량 분석(Thermogravimetric analysis, TGA) 결과를 나타내고 왕겨의 결과와 비교 분석함. 열중량 분석을 통한 중량 감소 곡선을 보면 볏짚, 왕겨 및 발효물 원료의 순서로 가장 먼저 열분해 되었으며 혼합비율 왕겨 5%, 볏짚 10%, 볏짚 5%, 왕겨 10%의 순서대로 천천히 진행됨. 볏

짚 혼합비율에서 5%가 천천히 열분해가 진행되고 이는 밀도 값과 관련하여 5%의 펠렛 압축력이 가장 높음을 간접적으로 확인되었고 볏 혼합비율 5%가 최적 조건인 것으로 판단됨. 왕겨와 볏짚의 혼합비율을 비교하면 왕겨의 혼합비율이 10%일 때 펠렛 압축력이 가장 높은 것으로 확인되어 본 실험결과에서는 왕겨의 혼합비율 10%가 가장 최적의 혼합 연료 조건일 것으로 판단됨.

○ <표 52>은 혼합 펠렛 성형에서 농산부산물 혼합 비율에 따른 고위발열량 결과를 나타냄. 발열량 측정은 혼합 펠렛 샘플을 발열량 측정기를 사용하였고 혼합 펠렛의 고위발열량은 평균 3,870 kcal/kg으로 고형연료 기준인 3,500 kcal/kg 이상의 값을 나타냄. 기존 연구에서 발효물 원료의 고위 발열량은 평균 3,700 kcal/kg으로 혼합 펠렛 샘플이 기존 펠렛 샘플 보다 5% 높게 나타나 고형연료로서 더 적합하고 높은 활용가치를 가질 것으로 판단됨. 발열량 값의 상승을 5%보다 높이기 위한 방법이 필요할 것으로 보이며 혼합 펠렛 성형에 사용한 발효물 원료의 발열량이 기존에 제조한 펠렛 원료보다 낮았기 때문에 기존 원료의 발열량 기준에서는 더 높을 것으로 판단됨. 추가로 발열량을 좀 더 높이기 위해서는 혼합비율을 바꾸거나 발열량이 높은 다른 원료의 분석 및 실험이 필요함.

<표 49> 혼합 펠렛의 물리 · 화학적 특성(dry basis)

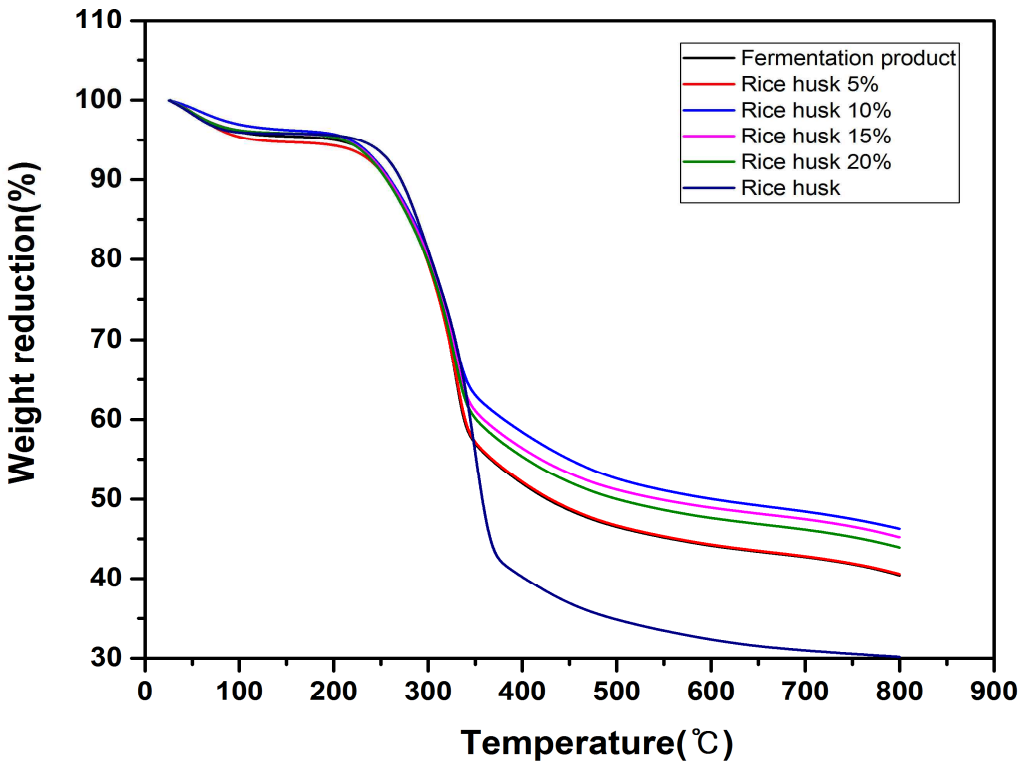
항목		왕겨				볏짚	
비율(%)		5	10	15	20	5	10
공업분석 (wt%, on dry basis)	Volatile matter	55.17	54.90	55.60	56.66	56.16	56.66
	Fixed Carbon	16.22	16.73	16.90	16.25	15.42	15.47
	Ash	28.61	28.38	27.50	27.09	28.42	27.86
원소분석 (wt%, on dry basis)	C	33.70	34.45	35.52	34.14	34.40	34.66
	H	4.29	4.23	4.46	4.23	4.35	4.52
	O	27.19	26.53	28.31	28.15	25.26	27.55
	N	2.39	2.36	2.09	2.24	2.34	2.23
	S	-	-	-	-		

<표 50> 혼합 펠렛의 겉보기 밀도(펠렛 길이 2cm 기준, 펠렛 함수율 25%)

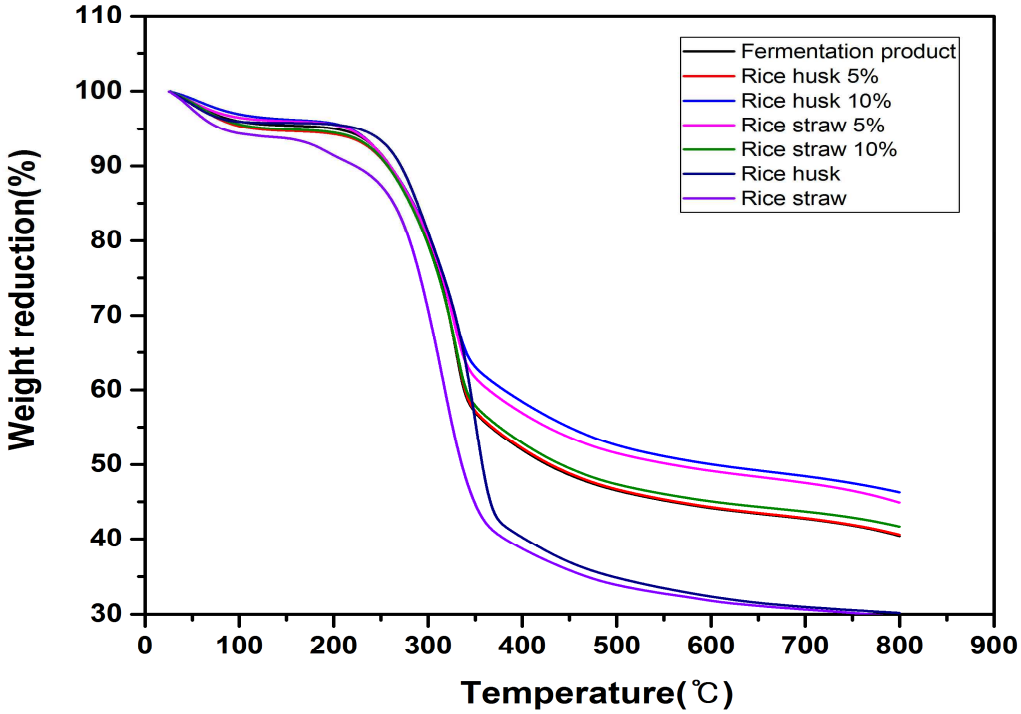
시료 (펠렛 함수율 25%)	밀도(kg/m^3)
왕겨 혼합비율 5%	603
왕겨 혼합비율 10%	611
왕겨 혼합비율 15%	611
왕겨 혼합비율 20%	610
볏짚 혼합비율 5%	599
볏짚 혼합비율 10%	593

<표 51> 혼합 펠렛 성형 후 함수율 변화

시료 (펠렛 함수율 25%)	성형 후 함수율(%)	감소량(%)
왕겨 혼합비율 5%	21.9	3.1
왕겨 혼합비율 10%	21.6	3.4
왕겨 혼합비율 15%	22.0	3.0
왕겨 혼합비율 20%	22.4	2.6



<그림 191> 혼합 펠렛 성형에서 농산부산물 혼합 비율에 따른 TGA 분석(왕겨)



<그림 192> 혼합 펠렛 성형에서 농산부산물 혼합 비율에 따른 TGA 분석(왕겨, 볏짚)

<표 52> 혼합 펠렛 성형에서 농산부산물 혼합 비율에 따른 고위발열량

시료	고위 발열량 (kcal/kg)
왕겨 혼합비율 5%	평균 3,870
왕겨 혼합비율 10%	
왕겨 혼합비율 15%	
왕겨 혼합비율 20%	
볏짚 혼합비율 5%	
볏짚 혼합비율 10%	
발효물(함수율 49%)	3,685

2. 음식물쓰레기 분해부산물 이동형 펠렛성형연료 생산시스템 개발

가. 성형연료 생산능력 100～200kg/h의 펠렛 성형기 설계

○ 음식물 펠렛성형의 생산능력을 향상하기 위해 펠렛 규격인 직경 6mm와, 8mm중 생산량 능력이 좋은 8mm로 규격을 선정하였음. 6mm 경우 생산량 증가를 위해서는 성형기 동력자체가 8mm보다 더욱 커져야 되며, 부하율이 높으므로, 생산성 및 효율을 높이고자 8mm선정하여 설계 제작함.

○ 음식물 펠렛제조 다이는 플렛형 다이를 적용하였으며, 상부에 롤러가 회전하며, 하부에 펠렛제조 다이가 고정되어 있는 형태 적용.

○ <그림 193-1>은 설계 제작된, 플렛형 펠렛 성형기이며, 동력에는 30HP(22kW)급 모터를 적용(고효율 92.4%, 전폐형, 380V 3상)하였으며, 롤러회전방식으로 구동방식을 변경하여 펠렛제조기 설계 · 제작. <표 53>은 성형기에 적용한 동력의 규격.

<그림 193-1> 설계 · 제작된 롤러회전방식의 펠렛성형기

<표 53> 성형기에 적용한 동력의 규격

용량	22Kw(30Hp)	극수	4P
전원	380V - 3상	프레임	180M
회전수	1750rpm	전류	45A
효율	92.4%	베어링	6209zz / 6311zz

○ 통상적으로 펠렛 성형의 기준으로 보았을 때 사료 펠렛 기준으로 Max 200kg/h이상일 때, 성형동력을 20마력을 사용하며, 음식물쓰레기 분해부산물 경우, 원료의 종류가 다양하고, 생산성 증대를 위해 소요 동력의 50% 높인 30마력을 선정하여, 음식물쓰레기 원료의 경우 평강BIM과 울트라 사료 업체에서 받아 시운전 실시.

○ 시운전 시 펠렛 생산성은 원재료(음식물 분해산물)의 함수율에 따라서 성형상태와, 생산량 차이가 많이 생겼으며, 함수율 10% 이하의 경우, 성형기 모터 부하율이 올라가며, 펠렛성형 상태가 갈라짐이 발생하고, 생산량도 현격하게 줄어들며, 심지어 펠렛 다이가 막혀 성형자체가 되지 않는 현상도 나타남, 함수율 10～20% 사이에서는 펠렛성형 상태도 양호 하며, 생산량도 증가됨.

○ 함수율 30%이상에서는 원료가 반죽형태로 성형이 되지 않고, 펠렛다이와, 롤러가 회전하면서 마찰열 및 다이의 열에 의해 증기가 발생함. 일부 성형된 펠렛의 내구도가 많이 떨어짐.

○ 함수율에 따른 펠렛 생산량은 아래 <표 54>과 같이 나타남.

<표 54> 함수율에 따른 펠렛 생산량

함수율	펠렛생산량 (10분)	단위 환산 (1시간)	비고
8% 함수율 (10%이하)	19.6kg	117.6kg/h	펠렛다이 막힘 현상 발생
14% 함수율	47.6kg	285.6kg/h	-
18% 함수율	51.2kg	307.2kg/h	-
32% 함수율(30%이상)	25.6kg	153.6kg/h	증기발생, 생산량 떨어짐.

○ 함수율에 따라 생산량이 최대 약 300kg/h 가까이 생산이 되었으며, 이를 성형기 구동동력 증가와, 성형 시 원료가 고운입자로 시험한 결과.

○ 함수율은 음식물 원료를 파쇄기를 거쳐, 고운 입자로 만든 후, 물을 분무하여, 혼합한 후 함수율 측정기를 확인한 값이며, 함수율에 따라 생산량이 달라지므로, 펠렛 생산에 있어서 함수율이 아주 요인임을 알 수 있었음.

○ 실제 음식물쓰레기 원료의 경우, 입자가 거친 원료가 나올 수 있으므로, 이를 감안해도 목표인 시간당 100～200kg/h의 생산량은 충분할 것으로 판단됨.

나. 펠렛 성형원료 직경 6～8mm, 길이 20～40mm, 고밀도(580kg/㎥), 내구도 95%, 열량 3500 kcal/kg 이상 목표화

○ 평강BIM과 울트라 사료에서 받은 원료를 분쇄후 함수율 18%의 원료로 생산한 펠렛을 한국임업시험진흥원에 의뢰하여, 펠렛 규격에 대한 성적서를 발급 받았으며, 1차 성적서는 <그림 193-2(a)>와 같으며, 원료 성형 목표를 만족하는 결과에서 내구도에서 95%를 미달하였음.

○ 2차 시운전후 함수율을 14%로 맞추어 성형 후 급냉 공정을 추가 하여, 2차 성적을 의뢰하여, 목표인 직경, 길이, 고밀도, 내구도, 열량 모두 만족할 수 있는 결과를 얻을 수 있었음.

발급번호 제 [illegible]호

임 업 시 험 성 적 서

Kofpi

① 의뢰인	상 명	(주)[illegible] 김규원	사업자등록번호 515-81-39758
	주소 및 상호	경북 경산시 남산면 송내공단길 95	
② 성적내용	대상물품명 또는 조사사항	목재펠렛 시험(신청내용 : 생략)	
	수량 또는 조사면적		
	생산지(제조지) 또는 조사지역		
	내 용	함수율, 내구성, 겉보기밀도, 고위발열량, 저위발열량, 탄, 질소, 황소, 수소, 산소, 탄소	
	방 법	한국임업진흥원 목재펠렛 표준시험법에 의함.	

③ 성 적 담당자 : 김병훈 책임자 : 방병순

함수율 (%)	내구성 (%)	겉보기밀도 (kg/m³)	고위발열량 (kcal/kg)	저위발열량 (kcal/kg)
5.8	87.9	710	4,209	3,638

탄 (%)	질소 (%)	황소 (%)	수소 (%)	산소 (%)	탄소 (%)
0.29	0.7	3.8	4.97	33.53	42.04

본 성적서는 의뢰인이 제출한 시료에 대한 시험결과로서 전체 제품의 품질을 보증하지 않으며, 발급기관의 서면 동의 없이 홍보, 선전, 광고 및 소송 등의 증도에는 사용할 수 없습니다.

「임업 및 산촌 진흥촉진에 관한 법률」 제29조제3 제4항, 「한국임업진흥원 임업시험 위탁처리에 관한 규정」 제3조의 규정에 의거하여 2016년 7월 26일자로 제출한 대상물품(접수번호 : 2016-2939)에 대한 임업시험 성적을 위와 같이 통지합니다.

2016년 8월 22일

한국임업진흥원장

(a)

발급번호 제 [illegible]호

임 업 시 험 성 적 서

Kofpi

① 의뢰인	상 명	(주)[illegible] 김규원	사업자등록번호 515-81-39758
	주소 및 상호	경북 경산시 남산면 송내공단길 95	
② 성적내용	대상물품명 또는 조사사항	목재펠렛 시험(신청내용 : 생략)	
	수량 또는 조사면적		
	생산지(제조지) 또는 조사지역		
	내 용	함수율, 내구성, 겉보기밀도, 고위발열량, 저위발열량	
	방 법	한국임업진흥원 목재펠렛 표준시험법에 의함.	

③ 성 적 담당자 : 김병훈 책임자 : 방병순

함수율 (%)	내구성 (%)	겉보기밀도 (kg/m³)	고위발열량 (kcal/kg)	저위발열량 (kcal/kg)
6.2	95.2	738	4,182	3,612

본 성적서는 의뢰인이 제출한 시료에 대한 시험결과로서 전체 제품의 품질을 보증하지 않으며, 발급기관의 서면 동의 없이 홍보, 선전, 광고 및 소송 등의 증도에는 사용할 수 없습니다.

「임업 및 산촌 진흥촉진에 관한 법률」 제29조제3 제4항, 「한국임업진흥원 임업시험 위탁처리에 관한 규정」 제3조의 규정에 의거하여 2016년 12월 1일자로 제출한 대상물품(접수번호 : 2016-2963)에 대한 임업시험 성적을 위와 같이 통지합니다.

2016년 12월 19일

한국임업진흥원장

(b)

<그림 193-2> 설계 · 제작된 롤러회전방식의 펠렛성형기

○ <그림 193-2(a)>는 1차 성형샘플에서는 성형 후 자연건조를 오래 동안 시켰으며, <그림 193-2(b)>는 2차 성형에서는 펠렛 생산 후 송풍기를 이용하여 급냉을 시킨 후 자연건조 후 성분 분석을 하여, 원하는 값을 얻었으며, 제작 후 펠렛의 온도가 약 60～80 ℃정도 이므로 이를 급냉 하는 공정이 추가 되어야 함과, 목표했던 값도 모두 만족할 수 있는 결과를 얻었음.

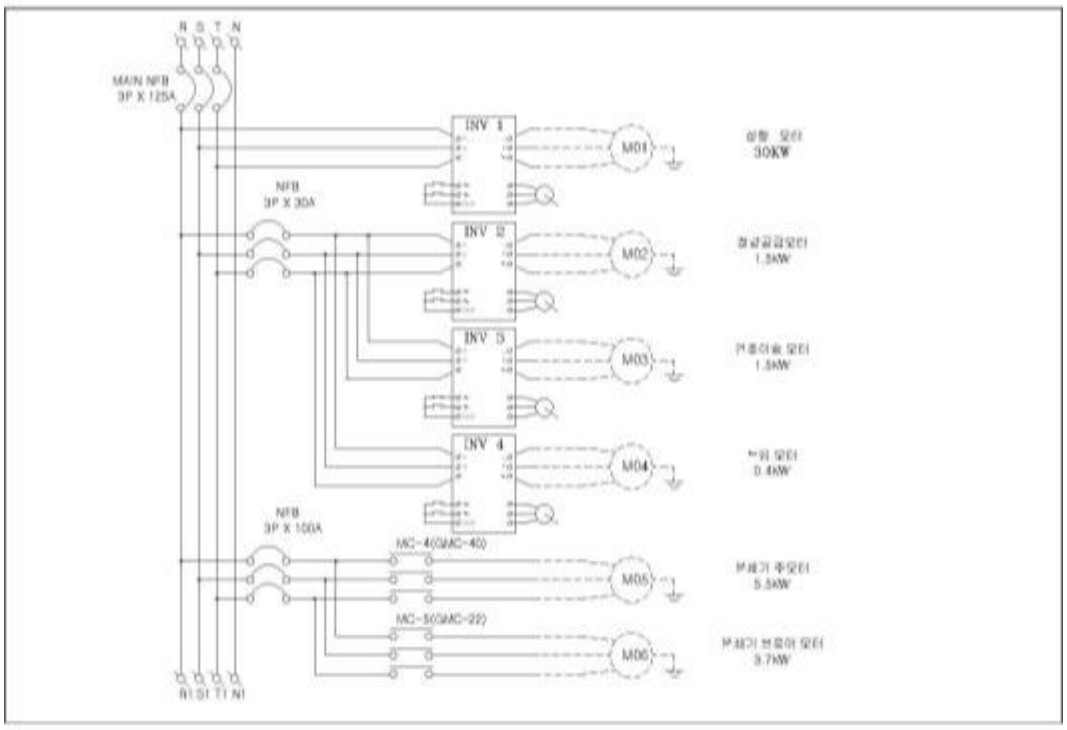
다. 조작 및 제어가 가능한 판넬 부착 및 원료 정량 공급장치가 부착된, 성형기 개발

○ 이동형 음식물 펠렛 성형 시스템의 조작 및 제어는 PLC(Programmable Logic Controller) 제어기반의 컨트롤 시스템을 구축하였으며, 전자동 및 각 파트별 수동 운전이 가능하며, 인버터를 적용하여, 각 구동부 보호 및 이송 및 원료량 제어 외 미세조정도 가능하도록 설계.

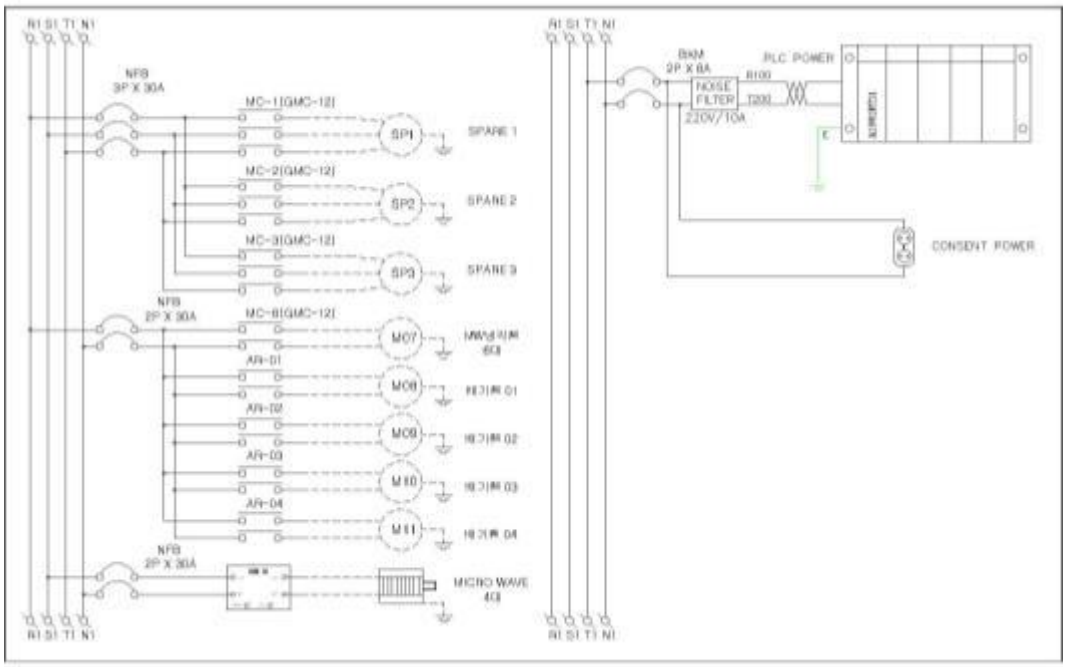
○ 또한 각 제어부별 가동상황 모니터링을 위해 컨트롤박스에 외부 디스플레이가 가능하도록 하였으며, 펠렛 제조 시 측정되는 각 제어부별 온도 및 속도 등의 데이터 수집이 가능하도록 출력신호를 외부 데이터 로거로 전송할 수 있도록 설계 · 제작.

○ <그림 194>는 조작 및 제어가 가능한 메인 컨트롤러의 제작 사진.

<그림 194> 메인컨트롤러 외부/내부사진



(a) 성형부 및 원료 이송부 컨트롤 회로도



(b) 건조부 컨트롤 회로도

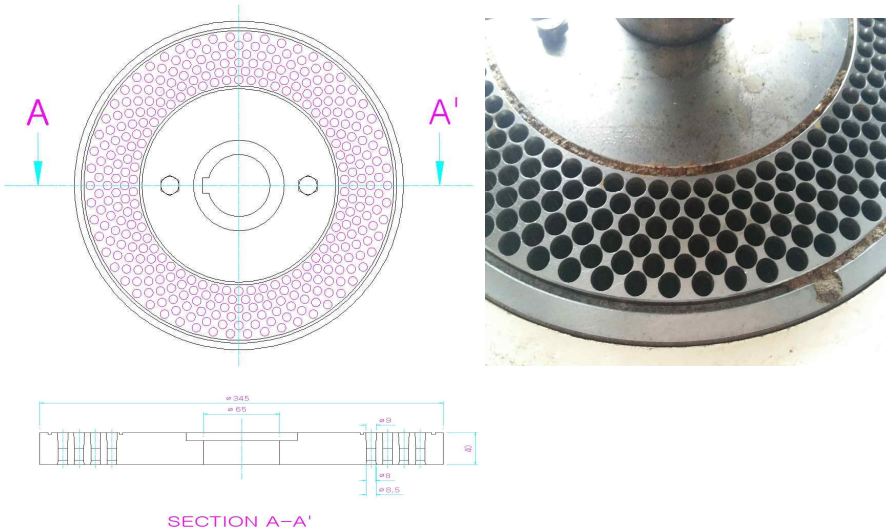
<그림 194> 메인컨트롤러 외부/내부사진

라. 음식물쓰레기 펠렛 성형조건 최적화를 통한 성형 기술 개발

1) 성형다이 설계 및 성형기 최적 설계

○ 설계.제작된 펠렛제조 다이는 <그림 195>과 같으며, 홀의 배열 및 개수, 다이의 두께, 성형부의 길이, 투입구의 각도에 따른 소요 동력을 파악하기 위하여, 345mm, 두께 40mm의 원형 배열 조건의 플랫다이 제작.

○ 성형의 직경 6mm와 8mm중 성형기의 구동력 및 생산 능력 향상을 위해 플랫다이 직경을 8mm와 홀이 6열로 배치된 플랫다이를 설계 제작.



< 그림 195> 설계 및 제작된 원형타입 플랫다이

○ 펠렛 생산능력 100~200kg/h의 펠렛 성형기에서도 언급했듯이 개발된 성형기의 동력에는 30HP(22kW)급 모터를 적용(고효율 92.4%, 전폐형, 380V 3상)하였으며, 성형기의 모터는 수평형을 적용하여, 스크로킷 체인 방식으로 구동하도록 설계.

○ 모터의 구동방법은 수직형과 수평형 중에서 고운 입자의 경우에는 수평형의 많이 적용하지만, 음식물쓰레기 펠렛의 경우 실제 기름기와 찌꺼기가 함께 있을 수 있으므로, 펠렛 생산시 충격이 발생하는 원료는 수평형 보다는 수직형으로 제작하여 체인방식으로 구동력전달을 하며, 체인에서 충격을 흡수 하면서 작업하는 것이 유리한 것으로 판단하여 제작하였으며, <그림 101>과 같이 구동 방식 선정.

<그림 196> 펠렛성형기 체인 구동방식

○ 펠렛다이의 재질은 원료성분(음식물쓰레기)에 염분 등이 함유되어 있으므로, 내염성과, 내식성이 강한 SUS4202(스텐계열 특수강)과, SKD11종으로 내마모성과, 강도에 있어서 가장 유리한 것으로 판단되어, 다이는 SKD11종으로 제작하여, 특수 열처리하여, 설계 제작.

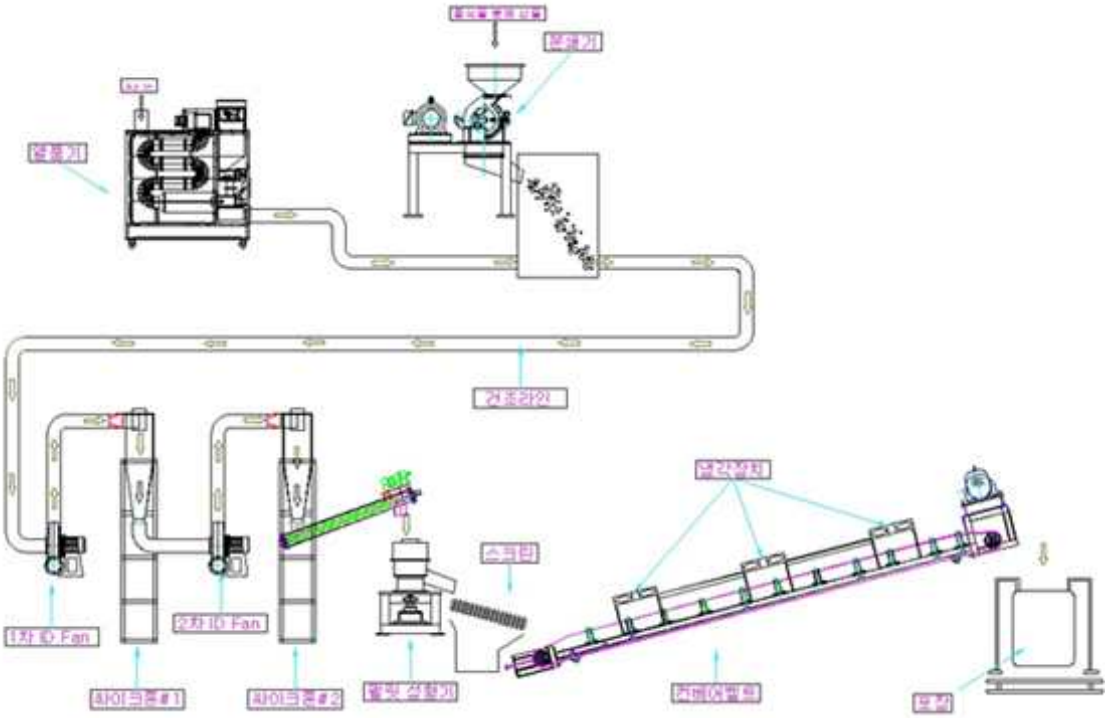
2) 원료 정량 / 자동 공급장치의 설계 및 제작

○ 원료 정량 및 자동공급 장치의 설계 및 제작과 관련한 부분과. 아래 2-3)에서 생산성에 따라 원료 이송 속도 도절 및 건조시간조정과 연관이 있으므로, 상세한 내용은 2-3)항목에서 상세히 서술되어 있음.

3) 투입원료의 함수율, 생산성에 따라 원료이송속도 조절 및 건조시간 조정이 가능하도록 메인 컨트롤 박스에서 제어

○ 펠렛의 제조에 있어서 생산량에 따른 원료의 정량공급 장치를 위한 투입량 조절에 대한 이론적 설계함. 스크류 및 컨베이어 시스템을 적용하여 일정량의 원료가 성형기에 지속적으로 공급되도록 정량공급시스템 설계 · 제작 하였으며, 투입원료의 함수율, 생산량에 따라 원료 이송속도 조절 및 건조시간 조정이 가능하도록 메인 콘트롤러에서 제어되도록 설계 · 제작.

○ 전체적인 이송 및 제어 시스템도는 <그림 197>와 같으며, 이송량 제어를 위해 컨베어, 송풍기, 스크류 등 이송 관련된 기기설비의 경우 모두 인버터적용을 하였으며, 메인 컨트롤러의 PLC 프로그램에서 자동제어 / 각각 수동제어 할수 있도록 설계 하였으며, 자동제어 시에도 프로그램의 셋팅값을 변경하여, 원료에 대한 조건을 가변 할 수 있도록 설계, 제작.



< 그림 197> 전체 이송 시스템도

○ 분쇄기에서 투입된 원료(=음식물분해산물)이 투입되어지고, 분쇄된 원료는 고압용 이송 브로우를 통해 건조라인으로 이송 후 싸이클론#1을 지나면서, 원료의 가루는 아래로 포집되어 짐. 분쇄기에서 분쇄된 원료는 1차 ID Fan이 고압으로 흡입을 하며, 파쇄기 전단의 열풍기에 발생하는 고온의 건조 공기와 원료를 같이 흡입하여, 싸이클론에 포집이 되기 전까지 건조과정을 거치게 됨.

○ 이건조 과정에서 원료의 함수율이 항상 일정하지 않으며, 펠렛 성형에서 가장 중요한 부분의 함수율을 제어하여, 생산성 향상과, 펠렛 성형 품질을 끌어 올릴 수 있으며, 열풍기의 출력을 가변제어가 될 수 있도록 설계하여, 시스템 성능을 향상 할수 있는 구조라 할 수 있음.

○ 2차 집진기를 거쳐 펠렛 성형기에 원료를 투입하는 스크류 컨베이어(screw conveyor)는 나사 반송기, 또는 오우거(auger)라고도 하며 수평, 경사, 수직으로 반송할 수 있는 구조가 간단하고 신뢰성이 높은 반송기임. 이러한 스크류 컨베이어의 반송량은 반송 재료의 축 방향의 속도 V_z가 깃의 위치에 따라 다르므로 반송량은 다음 식 3과 같음.

$$Q = \gamma K_t \psi_t \int_R^r V_z 2\pi\rho d\rho \qquad \text{(식 3)}$$

여기에서, Q = 스크류 컨베이어의 방송량, N/S, R = 스크류 컨베이어 깃의 바깥 반지름, m, r = 스크류 컨베이어 깃의 내측 반지름, m, ψ_t = 컨베이어 충만 계수, 탈곡물을 반송할 때는 0.3～0.4, K_t = 컨베이어가 경사되게 설치된 때의 반송량 저하 계수, γ = 반송 재료의 밀도(용적 중량), N/m^2, ρ = 깃 위 임의의 점의 반지름, m

V_z는 나사각 α, 따라서 ρ의 함수이므로, $V_z = f(\rho)$의 관계를 위의 식에 대입하여 적분하면 반송량을 얻을 수 있음. 이 반송량을 근사적으로 나타내면 다음과 같음.

$$Q = \gamma K_t \psi_t \pi (R^2 - r^2) \frac{Sn}{60} \qquad \text{(식 4)}$$

여기에서, Q = 스크류 컨베이어의 단위 시간당 반송량, N/S, S = 스크류 깃의 피치, m., n = 스크류의 회전 속도, rpm

○ 원료의 이송방식의 열풍 건조기를 거쳐 싸이크론으로 낙하하여 투입되며, 스크류 컨베이어 내에서 스크류에 의해 이송 및 교반이 되며 균일한 건조가 이루어지며 건조구간을 이송될 수 있도록 하였으며, 건조구간을 거친 원료는 펠렛 제조기로 투입되어 펠렛으로 생산됨.

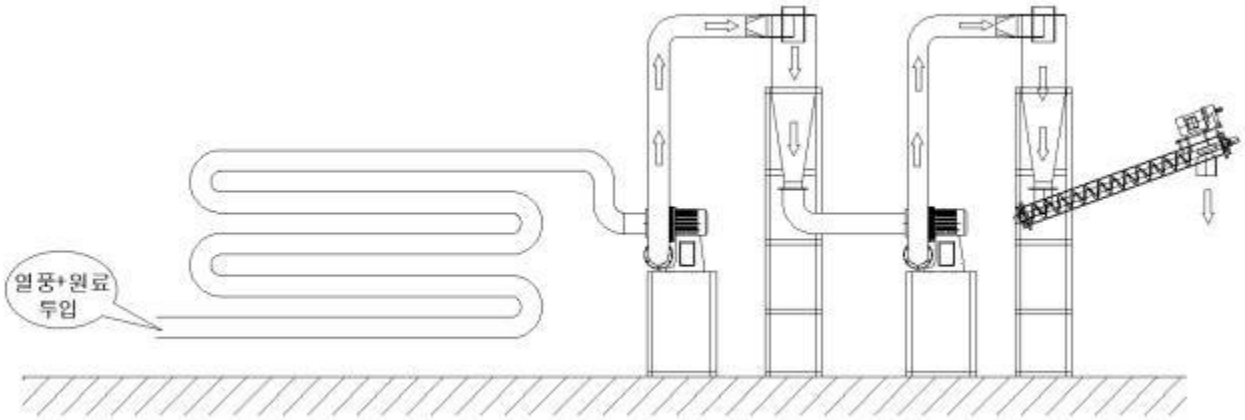
○ 설계 · 제작된 정량공급 장치의 기본제원은 다음 <표 55>와 같음.

<표 55> 설계 제작된 정량 공급장치의 기본 제원

위치	R(m)	r(m)	S(m)
원료 호퍼	0.129	0.049	0.07
건조기	0.29	0.09	0.1
원료 이송기(20°)	0.14	0.06	0.15

○ 최종 생산된 펠렛의 함수율은 약 8~15%이며, 펠렛 생산 후 자연건조 시간에 따라 약 5～10% 미만의 상태를 유지 하며, 실제 투입되는 원료는 이보다 높은 함수율의 원료를 투입하게 됨. 이때 자연 건조된 원료(음식물쓰레기분해산물) 의 함수율은 대략 30～40%정도 이므로, 함수율 30% 정도 이하의 원료를 투입하여 건조과정을 거처 10～20%의 함수율을 원료를 투입하는 것이 펠렛 생산의 최적한 함수율인 것을 알 수 있음.

○ 건조장치는 고장이 적고 건조가 쉬운 관로이송방식의 열풍건조기를 설계 · 제작하였으며, 설계도는 <그림 198>와 같음.

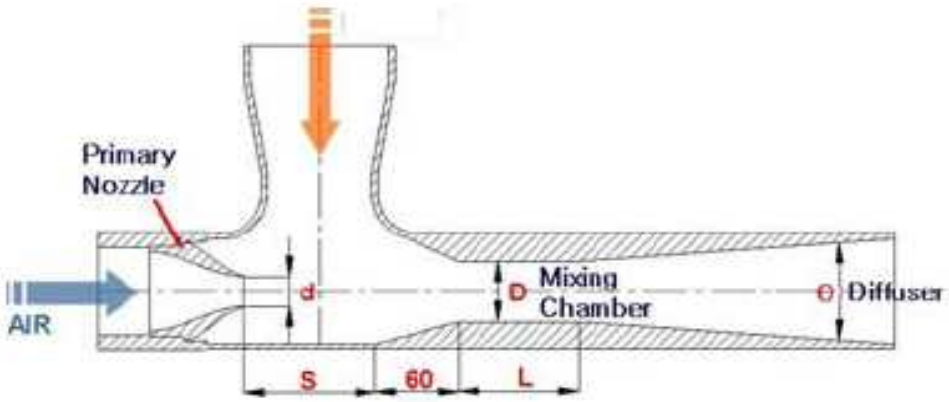


<그림 198> 관로이송방식의 열풍건조기 설계도

○ 참고로 에어블로우 관로이송방식의 열풍 건조라인에 분체이송을 위한 내부 전달장치로서 이젝터(ejector)를 적용하는 타입도 있으며 기본 개념도는 <그림 199>와 같음. 이젝터(ejector)는 노즐(nozzle)을 통하여 높은 유속으로 분사되는 유체의 속도에너지를 이용하여 챔버(chamber)내에 진공을 형성하여 저압의 유체를 흡입하는 일종의 펌프이며, 이것을 이용하여 가스, 액체, 분체 등을 흡입, 배출, 이송, 혼합하는데 사용.

○ 설비가 간단하고 구동부분이 없어 고장요소가 없고 유지. 보수가 용이한 것이 특징. 이젝터(ejector)의 효율과 관련된 주요변수로는 구동노즐과 혼합실의 면적비(R) 및 구동노즐 출구와 혼합실 입구 사이의 거리(S) 등이 있음.

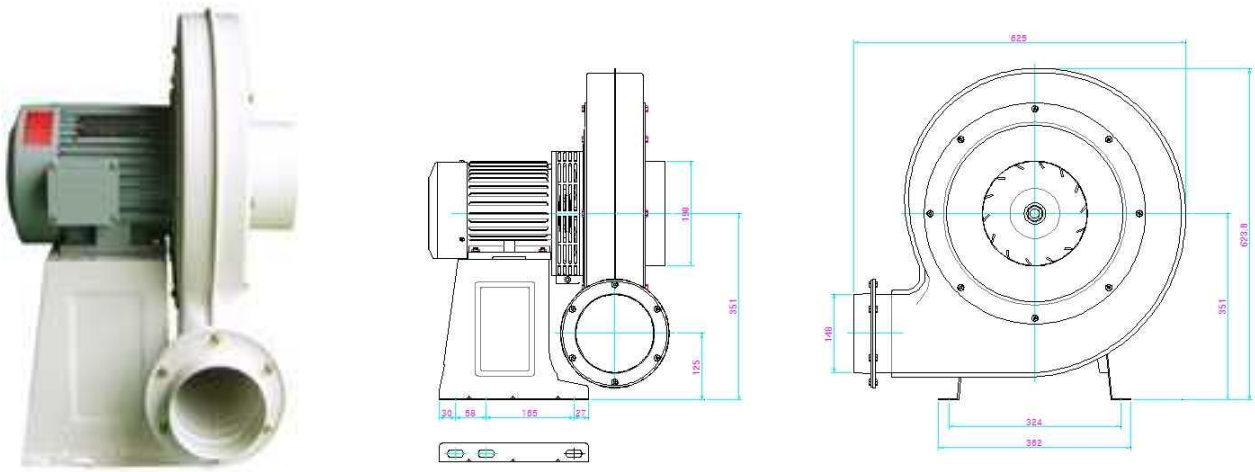
○ 이젝트 타입의 압입과 흡입의 공기 흐름에서 사용하며, 본 시스템 설계 부분에서는 흡입 방식만 적용하여 이젝트 적용 방식은 제외 함.



<그림 199> 이젝터(ejector) 기본 개념도

○ 분쇄기에서 5mm이하로 분쇄된 원료는 고압용 터보 브로워에 의해 싸이클론으로 이송되게 되며, 싸이클론에서 이송에 사용된 공기와 분리되어 싸이클론 하단에 연결된 스크류를 통해 정량을 공급되게 됨.

○ 분쇄기에서 건조라인으로의 이송송풍에 적용된 송풍기는 <그림 200>과 같으며 제원은 <표 56>,<표 57>과 같음.



<그림 200> 이송송풍에 적용된 송풍기

<표 56> 1차 흡입 송풍기의 제원

모델명	모터	소비전력	회전수	정격압력	최대 송풍량
DTB 050	3.7kW	4.2kW	3,450rpm	380 mmAq	67 ㎥/min

<표 57> 2차 흡입 송풍기의 제원

모델명	모터	소비전력	회전수	정격압력	최대 송풍량
TBS-3735T	2.2kw	2.8kw	3450rpm	320 mmAq	52 ㎥/min

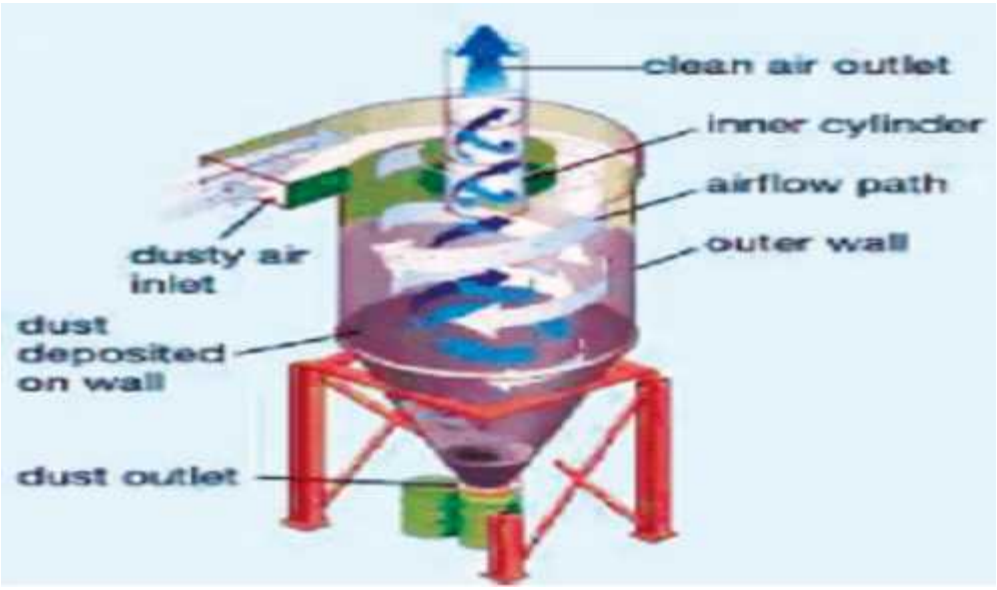
○ 건조를 위한 열원으로는 친환경 연료인 목질펠렛을 사용하는 <그림 201>과 같은 목질펠렛 열풍기 적용. 적용된 목질펠렛 열풍기는 횡형 버너가 장착되어 있으며, 내부에는 세라믹 열교환 덕트가 연결되어있어 버너의 직접열이 아닌 간접열을 열풍건조기에 공급하도록 설계. 또한 충분한 열교환이 이루어지도록 내부에 격벽을 설치하여 열의 체류시간이 길어지도록 하였으며, 공급 열의 온도는 연료의 공급시간에 따라 조절 가능하도록 설계 · 제작.

○ 음식물 분해산물의 함수율에 따라 적용된 목재펠렛 열풍기 경우 출력을 가변 할 수 있는 제어 시스템을 가진 모델을 설계, 적용.

<그림 201> 목질펠렛 열풍기

○ 관로이송방식 건조장치를 거쳐 건조되어 이송된 원료는 최종적으로 집진기를 통해 이송에 사용된 공기와 분리되어 최종 스크류를 통해 펠렛 제조기로 정량 공급되게 됨. 이때 적용되는 집진기는 대표적인 원심력 집진기로서 비교적 입자가 크고 무거운 입자에 벽면을 따라 선회력을 주어 입자에 작용하는 원심력에 의하여 입자를 배가스로부터 분리하여 침강 포집하는 장치.

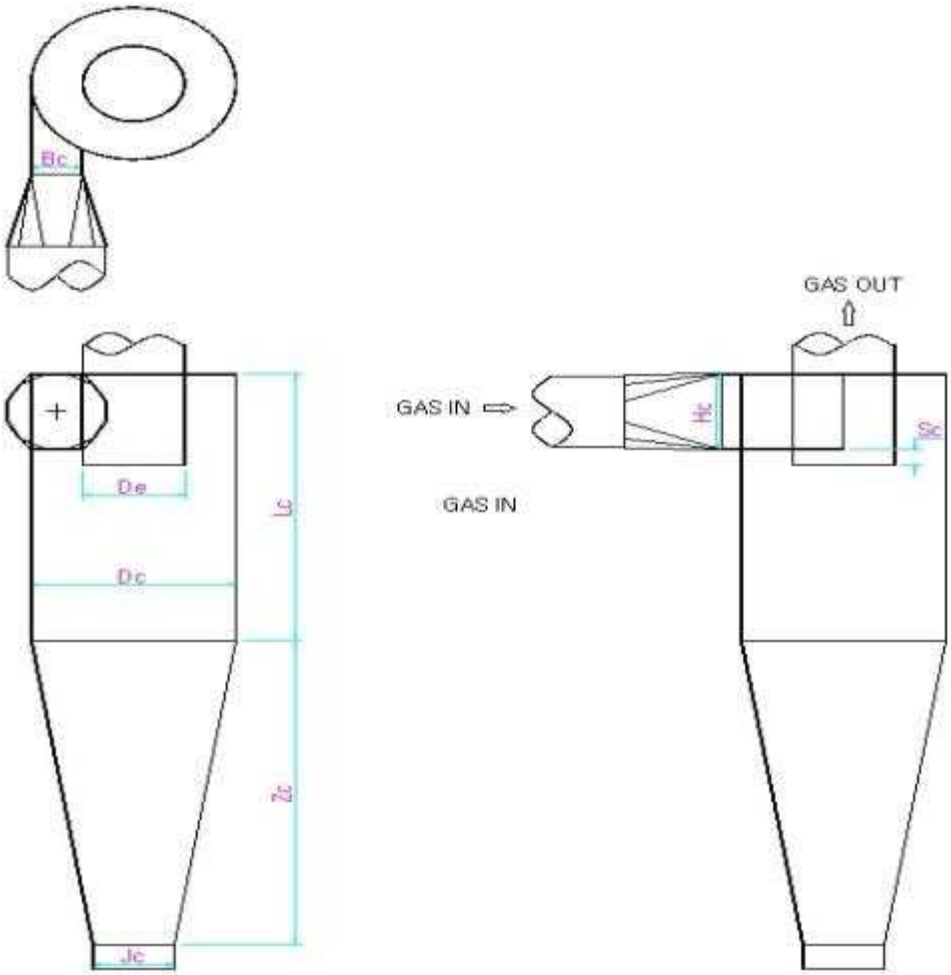
○ <그림 202>에서와 같이 원심력집진기 장치의 입구로 유입된 기체는 원추형 원통 내부를 나선형으로 회전하면서 기체에 함유된 입자는 원심력에 의해 원통내부 벽면 또는 원추형 원통내벽에서 기체와 분리되어 벽면을 타고 아래방향으로 흘러내림. 원추형 원통 중앙부분은 음압(negative pressure)으로 유지되기 때문에 입자와 분리된 기체는 장치의 상부로 상승하여 배출됨.



<그림 202> 원심력 집진기 원리

○ 싸이클론의 형식은 접선 유입식과 축류식으로 구분하는데 본 이송시스템에서는 접선유입방식의 싸이클론 적용. 또한 처리 가스량이 많고 높은 집진 효율을 필요로 하는 경우에는 소구경의 단위 싸이클론을 병렬로 연결해서 사용하게 되는데 이와 같은 형식을 멀티 싸이클론이라고 하며, 원료의 이송량이 많은 본 이송시스템에 적용.

○ 싸이클론의 성능은 압력손실, 집진효율 등으로 평가되며 이들 압력손실과 효율은 싸이클론의 치수 등에 큰 영향을 받음. <그림 203>은 이와 같이 성능에 영향을 미치는 싸이클론 각부의 치수를 나타냈으며, <표 58>은 치수비를 몸통직경(Dc)을 기준으로 각 주요 치수를 치수비를 나타냄.



<그림 203> 싸이클론의 표준크기

Dc = 몸통직경, Be = Dc/4, De = Dc/2, Hc = Dc/2, Lc = 2Dc, Sc = Dc/8, Zc = 2Dc, Jc = Dc/4

<표 58> 사이클론 각 부의 치수비

기호	명칭	일반		고효율		고용량	
		lapple	swifit	stairmand	swifit	stairmand	swifit
Be	유입구 폭	0.25	0.25	0.2	0.21	0.375	0.35
Hc	유입구 높이	0.5	0.5	0.5	0.44	0.75	0.8
Dc	싸이클론 직경	1	1	1	1	1	1
De	가스출구직경	0.5	0.5	0.5	0.4	0.75	0.75
Sc+Hc	선회류 출구길이	0.625	0.6	0.5	0.5	0.875	0.85
Lc	원통길이	2	1.75	1.5	1.4	1.5	1.7
Zc	원추길이	2	2	2.5	2.5	2.5	2
Jc	분진출구직경	0.25	0.4	0.375	0.4	0.375	0.4

○ 본 시스템에 적용된 집진기의 설계는 우선 다음 식 5에 의하여 유입구의 폭을 산정하였으며, 선정된 유입구 폭을 <표 58>의 일반형태 사이클론 swifit의 비율에 대입하여 설계 · 제작. 유입구 단면적은 ϕ125인 관로의 단면적을 적용하였으며, 산출된 싸이클론의 제원은 다음 <표 59>와 같음.

$$B_e(m) = \sqrt{\frac{A}{2}} \qquad (식\ 5)$$

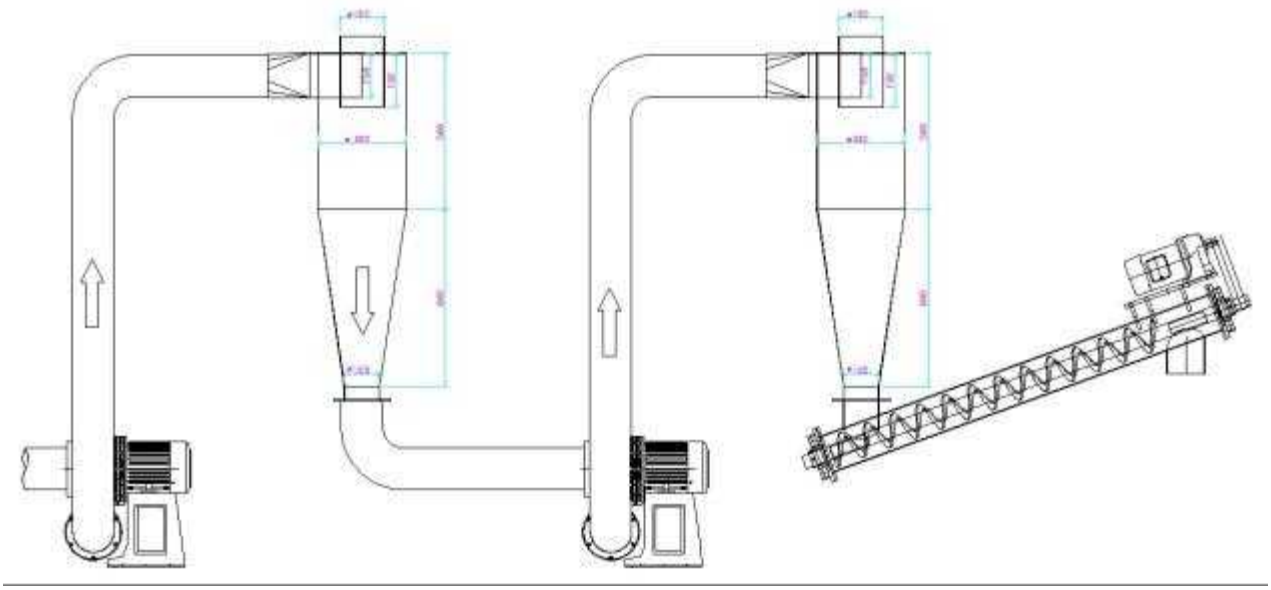
여기서, Be = 유입구 폭, A = 유입구 단면적(㎡)

<표 59> 설계된 싸이클론의 제원

인자	Be	Hc	Dc	De	Sc+Hc	Lc	Zc	Jc
제원(m)	0.08	0.16	0.32	0.16	0.192	0.56	0.64	0.128

○ 위의 제원들을 적용하여 설계된 싸이클론의 설계도는 <그림 204>와 같으며, 건조라인 끝부분에 위치하기 때문에 원활한 수증기의 배출을 위하여 2개의 싸이클론을 연결한 멀티 싸이클론 형식으로 배치.

○ 또한 1차 싸이클론을 통해 이송된 톱밥원료를 2차 싸이클론으로 원활하게 이송하기 위하여 건조이송에서 적용되었던 배풍기와 같은 종류인 배풍기를 장착하였으며, 2차 싸이클론으로 이송된 톱밥원료를 펠렛 제조기에 정량공급하기 위하여 2차 싸이클론의 배출구에 스크류 정량공급장치 부착.



<그림 204> 설계 · 제작된 싸이클론

마. 성형펠렛 원료공급 장치 최적화 기술개발

1) 펠렛의 길이, 직경에 따른 원료공급 특성 분석

○ 펠렛의 길이는 펠렛 성형 시 컷팅날의 높이에 따라 결정됨. 펠렛다이 아래쪽으로 펠렛이 성형된 다름 컷팅날과 간격을 30mm로 제작하였으며, 일부 30mm 이상의 펠렛이 성형이 될 때는 컷팅날에 의해 컷팅이 되며, 30mm 이하의 펠렛은 컷팅날을 거치지 않고, 그대로 펠렛으로 토출. 직경은 처음 설계한대로 8mm 펠렛을 생산 할 수 있도록 제작 되었으며, 연료공급 특성은 앞서 언급했듯이 함수율에 따라 펠렛의 밀도, 내구성 등이 달라짐.

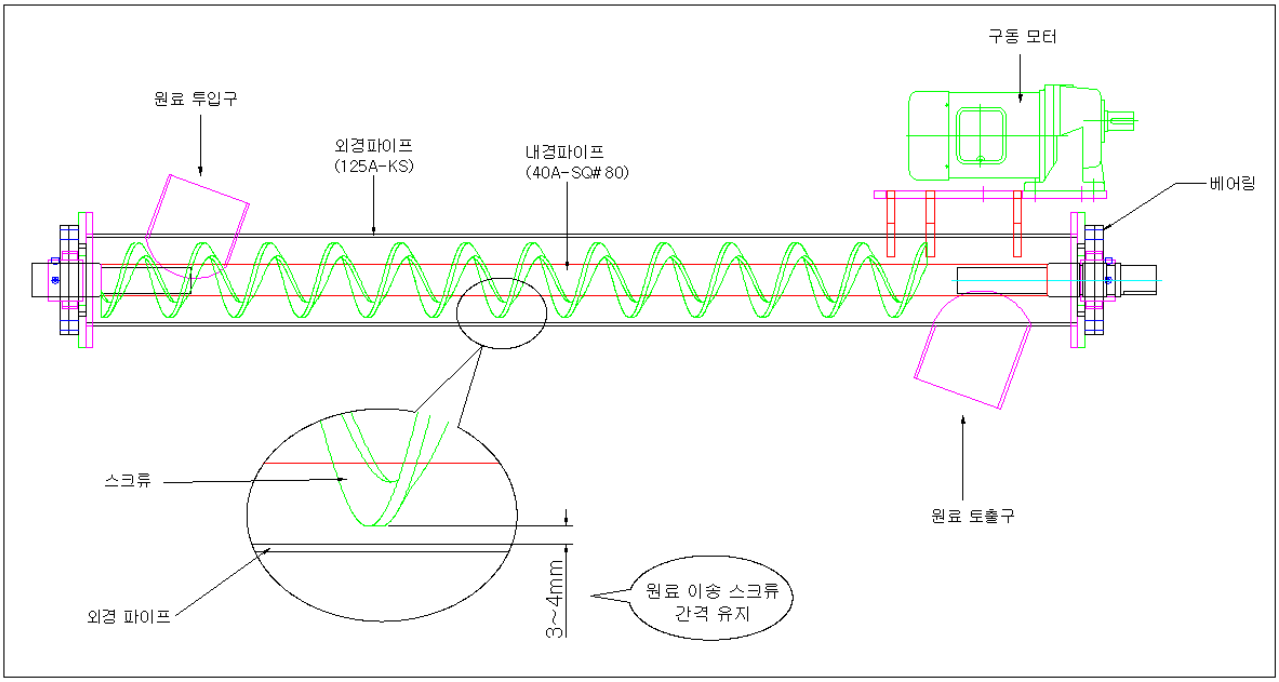
○ 원료 공급의 경우 함수율에 펠렛 성형량이 달라지므로, 함수율에 따라 원료 공급량을 인버터에 의해 제어함으로써 원활한 펠렛 생산으로 할 수 있음.

2) 스크류 및 컨베어의 시스템을 적용하여 정량 공급 시스템 설계·제작.

○ 스크류 및 컨베어 시스템, 브로우 공급방식의 적용하여 정량 공급을 방식의 채택하고, 이송과 관련된 제어는 모두 메인컨트롤러에서 인버터로 정량을 공급 할 수 있는 시스템을 설계 제작.

○ 스크류 이송의 경우 이송량을 메인컨트롤러에서도 제어를 하지만, 스크류 설계시 외경파이프와 스크류 사이 간격을 일정하게 유지 하여, 공급모터의 부하율도 줄이며, 스크류에 의해

끌어올리 원료가 다시 미끄러 내려 가지 않는 범위의 유지를 3~4mm로 설계 제작하였으며, <그림 205>과 같이 설계 제작.



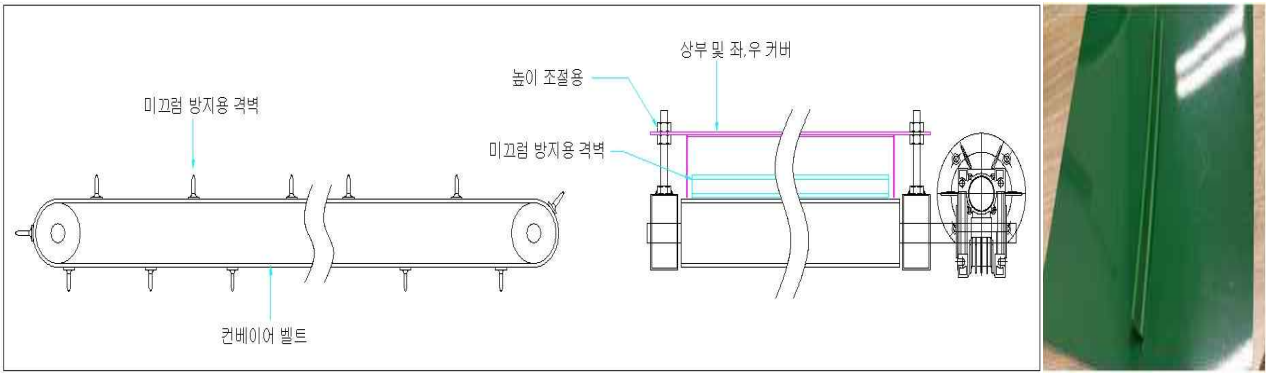
<그림 205> 스크류 이송장치의 설계 제작도

3) 경사 설치에 따른 스크류 및 컨베이어 공급장치 성능 최적화.

○ 원료 이송 시 건조와 이송을 동시에 하며, 건조장치는 고장이 적고 건조가 쉬운 관로이송방식을 채택하고, 성능최적화를 위해 효율성이 좋은 고압 이송용 송풍기 1차, 2차 적용.

○ 풍압과, 풍량을 별도로 제어할 수 있으므로, 원료 이송량과, 경사에 따른 부분을 최소화 할 수 있었으며, 최종 포장단계에서는 경사식 컨베어 벨트 적용.

○ 펠렛이 성형된 다음 펠렛을 경사면으로 이송함으로써 미끄러져 내림 방지를 위해 밸트와 밸트 사이에 격벽을 일정한 간격으로 설치하였으며, 측면으로 떨어지는 펠렛방지를 위해서 별도의 상부와, 양쪽 측면에 커버를 설치하여 스크류 이송 및 컨베이어 이송에서 경사 설치에 따른 최적화를 하였으며, <그림 206>은 컨베이어의 최적 설계 상세도임.



<그림 206> 경사면을 고려한 컨베이어

○ 상부 및 좌우측 커버를 설치하여, 측면으로 흘러내림을 방지 하며, 높이 조절용 너트를 이용하여, 좌우커버가 벨트에 닿지 않도록 미세 조정도 가능하도록 설계.

○ 위 컨베이어의 미끄럼방지 격벽 및 상부, 좌우 커버 까지 적용되어 <그림 207>와 같이 제작.

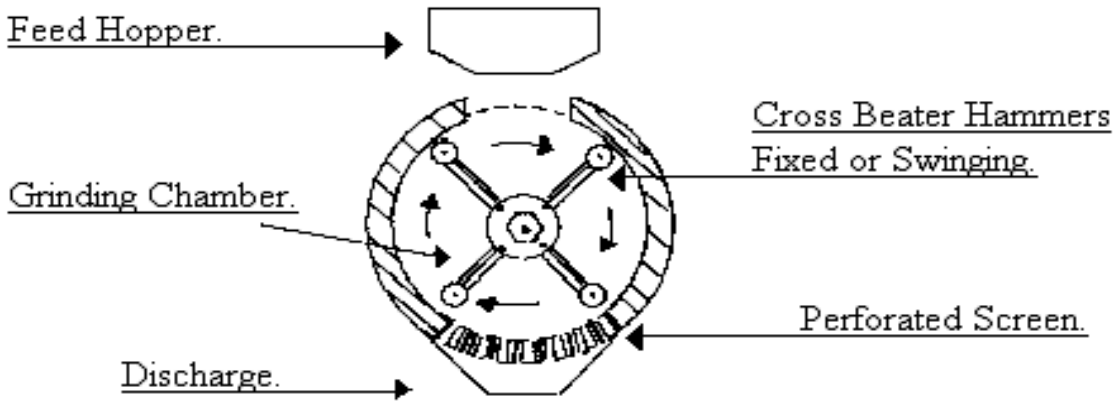
<그림 207> 제작완료된 컨베이어

바. 이동형 펠렛 성형 연료 생산 시스템 개발

1) 원료 분쇄, 건조, 정량 공급, 펠렛 제조, 냉각/포장이 컴팩트 하게 통합된 이동형 펠렛 연료 성형 시스템 설계 및 제작.

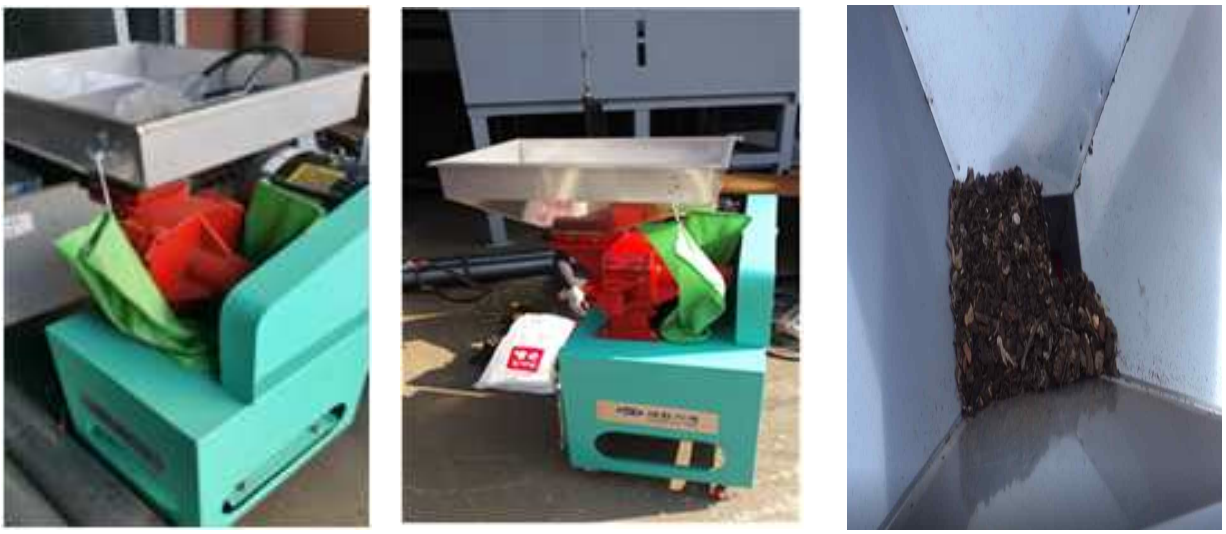
○ 분쇄기의 경우 음식물 성형 원재료를 펠렛 생산을 위한 원료로 사용하기 위해서는 분쇄과정을 통하여 5mm 이하의 가루로 생산해야 함. 약 5mm 이하의 가루로 분쇄시 성형과, 생산성이 증가되며, 5mm 이상의 원료에 대해서는 성형이 원활이 이루루지지 않으며, 성형기 내부의 펠렛 금형 내구성이 떨어짐.

○ 이동식 펠렛 생산시스템에서는 햄머를 장착한 회전자가 고속으로 회전하면 햄머와 외벽사이의 전단력에 의하여 유입하는 음식물을 분쇄하는 <그림 208>과 같은 원리의 햄머밀 형식의 분쇄기 적용.



<그림 208> 햄머밀의 원리

○ 설계 · 제작된 햄머밀 형식의 목재분쇄기는 시간당 300kg 이상의 분쇄 능력을 가지고 있으며, 펠렛을 생산하기에 적합한 원료의 크기인 5mm 이하의 가루를 생산하기 위해 파쇄기를 설계 · 제작 하였으며, 음식물 분해산물의 파쇄기는 <그림 209>와 같음.



<그림 209> 제작된 음식물 파쇄기

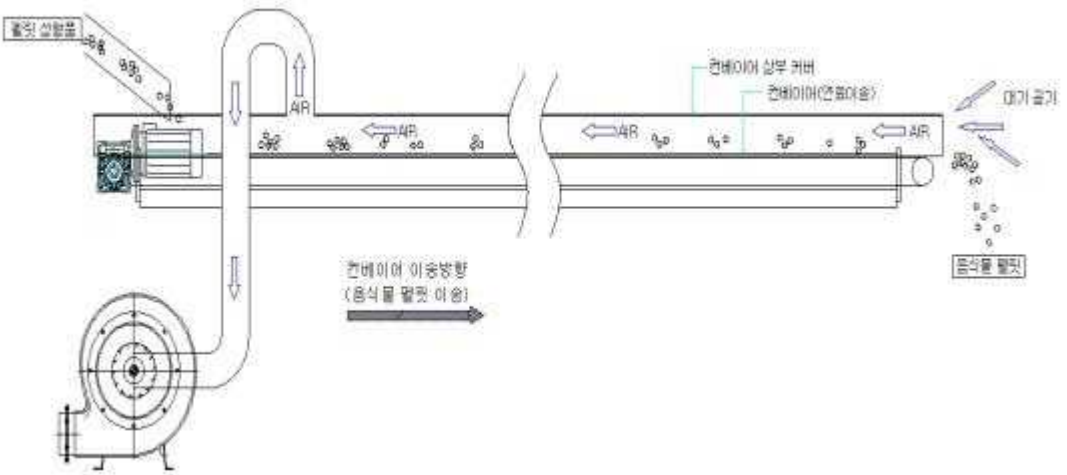
○ 제작된 음식물 분쇄기는 7.5Hh 으로 설계 제작 하였으며, 아래 <그림 210>의 경우 파쇄전 원료와 파쇄후 원료 사진임.

<그림 210> 파쇄 전 원료 / 파쇄 후 분말형태의 원료

○ 목재 펠렛 열풍기를 이용하여, 건조 및 브로워 방식의 이송을 적용하며, 펠렛 성형기에 대한 부분도 앞에 내용에서 상세히 설명하였음. 성형기를 거처 생산한 음식물분해산물의 펠렛은 생산된 직후의 펠렛은 건조기와 펠렛 생산다이의 성형구간을 지나 펠렛으로 성형 되면서 많은 열환경에 노출되어 약 60~80 ˚C의 온도에서 배출구로 나오게 됨. 이러한 고온의 펠렛은 바로 포장작업이 이루어지기 어렵기 때문에 별도의 냉각시스템이 존재하여야 함.

○ 바로 생산된 펠렛은 고온의 습기를 제거하고, 냉각을 시켜야 제품의 밀도가 유지되며, 장기간 보관에도 유리해 짐.

○ 이에 컨베이어 이송장치 벨트 윗면에 상부 커버를 장착하고, 펠렛 토출구에서 공기를 흡입하여, 냉각을 시켜주는 이송, 냉각장치를 조합하여 <그림 211>과 같이 설계하였음.



<그림 211> 이송, 냉각기의 설계도

○ 계량 및 포장과 관련해서는 분쇄, 건조, 냉각 등 공정을 통해 최종 생산된 음식물 펠렛은 운반 및 보관 시 용이성 확보 및 수분으로부터의 보호를 위해 농업용 톤백 마대나 20kg단위로 소포장하여 보관하여야 함.

○ 본 시스템에는 20kg단위로 소포장 할 수 있는 계량기 적용하였으며, 계량기는 다음 <그림 212>과 같은 전자식 지시저울을 장착하여 작업자가 수동으로 계량 가능하도록 하였음. 계량기의 제원은 <표 60>과 같음.

<그림 212> 전자식 지시저울

<표 60> 계량기의 제원

모델명	DBⅡ-RB
최대표시(kg)	60
1눈의값(g)	200
표시부	6자리(중량)
디스플레이 타입	LCD
사용전원	DC 12V 아답터 1250mA
사용온도범위	-10˚C ~ +40˚C
짐판크기(mm)	420(W) x 510(D)
제품크기(mm)	425(W) x 675(D) x 755(H)
제품무게(kg)	14.7

○ 1차년도 목표인 이동형 펠렛 성형 시스템을 적용하기 위해 제작된 이동식 음식물 펠렛 성형기는 국내 5톤 트럭 적재함에 탑재되도록(폭2300mm x 길이6100mm x 높이 3000mm) 설계 제작 하였으며, 공장 및 원료가 집적된 현장에서 음식물 펠렛이 제조 가능하도록 설계·제작.

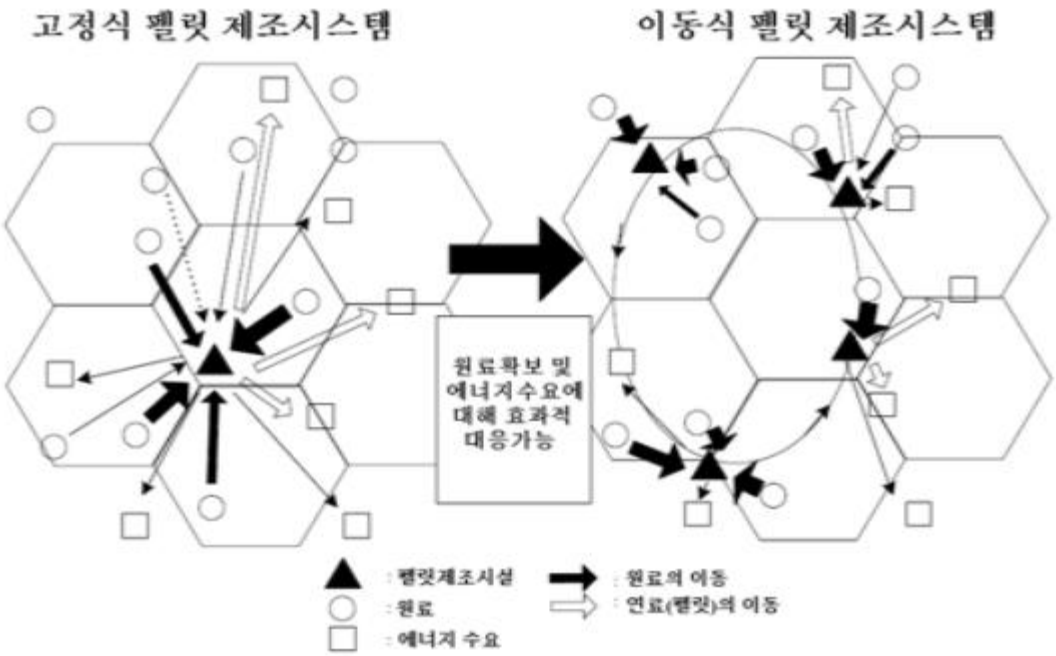
○ 펠렛 성형에서 가장 중요한 함수율 원료 투입량을 일정하게 유지 하며, 각각의 현장에 따라 음식물 분해산물의 종류, 함수율, 음식물쓰레기의 원재료가 각각 차이가 있으므로, 전체 시스템에서 건조의 출력 조정, 이송, 파쇄 등 각각을 인버터를 적용하여 제어할 수 있으므로, 원료의 차이에 대해 대응할 수 있는 시스템을 설계 제작.

○ <표 61>은 시스템의 각각 주요 부품들의 소모전력을 나타낸 표임.

<표 61> 성형기 주요 부품 소모전력표

section		소비전력(kW)	비고
건조 및 이송	열풍기	0.77	
	파쇄기	5.5	
	1차 건조 이송 송풍기	4.2	
	2차 건조 이송 송풍기	2.8	
	스크루 이송	1.5	
제작 냉각 및 이송	펠렛 성형기	22	
	이송 C/V	0.4	
	냉각용 송풍기	0.75	
포장		0.1	
총합계		38	

○ 이동형 펠렛 성형기 개발로 인해 원료 변화에 따른 각 주요 부품들의 값들을 가변하여 셋팅 할 수 있으며, 각 지역에서 수집된 원료가 있는 곳으로 이동하여, 펠렛 성형을 할 수 있으므로, 원료를 성형시스템이 있는 곳으로 운반할 하지 않아도 되며, 각각의 지역마다 별도의 펠렛 생산 시스템을 설치하지 않아도 되며, 이를 운용하고, 관리하는 비용역시 절감 시킬 수 있는 이점이 있음. <그림 213>은 이동형 펠렛 제조 시스템의 장점으로 그림으로 표기한 것임.



<그림 213> 이동형 펠렛 제조 시스템의 적용 원리 및 장점

2) 음식물분해산물 적용 성형 테스트 및 성능 보안

○ 펠렛 성형 테스트에서 함수율에 따라 성형 테스트를 여러차례 하였으며, 이는 음식물 분해산물은 평강BIM과 울트라 사료에서 받았으며, 추가로 다양한 음식물 분해산물을 적용하며 테스트하였으며, 각각의 함수율에 따라 연료 이송량 제어값을 표준화 하여야함.

○ 이는 다양한 원료에 따른 성형의 경험과 앞으로 함수율 및 연료상태에 따른 각각의 이송 및 성형상태의 제어 값들을 표준화 되어야 최상의 펠렛 품질을 유지 할 수 있을 것으로 판단됨.

○ 전체 시스템에서 좀 더 효율적이고, 컴팩트한 이동형 펠렛 제조 시스템 개발을 업그레이드 하귀 위해서는 전체 레이아웃의 개선이 이 필요할 것으로 생각됨.

○ <그림 214>는 이동형 펠렛 제조 시스템으로 생산한 음식물 펠렛 사진임.

<그림 214> 음식물 펠렛 생산품

3. 230kW(200,000kcal/h) 음식물쓰레기 펠릿보일러 요소기술 설계 및 시제품제작

가. 시험 진행할 음식물 펠릿과 목재펠릿 등 열량, 원소분석 결과

<표 62> 음식물 펠릿, 목재펠릿, PKS 등의 열량, 원소분석 결과

구분	음식물 펠릿	목재펠릿		PKS(말레이)	비고
		1급(캐나다)	2급(인도네시아)		
사진					
고위(kcal/kg)	4209	4,742	4,624	4,864	
저위(kcal/kg)	3638	4,247	4,026	4,073	
함수율(%)	5.8	4.3	6.3	9.1	
회분(%)	11.3	0.3	1.5	0.9	
탄소(%)	42.04	50.1	49.8	52.16	
산소(%)	33.53	42.9	42.3	42.48	
수소(%)	4.97	5.5	5.3	4.47	
황(%)	0.29	0.01	0.03	0.04	
질소(%)	3.8	-	-	-	
염소(%)	0.7	-	-	-	

○ 목재펠릿의 종류는 발열량, 회분에 의해 1~4급까지 구분되며, 회분의 양에 의해 대부분 결정되며, 회분의 함량이 0.7%이하가 1급, 0.8~1.5% 2급에 해당됨.

○ PKS는 팜쉘로서 바이오오일을 짜고 남은 부산물로서 주로 동남아지역에서 수입되는 값싼 연료로 목재펠릿에 비해 열량이 높으나 커링커가 많이 발생되는 특성이 있음 .

○ 음식물 분해산물 펠릿은 음식물 분해장치를 통해 나온 부산물을 모아서 만든 펠릿으로서 목재펠릿에 비해 회분량이 10%정도 많고 저위발열량이 350kcal/kg 낮으며, 염소성분과 질소성분이 목재 바이오매스에 비해 높은 특징이 있음.

나. 230kW 음식물 펠릿보일러 시스템 설계

구분		역할	제원
동체(열교환기)		○ 버너에서의 열원을 열교환하는 핵심 부품, 보일러 효율과 관계함	○ 재질 : 화실,외피등 stph 6.0, 6.0t 연관 spp 50A ○ 사이즈 : 1390*2840*1955 ○ 연소실실 체적: 1.18㎥ ○ 전열면적: 16.79㎡ ○ 관수용량: 1470ℓ ○ 열흐름 : 횡형 반전식 3pass 방식
버너 방식		○ 음식물펠릿 을 연소하는 핵심부품 ○ 자동점화, 이송장치, 송풍기, 화염감지장치등을 포함함	○ 무빙그레이트 화격자형 ○ 4단 방식, 1단, 3단,4단고정, 2단이동화격자 ○ 엑츄에이터 사양 : stroke:200mm (1500N) ○ 화격자 재질 : 주물 화격자 8.0t ○ 내화 케스타블 재질 : HATC-180 ○ 화상면적 : 0.51㎡
공기량	F.D(1차)	○ 전단에서 공기를 압입하는 부품	○ TBS-301(1010W) 2개 삼상(220V/60Hz) ○ 풍량 :27㎥/min, 풍압:206mmAq
	FD(2차)	○ 측면에서 공기를 압입하는 부품	○ dhb-101 (400W) 2개 단상(220V/60Hz) ○ 풍량 :1.4㎥/min, 풍압:1200mmAq
	I.D	○ 집진후단에서 공기를 유인하는 부품	○ TBS-3735T(3HP) 삼상(380V/60Hz) ○ 풍량: 52m3/min, 풍압: 320mmAq
버너수평연료 공급 모터		○ 싸일로에서 공급된 연료를 버너로 공급하는 장치	○ 0.5마력 100: 1 삼상(380V/60Hz) ○ 감속모타를 통한 연료공급 방식
점화장치		○ 연소전 자동착화시키는 장치	○ 전기 히타
ASH 재처리		○ 자동으로 연소실내부의 재를 처리하는 장치	○ 감속모타 : 400W 단상(220V/60Hz) ○ 감속비 200:1 스크류 방식
전열면 청소		○ 대류전열면(연관)청소를 자동으로하여 재가 퇴적되는 것을 방지하는장치	○ 공압 솔밸브를 이용하여 압축에어(7~8kgf/㎠)를 연관에 직접 분사 하여 청소함
집진방식		○ 먼지 저감을 방지하기 위해 원심식 제거 장치	○ 26CMM 용량의 원심식 집진장치
안전장치		○ 보일러의 안전장치	1. 비점화시안전장치 : CDS 화염안전장치 2. 배기과열안전장치 : 배기온도 상한 안전장치 250도 미만 동작 3. 배기폐쇄안전장치 :연도막힘등을 감지 4. 역화방지장치 : 드롭슈터, 바이메탈온도센서 5. 동체과열안전장치 : 동체내부 과열방지 6. 연료막힘감지: 연료공급이 되지않을시 차단

다. 230kW 음식물 펠릿보일러 설계 및 제작

1) 버너 설계

○ 음식물 펠릿을 연소를 하기 위해서 가장 핵심적인 설계부품으로 지속가동하면서 ash량이 많은 음식물 펠릿을 연소하기 위해서는 계단식 무빙그레이트식 버너를 설계하기로 함.

○ 버너의 화격자 단수는 1, 3단, 4단은 고정형, 2단은 이동형으로 하였으며 2차년도는 2단만 이동화격자, 1, 3, 4는 고정형으로 함.

○ 연료를 자동으로 공급하는 수평 스크류를 통해서 1차 화격자를 통해 연료가 떨어지고, 점화 히타가 동작하여 자동 점화되는 시스템임.

○ 버너는 전체 잔넬과 각파이프등 구조물로 틀을 짜고 이동화격자가 쉽게 구동할 수 있도록 아래에 레일과 바퀴를 달아서 적은 힘에도 수평동작이 되도록 설계함.

○ 버너의 화격자는 NI-CR 주물 화격자로 금형화하였으며, 최초는 SS400 8T로 제작하여 성능테스트를 진행함.

○ 화격자는 이동화격자와 고정화격자를 공용으로 하였으며, 유지 보수를 위해 쉽게 탈부착이 될 수 있도록 함.

○ 버너의 화격자 면적은 200,000 kcal/h에 맞도록 연료소모량/ 화상단면적으로 하여 음식물 펠릿이 화 격자위에서 모두 연소 후 재는 스크류로 빠지는 방식으로 함.

○ 화격자 연소율 계산

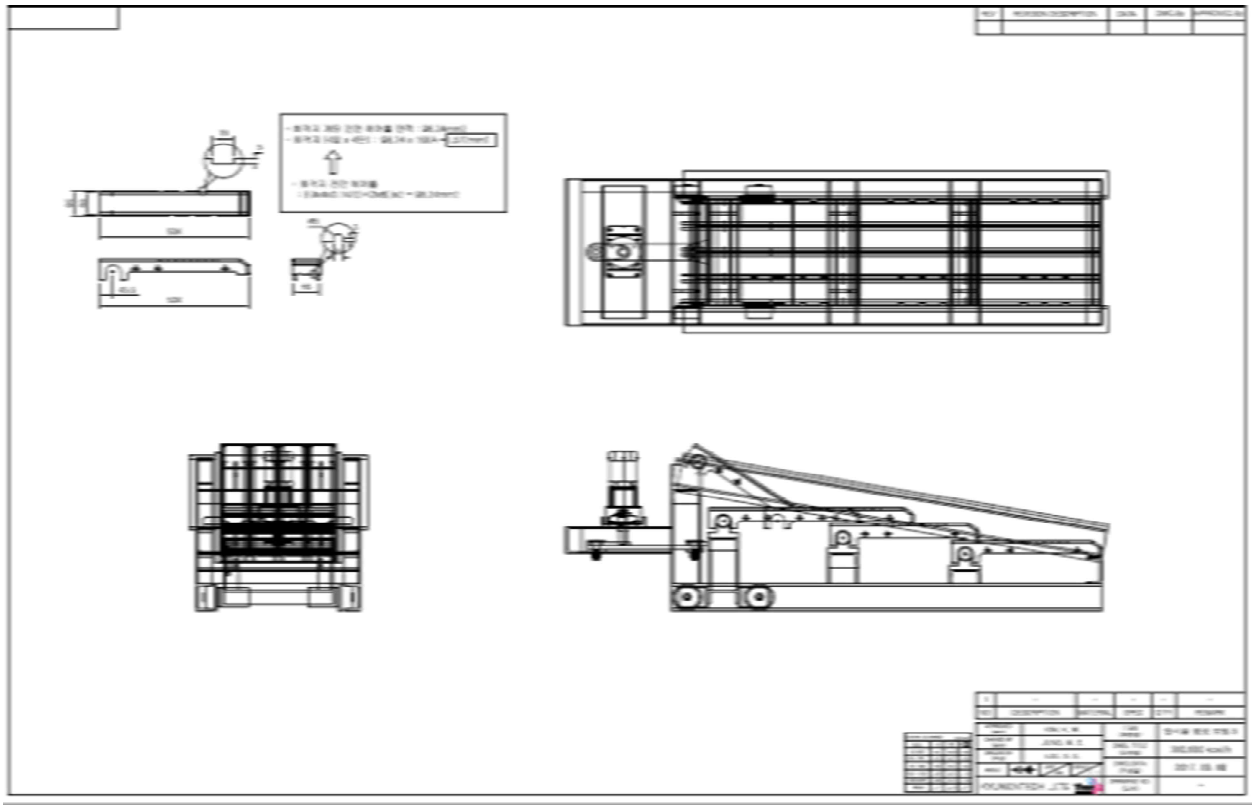
화격자 연소율 = 1시간의 펠릿 연소량 / 화격자 면적

62 kg / 0.51m^2 =121.5kg/m^2-hr

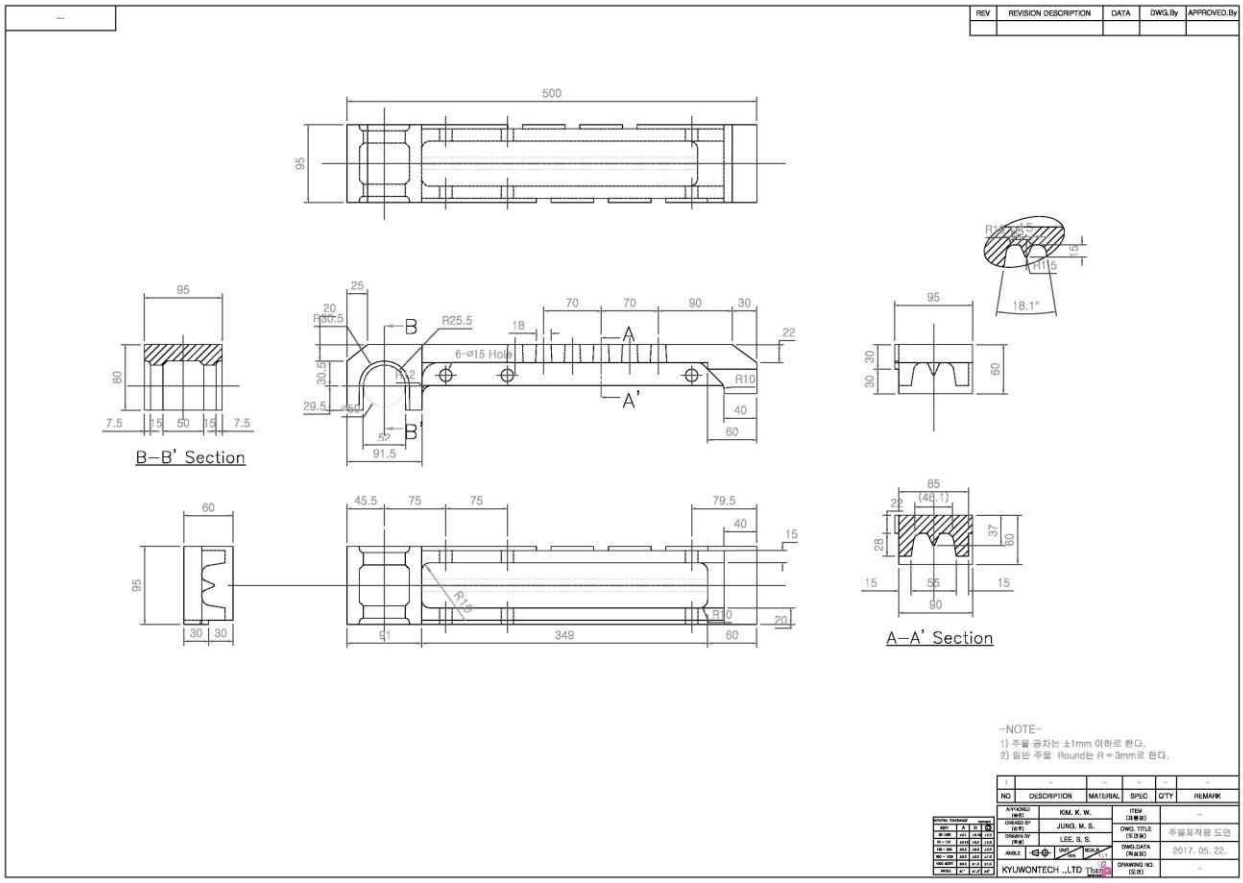
화격자면적 : 0.51m^2

200,000 kcal/hr 시간당 펠릿 연소량 = 62 kg

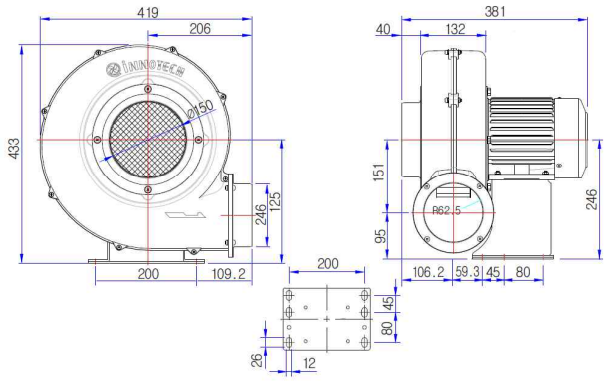
○ 버너 도면/ 제작된 제품 사진



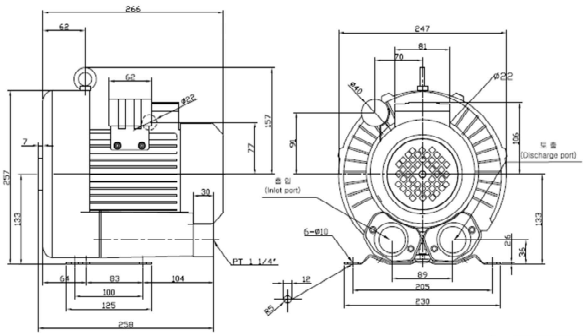
○ 버너 화격자 도면 / 제작 사진



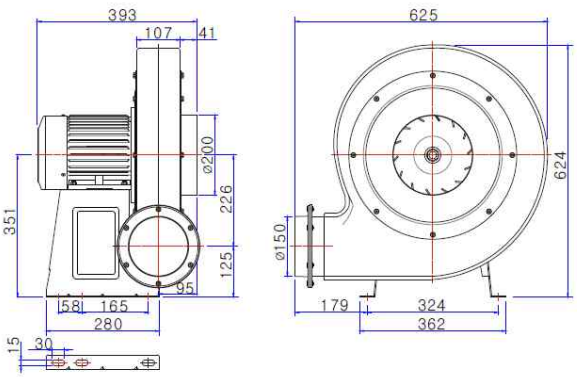
○ 송풍기는 1차공기부는 TBS 301 1010W, 풍량 27m^3/min, 정압 206mmAq.



○ 2차 공기부는 고압팬인 dhb-101 링블러워 400W 단상 1200mmAq, 1.4m^3/min임.



○ 배풍기의 사양은 TBS-3735T 2800W, 풍량 52m^3/min, 정압 320mmAq.



○ 연소공기량 계산

(1) 연료 조성 : 음식물 PELLET, 함수율 : 5.8%

구분	탄소	수소	산소	유황	회분
%	42.04	4.97	33.53	0.29	11.3

(2) 발열량 계산

- 고위발열량(Hh)

  Hh = 8100C + 34000(H-O/8) + 2500S = 4,209kcal/kg

- 저위발열량(Hu)

  Hu = Hh - 6(9H + W) = 3,638kal/kg

(3) 연소공기량 계산

- 이론공기량 (A_0)

  A_0 = 8.89C + 26.67(H-O/8) + 33.3S = 4.04 Nm3/kg

- 과잉공기비 =m 0_2측정값 : 12%목표

  m = 21/ 21-(O_2) = 21 / 21-12 = 2.3

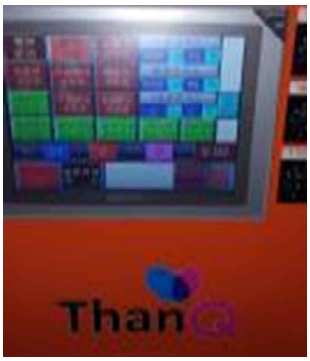
- 실제공기량 (A)

  A = m × A0 = 2.3 × 4.04 = 9.292 Nm3/kg

200,000 kcal/h의 공기량은 9.292 Nm^3/kg ×62 kg = = 576 Nm^3/h

○ 최적의 연소조건을 결정하기 위해 배풍기의 팬 rpm을 인버트로 조정하면서 연소특성을 테스트한 결과임.

송풍기 rpm은 고정, 2차 고압 링블러워도 고정한 상태 CO 특성은 배풍기 invert를 45~48hz 일시 연속적으로 가장 안정적인 데이터를 나타내고 있음.



○ 배풍기로서 rpm을 38이하로 낮추면 CO가 급격히 발생하여 더 낮출 수가 없음.

○ 연소가스의 0_2비가 너무 높아서 연소에 필요한 공기보다 문짝 등의 틈새로 과잉공기가 너무 많이 공급되어 15%까지 발생되어 과잉공기량을 줄이기 위해 송풍량 변화를 주면서 연소특성을 체크함.

시험조건		조건1	조건2	조건3	조건4	조건5	조건6	조건7	조건8
연료량 (kg/h)		62	62	62	62	62	62	62	62
배풍기 inverter제어 (Hz)		60.00	57.00	54.00	51.00	48.00	45.00	42.00	38.00
1차공기 송풍기 inverter제어 (Hz)		20	20	20	20	20	20	20	20
2차공기 링블러워(%)		50	50	50	50	50	50	50	50
연소특성	O_2 (%)	17.05	16.87	16.73	16.6	16.22	15.6	15.21	15.10
	CO (ppm)	363	349	318	301	245	275	370	550
	CO_2 (%)	3.71	3.73	3.75	4.21	4.68	5.05	5.28	5.5
	NO_x (ppm)	24	24	24	27	29	31	32	32
	배기 온도 (˚C)	131	130	129	129	128	127	126	126
대기온도 (˚C)		18	18	18	18	18	18	18	18

○ 배풍기의 rpm은 고정, 2차 고압 링블러워도 고정한 상태에서 1차 공기 송풍기의 rpm을 인버터로 제어 하면서 최적의 연소 측정 테스트를 진행함.

○ 테스트 결과 송풍기 rpm이 20~30hz일 경우 최적의 연소조건이 나타났으며 이에 따른 테스트 결과로 최종 열효율 테스트 시험을 진행함.

○ 송풍기의 rpm은 20hz대, 배풍기의 rpm은 48hz, 2차 공기 고압 링블러워는 50% 댐퍼 가동하여 최적의 연소조건으로 테스트를 진행함.

시험조건		조건1	조건2	조건3	조건4	조건5	조건6	조건7	조건8
연료량 (kg/h)		62	62	62	62	62	62	62	62
배풍기 inverter제어 (Hz)		48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00
1차공기 송풍기 inverter제어 (Hz)		60.00	50.00	40.00	30.00	20.00	10.00	off	20.00
2차공기 링블러워(%)		50	50	50	50	50	50	50	50
배기가스	O_2 (%)	16.28	16.25~ 16.60	15.92~1 6.49	15.84~ 16.38	15.50~ 16.22	15.81~ 16.29	15.96~ 16.25	16.14~ 16.57
	CO (ppm)	414	385	326	259	253	281	354	255
	CO_2 (%)	4.56	4.5~ 4.29	4.08~ 4.89	4.46~ 4.91	4.64~ 5.2	4.54~ 5	4.6~ 4.82	4.27~ 4.69
	NOx (ppm)	26	27	27	28	27	28	22	27
	배기 온도 (˚C)	135	134	133	133	131	129	128	130
대기온도 (˚C)		19	19	19	19	19	19	19	19

2) 동체(열교환기) 설계

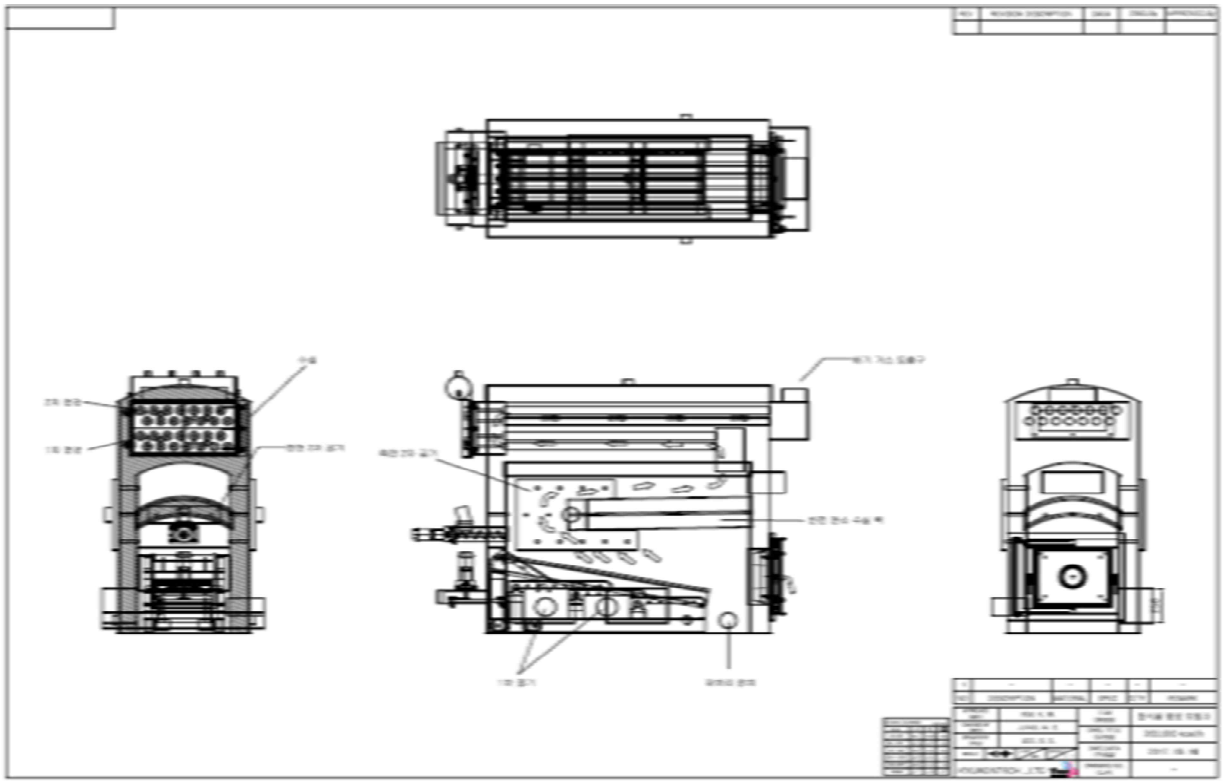
○ 동체의 설계는 횡형과 입형의 2가지 방식이 있으며, 효율, 전열면 청소성, SCALE UP 등을 고려하여 횡형타입으로 설계를 하였으며, 200,000 kcal/h 이상의 제품 설계등의 scale up 이나 보일러의 효율 90%를 달성하기 위해서는 전열면적의 확장 및 연소체류시간을 길게 하기 위해서는 횡형 방식의 열교환기가 유리하여 설계 선택함.

○ 횡형 방식은 전열면이 횡형으로 되어 있어 자동 청소를 하기 위해서는 압축에어를 사용해서 전열면을 청소하도록 하였으며, 유럽의 대부분의 제조사에서도 이와 같은 방식을 취하고 있음.

○ 동체의 전열면적은 34.65 m^2, 재질은 ss400, 연관 파이프는 spps재질로 하였으며, 압력은 개방형으로 설치되나 3.5 bar는 견딜 수 있도록 설계함.

○ 연소실의 화염이 반전되어 3pass형태로 빠지는 방식으로 하여 배기온도를 낮추어 효율향상에 초점을 맞춤.

○ 동체 열교환기 도면/사진



3) 전열면 청소장치 설계

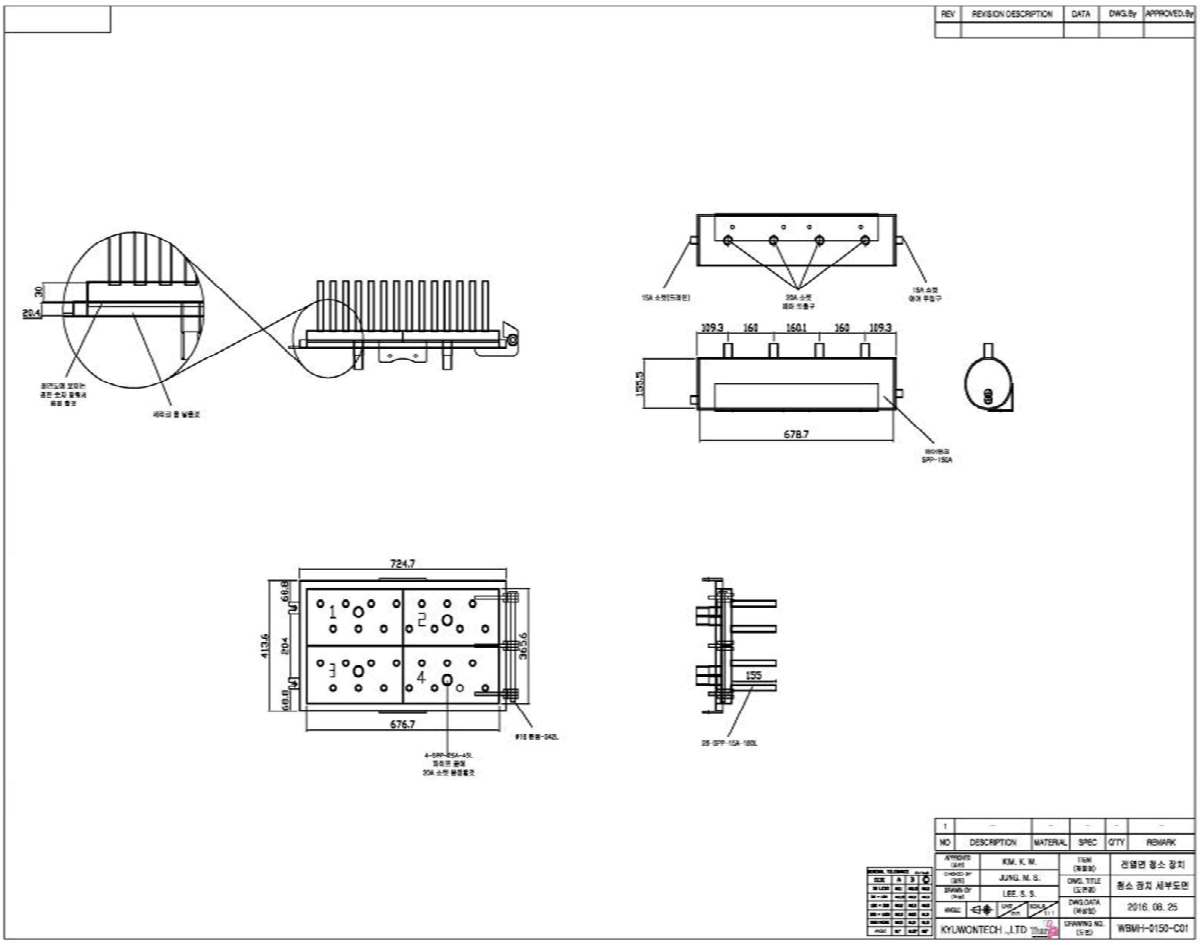
○ 전열면이란 열교환부라고 불리며, 연소실에서 1차 연소후 빠져나가는 연소가스가 열교환 되는 곳으로 수로 연관식이나. 수관식으로 이루어져 있으나 청소의 자동화나 용이성을 위해 연관식 방법으로 설계를 진행함.

○ 수평면으로 슈터블러워 방식으로 압축에어를 가지고 1개의 연관을 청소하는 설계를 하였으며, 콤프레샤로 압축에어를 사용하였으며, 전열면 상부에 별도의 에어탱크를 부착하고 전열면을 4개의 PART로 나누어서 주기적으로 가동하여 전열면 청소가 되도록 함.

○ 전열면의 수평길이가 있어서 압축에어가 일정한 압력이 나오는지 관마다 테스트를 하였으며, 관에 걸리는 압력이 균일하도록 압축에어의 가동주기와 가동시간을 결정하였으며, 40분 간격으로 2초 가동, 10초 OFF로 8개의 압축에어를 사용함.

○ 압축에어는 펄스 밸브를 사용하였으며, 호스는 고압호스를 사용하였으며 수리 보수가 쉽도록 탈부착형으로 설계함.

○ 압축에어 전열면 청소 도면/사진.



4) 자동재처리장치 설계

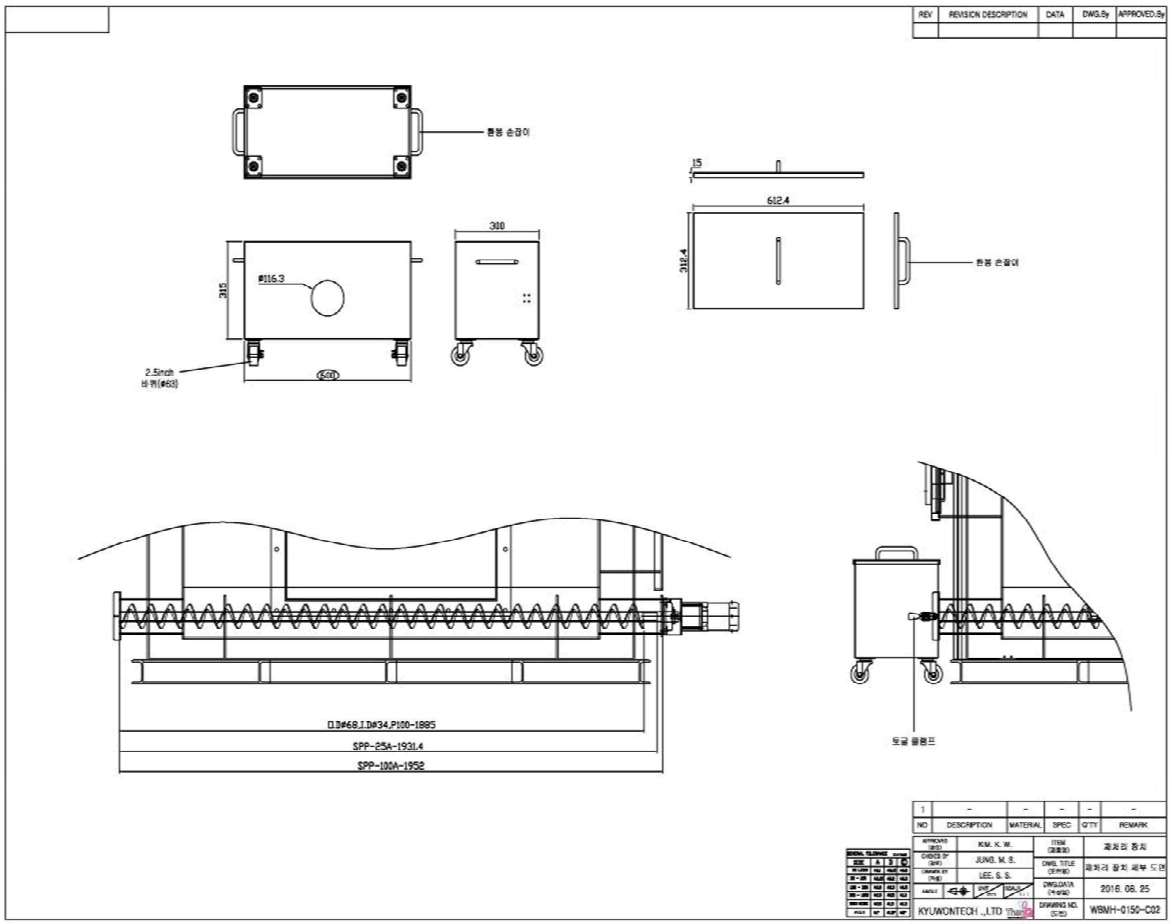
○ 재받이의 용량은 정격 연료 소비량(kg/h)의 연소 시 발생되는 재의 10배 이상을 처리하도록 설계함.

ash box 설계 : 가로 × 세로 × 높이 =300 × 600 × 315

○ 재받이는 보일러에서 분리가능한 용기로 되고, 재가 난방기 바닥에 떨어져서 도구를 사용하여 재를 긁어내는 방식이 아닌 자동으로 용기에 채워지는 방식으로 스크류 처리방식으로 설계함.

○ ash box의 재가 id팬을 통해 빠져나가지 않도록 별도의 방지판을 설치하였으며, 기밀을 하여 빨려나가지 않도록 하였으며, 아래에는 바퀴를 달아서 쉽게 이동이 가능하도록 설계함.

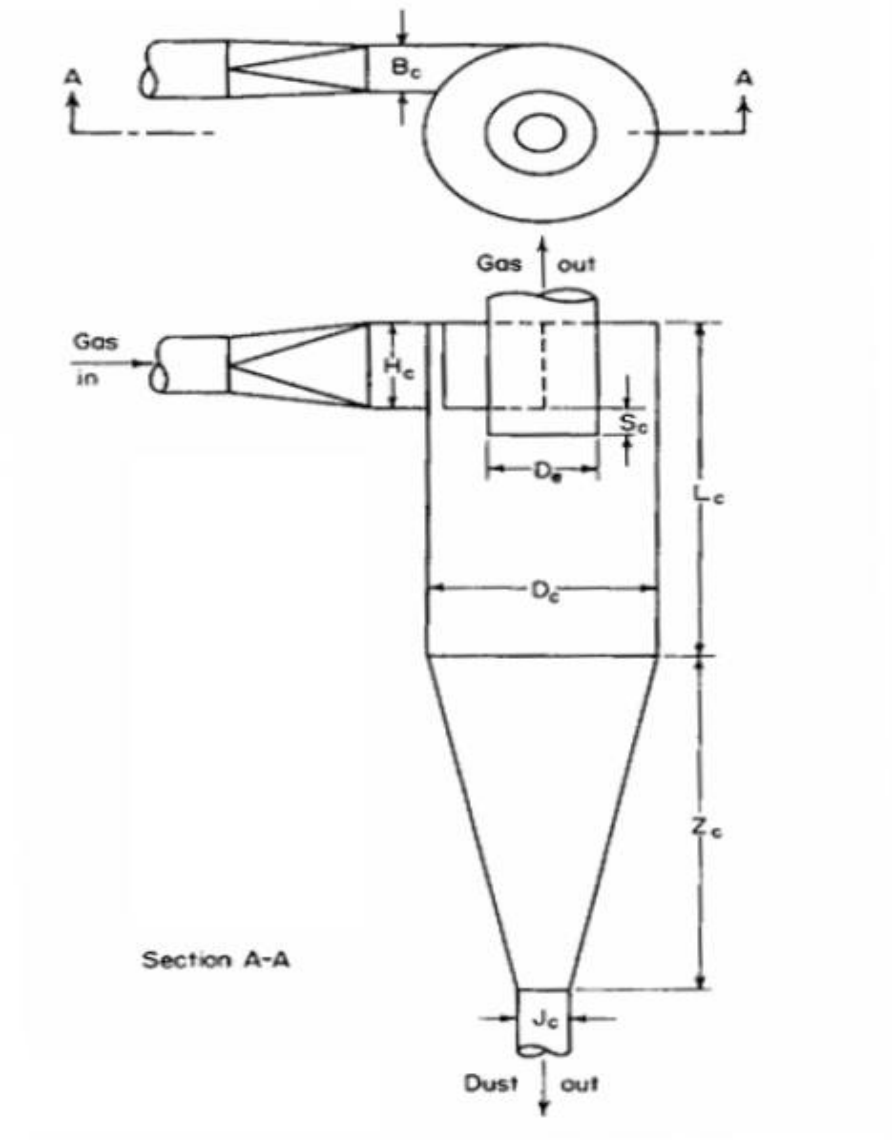
○ 자동재처리 장치 도면 및 사진



5) 집진장치

○ 연소후 밸생되는 bottom ash는 스크류 재처리박스에서 포집하고, flying ash는 원심식 싸이클론 방식으로 집진기를 설치하여 처리함. 형식은 접선 유입식과 축류식으로 구분하는데 과제의 연구는 접선유입방식의 싸이클론을 적용함.

○ 싸이클론의 성능은 압력손실, 집진효율 등으로 평가되며 이들 압력손실과 효율은 싸이클론의 치수 등에 큰 영향을 받는다. 아래 <그림 215>는 이와 같이 성능에 영향을 미치는 싸이클론 각부의 치수를 나타냈으며, 치수비는 몸통직경(Dc)을 기준으로 한 비로써 표시됨 <표 63>.



<그림 215> 싸이클론의 표준크기

Dc = 몸통직경, Be = Dc/4, De = Dc/2, Hc = Dc/2, Lc = 2Dc, Sc = Dc/8, Zc = 2Dc, Jc = Dc/4

<표 63> 사이클론 각 부의 치수비

기호	명칭	일반		고효율		고용량	
		lapple	swifit	stairmand	swifit	stairmand	swifit
Be	유입구 폭	0.25	0.25	0.2	0.21	0.375	0.35
Hc	유입구 높이	0.5	0.5	0.5	0.44	0.75	0.8
Dc	싸이클론 직경	1	1	1	1	1	1
De	가스출구직경	0.5	0.5	0.5	0.4	0.75	0.75
Sc+Hc	선회류 출구길이	0.625	0.6	0.5	0.5	0.875	0.85
Lc	원통길이	2	1.75	1.5	1.4	1.5	1.7
Zc	원추길이	2	2	2.5	2.5	2.5	2
Jc	분진출구직경	0.25	0.4	0.375	0.4	0.375	0.4

○ 싸일클론의 풍량을 설계치로 하여 용량은 26m^3/h용으로 제작함

<그림 216> 집진장치 도면/사진

6) 콘트롤 제어 안전 장치

○ 자동제어의 안전장치는 1차년도에 비해 1종의 안전장치를 추가함.
따라서 총 6종의 안전장치를 구비하여 난방기의 안전성이 업그레이드 됨.

① 역화 방지장치
- 드롭슈터 방식을 적용하였으며, 화염면에서 최소 250mm 이상으로 함.
- 비상배출방식 : 역화방지센서가 95이상시 연료가 차단되고 엑츄에이터가 동작하여 연료를 재처리실로 배출하도록 함.

② 과열 방지장치
동체의 온도가 95도 이상시 연료를 차단시키고 연소를 차단시키는 구조로 함.

③ 불착화 안전장치
점화 시 10분이 내 불이 붙지 않으면 에러를 떨어뜨리도록 함. CDS 불꽃감지 장치를 사용함.

④ 배기온도 상승 방지 안내
배기온도가 250도 이상시 에러를 발생키며, 연료를 차단시키는 구조로 함.

⑤ 연료공급 부하 감지
연료 공급 감속 모타에서 연료가 톱밥이나 이물질에 의해 부하를 감지 시 자동으로 연료를 차단시켜주는 기능을 추가하여 이송 모타가 고장나는 것으로 인식함.

⑥ 배기폐쇄안전장치
연소구가 막혔을 때 풍압스위치가 동작하여 보일러의 가동을 중지함.

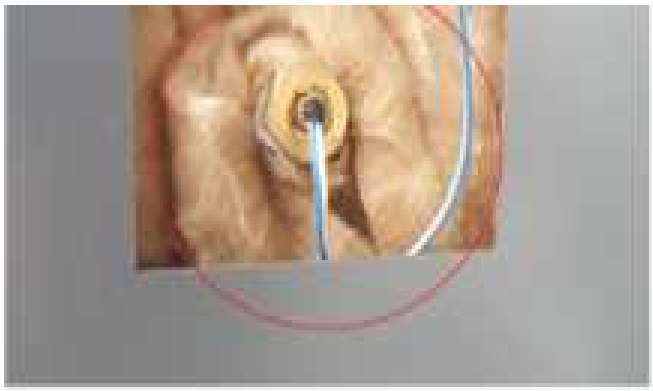
불꽃감지 장치

배기온도 과열방지장치

배기폐쇄안전장치 :풍압 스위치

역화방지 장치: 바이메탈

스크류 부하 방지 :연료 막힘 감지 장치(컨트롤러 내장)



온도 온도센서 과열방지 센서

7) 출력, 효율, 연료 소비량, 연소측정 테스트 결과

성능 시험은 KS B 8901 2015 기준에 따라 자체 성능시험을 진행함.

a) 시험조건 : 보일러의 상태는 보일러에 점화한 후 연료 소비량이 가장 많은 상태로 한다.

b) 측정방법 : 보일러에 점화 후 연소가 안정되었을 때를 시험 개시 시간으로 하고 시험 개시 시간과 시험 종료 시간의 연료저장장치 또는 연료저장장치를 포함한 기기의 무게를 측정한다. 다만, 시험 전 무게를 측정하기 전에 연료저장장치에 연료를 1/2 이상 채운 후 무게 변화율을 측정하고 2회 측정 시에도 동일한 방법으로 측정한다. 시험은 30분 이상 연소하여 그때의 무게를 구하고, 이 측정을 2회 이상 반복하여 연속 측정한 값의 차가 1.5% 이하가 되었을 때의 산술 평균값을 구하여 연료 소비량을 산출한다.

① 연료 소비량을 다음 식으로 산출한다

$$l_s = \frac{A - B}{t \times 1000}$$

여기에서

lS : 실측 연료 소비량(kg/h)

A : 시험 개시 시의 무게(g)

B : 시험 종료 시의 무게(g)

t : 시험 시간(h)

② ①의 실측 연료 소비량으로부터 표시 연료 소비량과의 차를 다음 식으로 산출한다.

$$\triangle l_s = \frac{l_s - l_s O}{l_s O} \times 100$$

여기에서

△lS : 표시 값과 실측 값의 차(%)

lS : 실측 연료 소비량(kgh)

lSO : 표시 연료 소비량(kg/h)

○ 연료 소비량 시험

○ 출력시험

a) 시험시간 : 시험시간은 연소를 시작하여 기기가 열적평형상태가 얻어질 때 까지 적어도 2시간 이상 연소 후 난방출구온도 및 환수완도 차이가 일정한 상태에 도달하였을 때부터 측정을 실시한다. 측정은 30분 이상 2회 측정하여 평균값을 사용한다. 다만 각각에 대하여 측정 시 계속 또는 1분을 초과하지 않는 주기로 난방공급 및 환수 온도와 난방 공급 및 환수온도와 공급수량을 측정하여 평균값을 산출한다.

b) 시험조건

① 시험 조건은 그림2, 그림3, 그림4 또는 이와 동등한 장치로 하여 제조자에 의해 주어진 설정상태에 서 연료 소비량이 가장 많은 사용 상태로 하고, 난방 출구 온도는 (80±5)˚C로 연속하여 얻어질 수 있도록 하고, 난방 환수구 온도는 난방 출구 온도보다 15K~20K 낮게 조절한다.

② 난방 배관 내의 수압은 대기 차단식의 경우 100kPa(제조자가 지정하는 사용 수압이 이보다 높을 경우는 그 지정하는 압력)의 수압으로 흐르게 하고, 대기 개방식의 경우 시스턴에 물을 채운 상태에서 시험한다. 다만, 난방·온수 겸용에는 온수 공급을 중지하여야 한다.

c) 시험방법

① 시험방법은 조절 밸브 V1 및 V2를 열고 순환 펌프를 연속 운전하면서 조절 밸브 V2를 조절하여 난방 환수구와 난방 출구 온도를 조절하고, 안정된 때부터 시험을 실시한다.

② 유량(Gh)은 그림 2, 그림 3, 그림 4와 같이 무게법이나 유량계법을 사용하여 측정한다.

③ 급수 방법은 그림 2, 그림 3, 그림4와 같이 시스턴 또는 정압 탱크의 어느 것을 사용하여도 된다.

④ 그림 2, 그림 3, 그림 4의 단열 부분은 충분히 단열시키든가 또는 단열성이 풍부한 배관을 사용하여 가능한 방열이 적어야 한다.

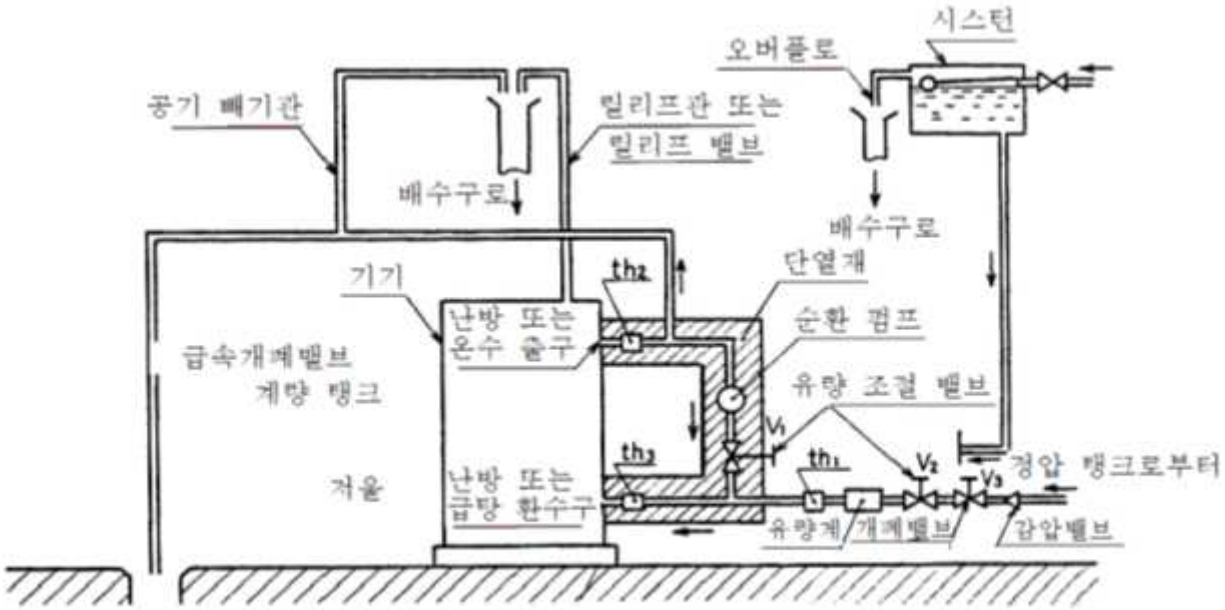


그림 3 – 난방출력 및 온수출력 시험장치(유량계법) 대기 차단식

○ 효율시험

a) 시험 조건 : 시험 조건은 난방출력 시험의 a), b), c)에 따른다.

b) 계산식 : 난방효율은 다음 식으로 산출한다.

$$\eta = \frac{H \times 3600}{l_s \times H_h} \times 100$$

여기에서

ŋ : 난방효율(%)

H : 난방출력(kW)

Hh : 연료의 총발열량(KJ/kg)

ls : 연료 소비량(kg/h)

비고 1 연료 소비량의 측정은 연료 소비량 시험에 규정하는 방법에 따라 산출한다.

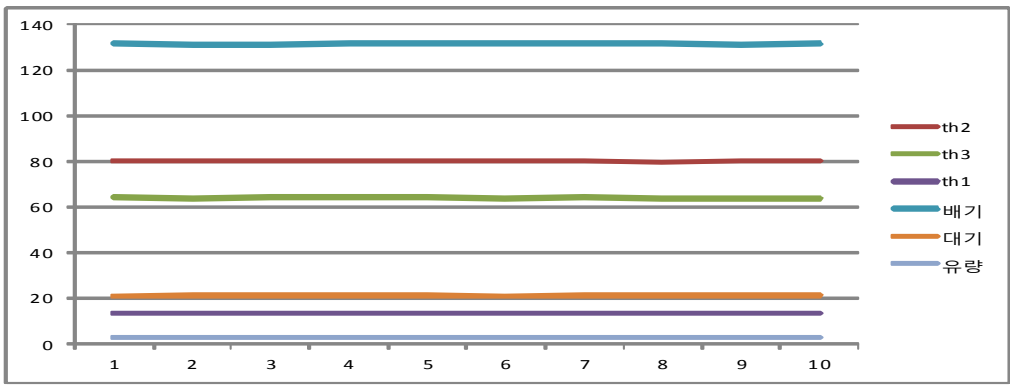
비고 2 열효율 시험은 같은 조건에서 2회 이상 실시하여 연속 2회 열효율 값의 차가 이 2회 평균값의 5% 이하가 되었을 때, 이 산술 평균값을 가지고 규정하는 열효율의 값으로 한다.

○ 시험 결과

- 시험 사진

○ 시험테이타(1회 시험)

시간 (분)	연료 저울(KG)	보일러 출수 TH2 (℃)	보일러 환수 TH3 (℃)	보일러 급수 TH1 (℃)	배기 온도 (℃)	대기 온도(℃)	유량 (m3/h)	출력 (kcal/h)
0	1524	80.1	64.5	13.5	131.1	21.1	3.15	209,790
10	1513.7	80.2	64.1	13.5	131.2	21.2	3.17	211,439
20	1503.4	80.2	64.3	13.5	131.2	21.3	3.5	233,450
30	1493.1	80.4	64.4	13.5	131.3	21.1	3.16	211,404
40	1482.8	80.4	64.1	13.5	131.3	21.2	3.15	210,735
50	1472.5	80.5	64.3	13.5	131.4	21.1	3.14	210,380
60	1462.2	80.4	64.2	13.5	131.2	21.2	3.16	211,404
70	1451.9	80.4	64.5	13.5	131.3	21.1	3.15	210,735
80	1441.6	80.3	64.1	13.5	131.4	21.1	3.16	211,088
90	1431.3	80.2	64.4	13.5	131.2	21.2	3.14	209,438
100	1421	80.1	63.9	13.5	131.3	21.3	3.14	209,124
110	1410.7	80.4	63.7	13.5	131.4	21.3	3.16	211,404
120	1400.4	80.5	64.1	13.5	131.3	21.2	3.16	211,720
평균	123.6	80.3	64.2	13.5	131.3	21.2	3.18	212,470.1

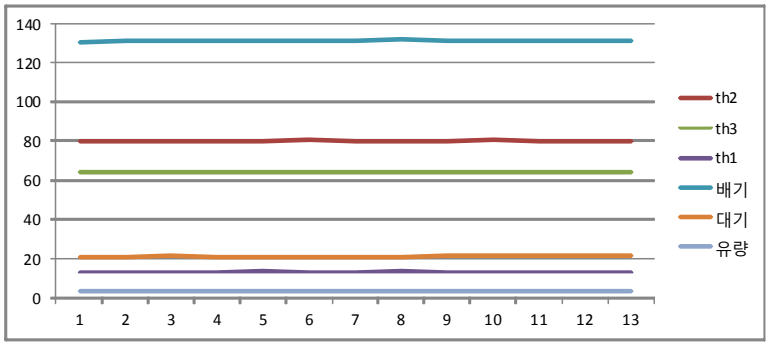


- 보일러 출력 : (열교환기 입구-열교환기 출구)x유량(ℓ) =
  (80.3-13.5) x 3.18*1000 = 212,424 kcal/h

- 효율 : 보일러 출력 / (연료 소모량 x 고위발열량) =212,424 / (61.8*3638) = 94.5%

○ 2회 측정 데이터

시간 (분)	연료 저울(KG)	보일러 출수 TH2 (℃)	보일러 환수 TH3 (℃)	보일러 급수 TH1 (℃)	배기 온도 (℃)	대기 온도(℃)	유량 (m3/h)	출력 (kcal/h)
0	1400.4	80.3	64.5	13.5	131.1	21.1	3.15	210,420
10	1390	80.2	64.1	13.5	131.5	21.1	3.14	209,438
20	1379.7	80.3	64.3	13.4	131.2	21.2	3.16	211,404
30	1369.5	79.9	64.1	13.5	131.3	21.1	3.17	210,488
40	1359.1	80.1	64.1	13.6	131.6	21.1	3.15	209,475
50	1348.8	80.5	64.7	13.5	131.4	21.1	3.16	211,720
60	1338.5	80.2	64.2	13.5	131.2	21	3.16	210,772
70	1328.2	80.2	64.3	13.6	131.7	21.1	3.17	211,122
80	1317.9	80.3	64.1	13.5	131.4	21.5	3.15	210,420
90	1307.4	80.5	64.4	13.4	131.6	21.2	3.14	210,694
100	1296.9	80	63.9	13.3	131.3	21.2	3.15	210,105
110	1286.5	80.4	64.3	13.5	131.2	21.2	3.16	211,404
120	1276.3	79.7	64.2	13.5	131.3	21.2	3.14	207,868
평균	124.1	80.2	64.2	13.5	131.4	21.2	3.15	210,410.0



- 보일러 출력 : (열교환기 입구-열교환기 출구)x유량(ℓ) =
  (80.2-13.5) x 3.15*1000 = 210,105 kcal/h

- 효율 : 보일러 출력 / (연료 소모량 x 고위발열량) =210,105 / (62.05*3638) = 93.1%

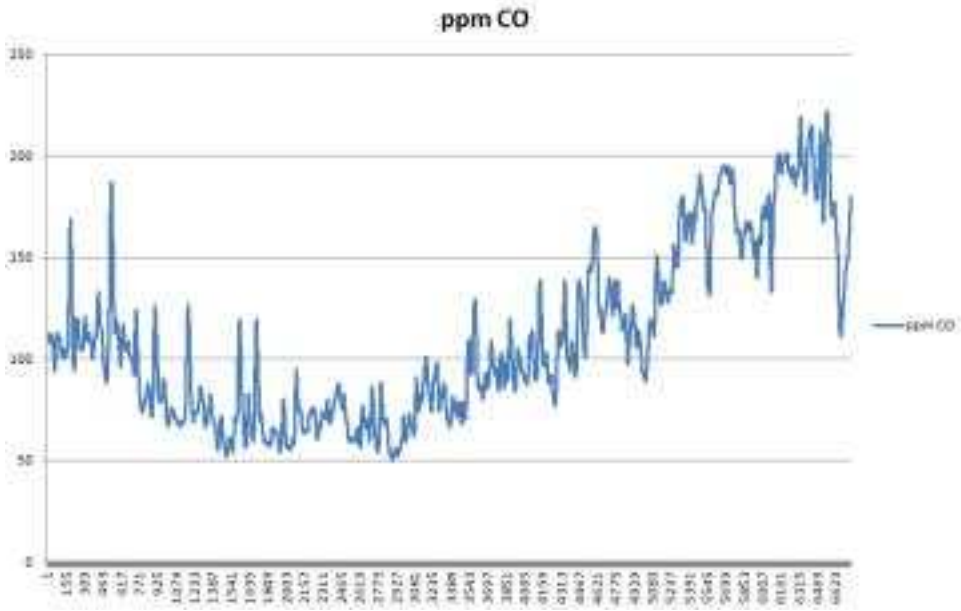
○ 평균측정 최종 값

구분	연료소비량	출력	효율	비고
1회	61.8	212,424	94.5	
2회	62.05	210,105	93.1	
평균	61.93	211,264	93.8	

○ 연소 측정 평균 데이타

0_2 평균 : 11.08%

CO_2 평균 : 9.58%



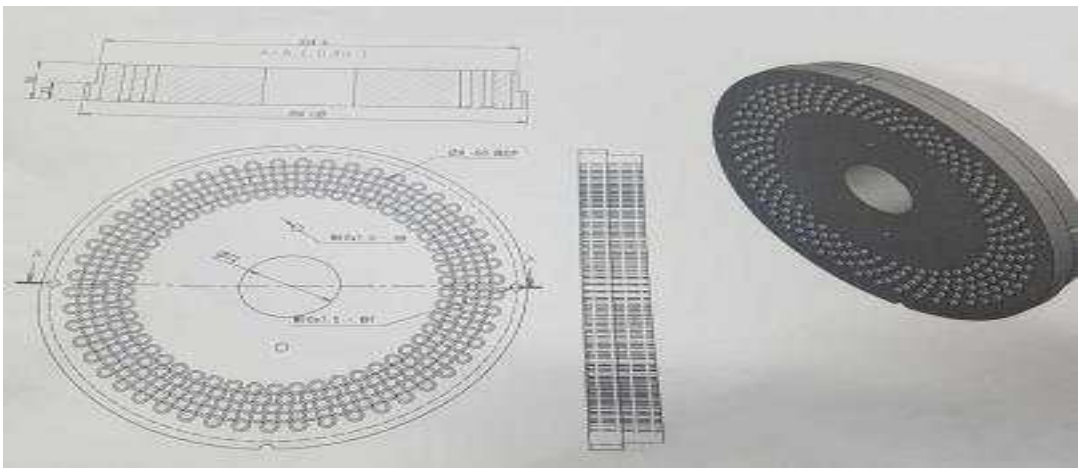
CO 평균 : 109.56ppm 환산시 118mg/m^3

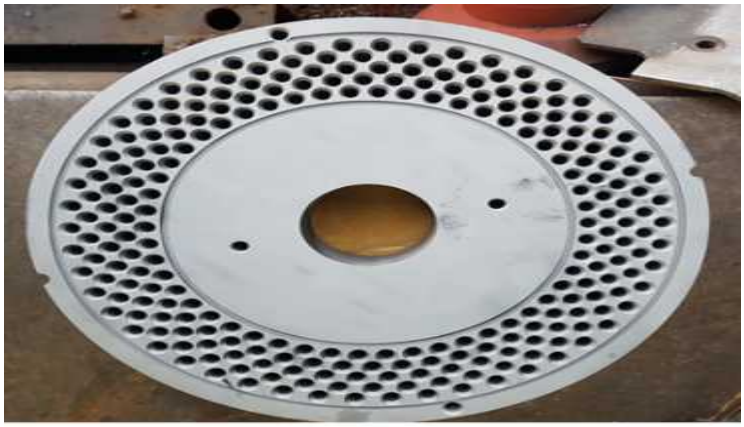
4. 음식물쓰레기 펠릿 성형기 개선 및 펠릿보일러 연소특성 개선

가) 펠릿 성형기 개선

○ 음식물 펠릿을 10톤 정도 제작 이후 다이와 롤러의 막힘 현상으로 인해 펠렛 다이와 롤러를 개선하여 재제작 완료하여 테스트 함.

○ 개선된 성형기 다이 및 롤러 도면





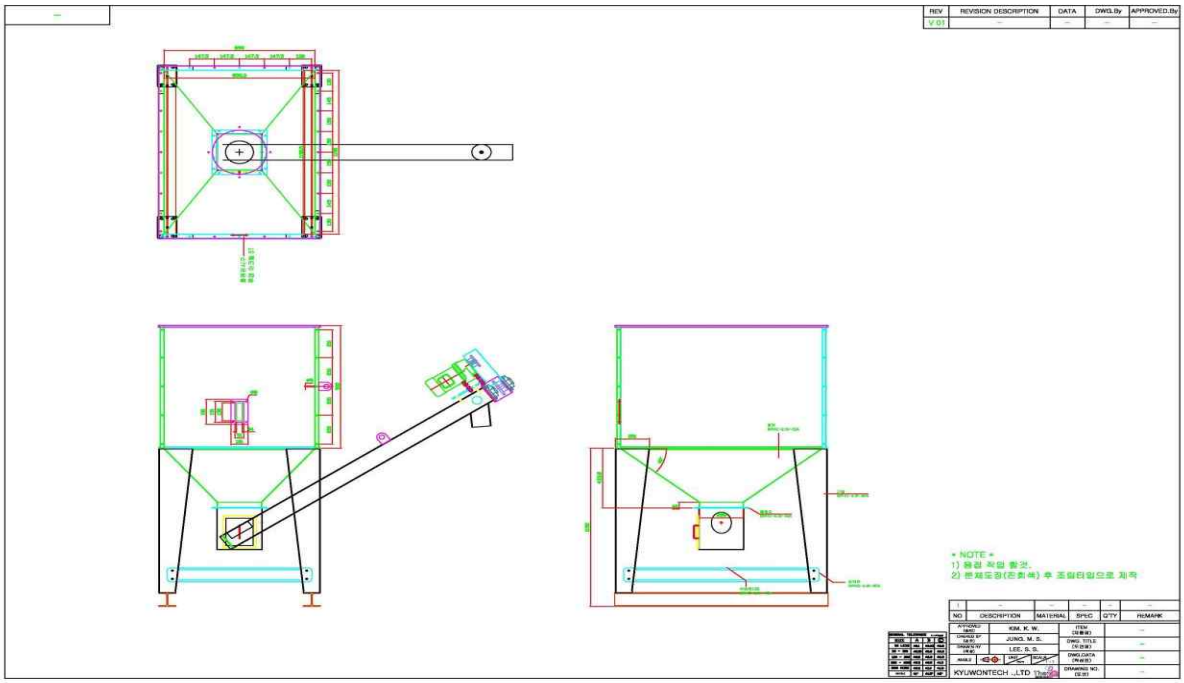
○ 개선된 성형기로 생산된 펠릿 및 생산 사진

○ 펠릿 건조 1, 2차 이송라인을 함석 튜브에서 스텐레스 파이프로 변경하여 기밀성 및 성능개선 완료.

	기존	개선
1차 2차 이송라인		
재질	GI 100mm 파이프	스텐레스 100mm 파이프

○ 분쇄하여 건조라인을 통과한 가루를 정량으로 공급할수 있는 정량 공급 장치 추가함.

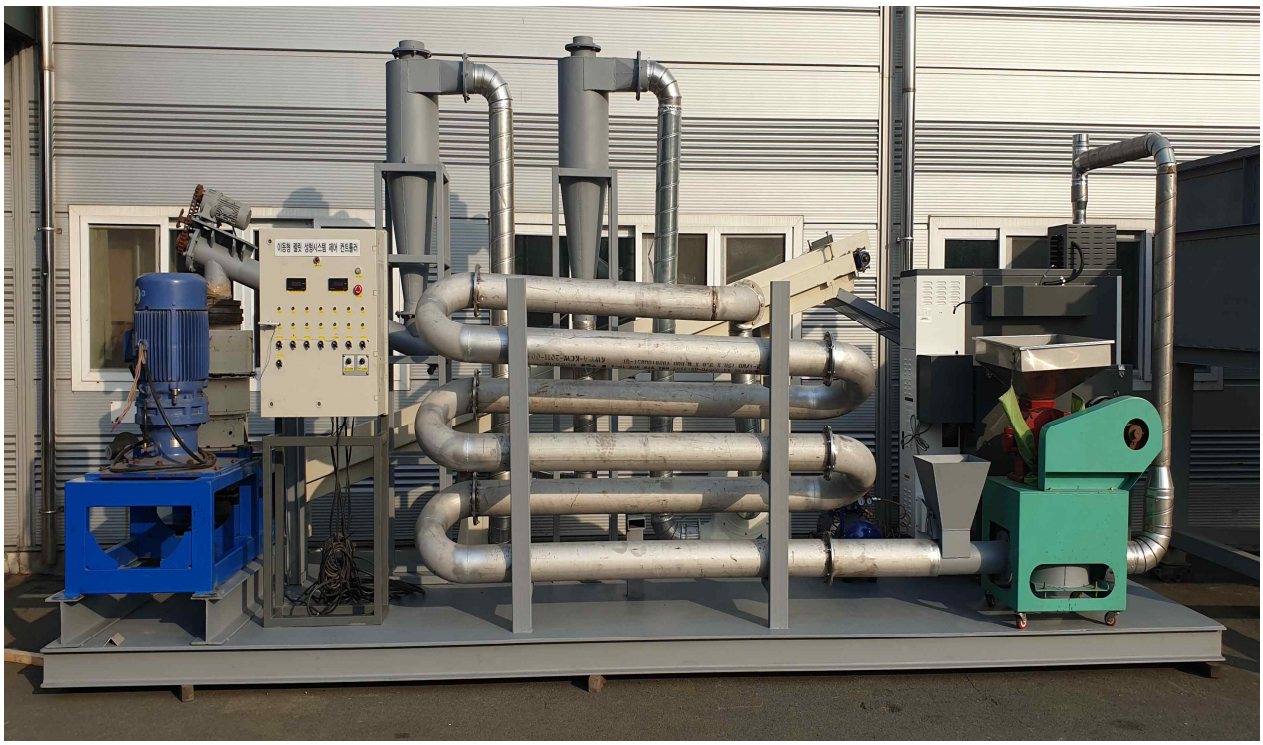
- 설계 도면/사진



○ 건조 성능 개선을 위해 열풍기 변경.

	기존	개선
열풍기		
용량	20,000kcal/h	30,000kcal/h

○ 최종 개선된 이동형 펠릿성형기.



○ 차량으로 성형기 이동 사진 (5ton차량 상차가능)

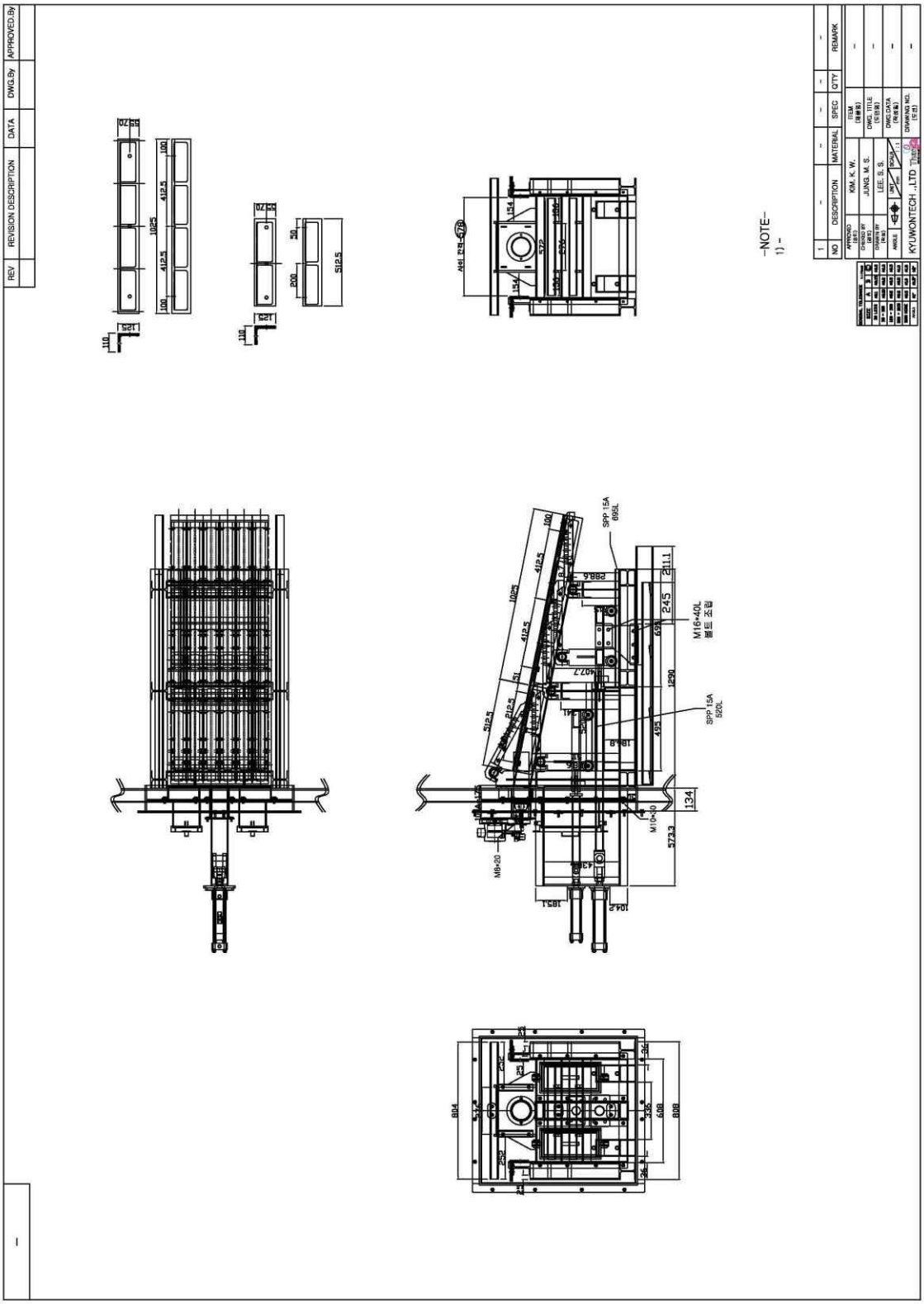
나) 펠릿 보일러 성능 개선 및 공인테스트

○ 230kWth 무빙그레이트 연소기 개선

- 다양한 음식물 펠릿을 제작하여 1차 연소기로 시험한 결과, 연료의 특성상 휘발성의 부족으로 목재연료에 비해 불옮김이 힘들었으며 이를 위해 그레이트의 단수를 4단에서 5단으로 변경하여 무빙 그레이트를 각각 동작할 수 있도록 개선함.
- 점화장치는 건조가 잘된 펠릿의 경우 전기열풍기로도 가능했지만 함수율이 높은 연료의 경우 점화 실패가 되어 점화기를 전기히타에서 기름버너로 변경함.
- 화격자 아래로 떨어지는 재에 대해서는 수동으로 처리하였으나. 최종 제품은 아래에 유압실린더로 밀어서 스크류로 처리할 수 있도록 개선함.

	기존	개선
버너 그레이트	 4단 4열 화격자	 6단 5열 화격자
점화장치	전기열풍기 : 1.6kW 점화시간 10분 	기름버너: 17,000kcal/h 점화시간 : 3분내 점화

- 최종 버너 도면


REV
REVISION DESCRIPTION
DATA
DWG.By
APPROVED.By
NO
DESCRIPTION
MATERIAL
SPEC
QTY
REMARK
KIM. K. W.
JUNG. M. S.
LEE. S. S.
KYUWONTECH .,LTD
-NOTE-
1) -
SPP 15A 690L
SPP 15A 920L
M16-40L
볼트 조립
M6-20
M10-40
1025
412.5
512.5
245
1290
495
134
573.2
808
600
1851
1042

- 화격자 하부 청소장치

화격자 하부 재 청소 장치

○ 음식물 전용 보일러 및 연소실 개선

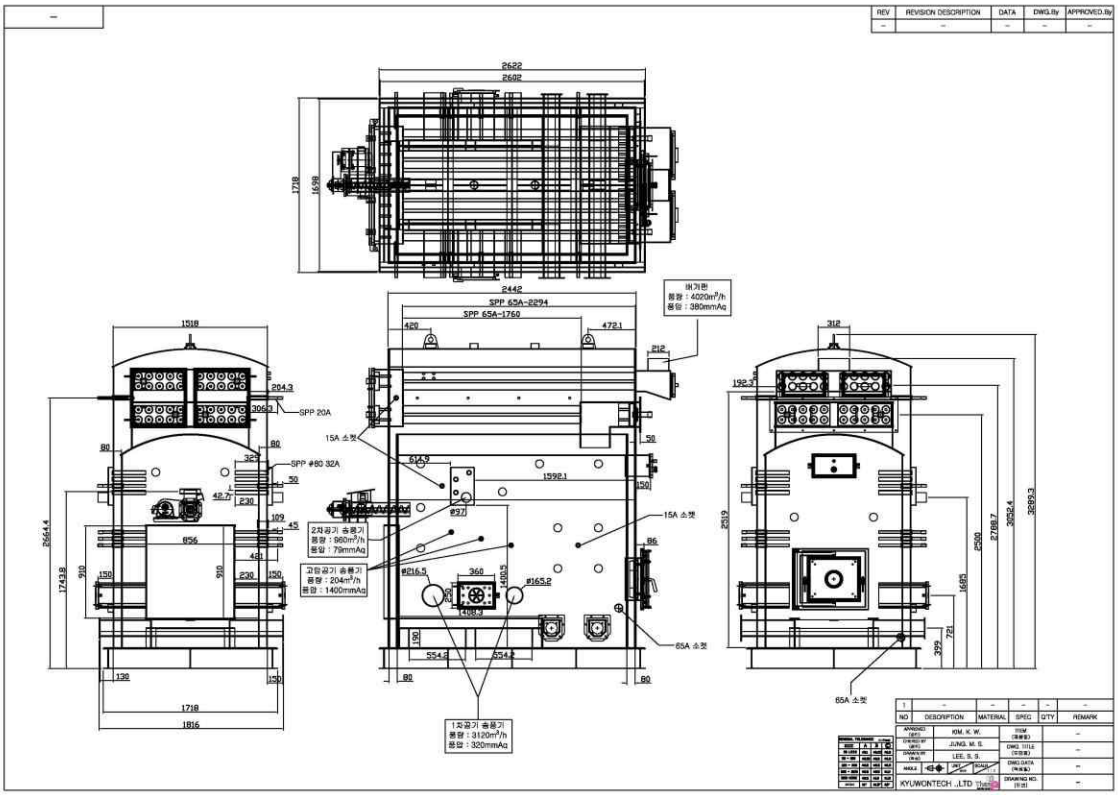
- 연소실 반전 3PASS 형태로 2차년도와 같이 하였으나, 지속적인 연소실의 화염온도 유지와 연소조건 유지를 위해 내화벽돌로 내화 연소실을 구성하였으며 이를 통해 연소조건을 C0 10ppm 정도로 완전 연소시킬 수 있었음.
- 연소실의 구조에서 1차 공기, 2차 공기, 고온공기 3개로 구분하여 연소용 공기를 공급할 수 있도록 설계.
- 아래연소실에서 화격자 하부와 상부의 재를 자동으로 처리할 수 있도록 개선함.

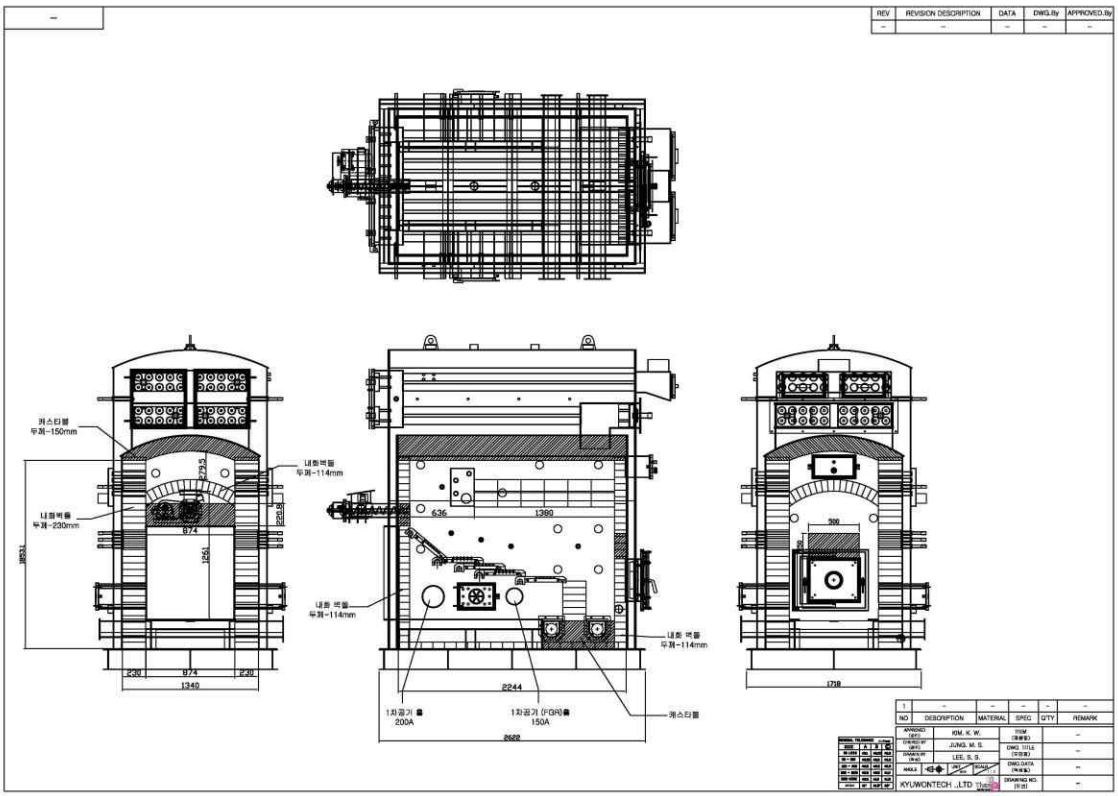
연소실 버너	주연소실
2차 연소실	고온공기/2차 공기

- 연관의 직경을 50A에서 80A로 변경하여 플라잉에쉬에 의해 전열면이 막히는 현상을 개선함.

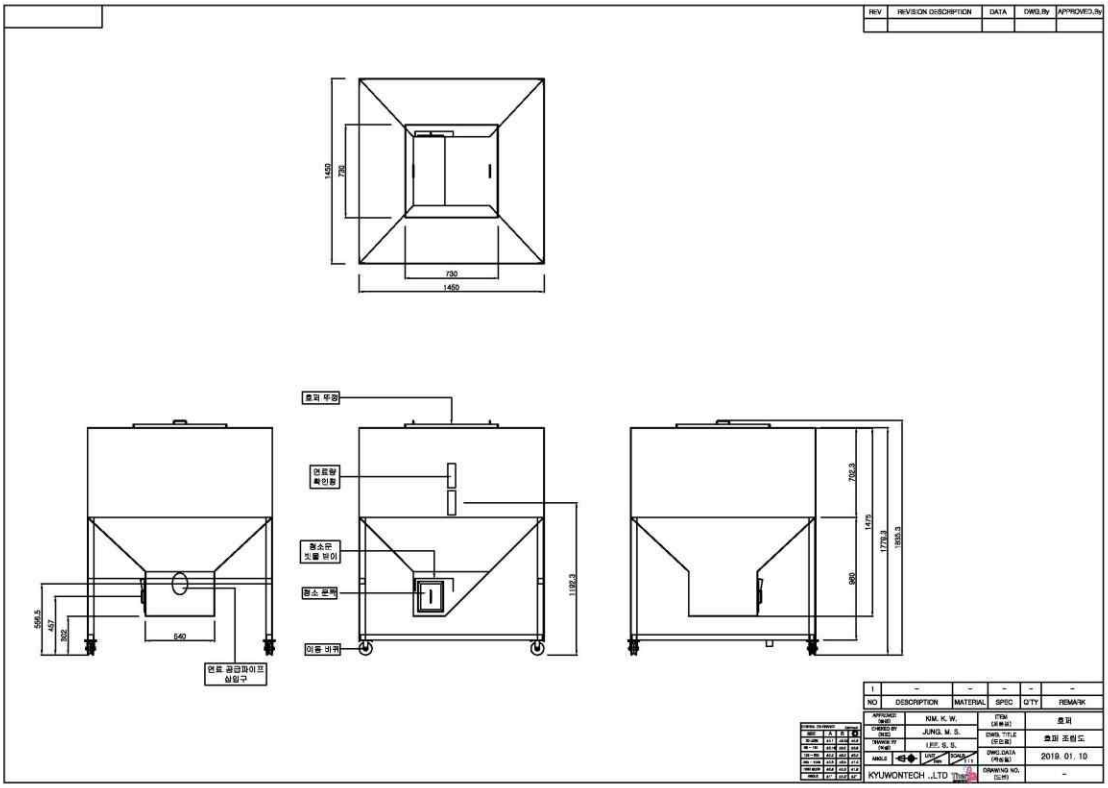
	기존	개선
치수	50A	80A

- 최종 개선 제품 도면(보일러)

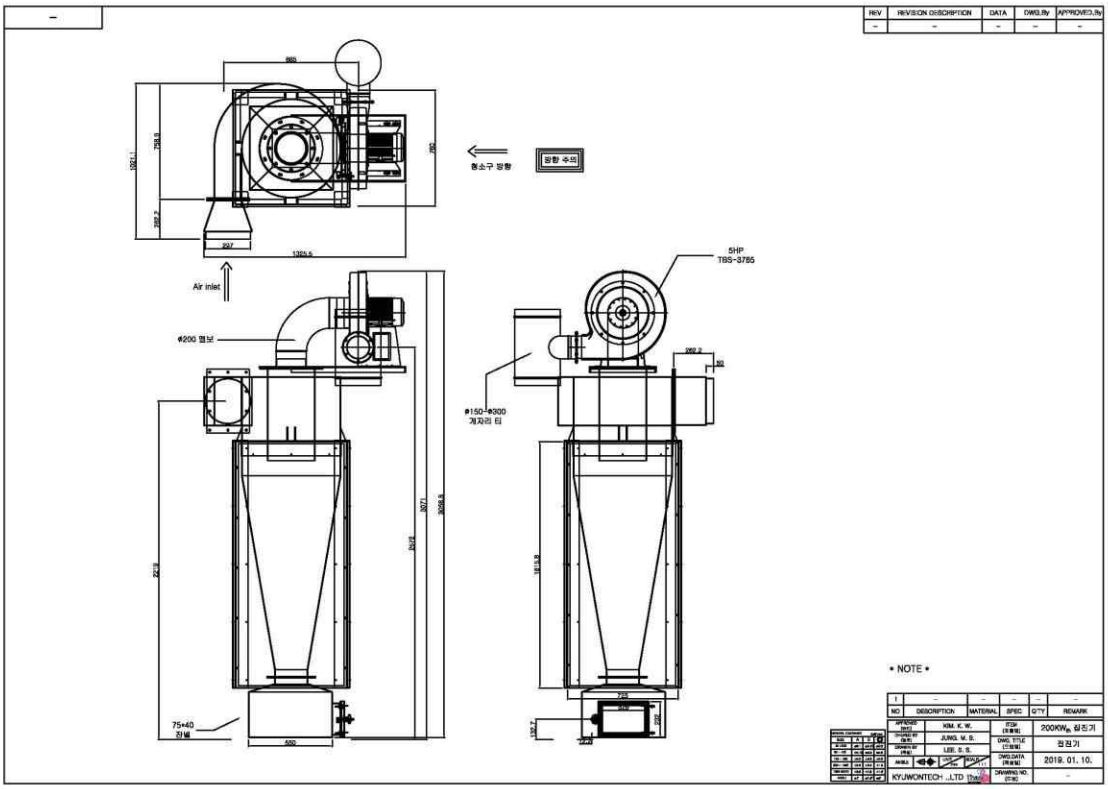




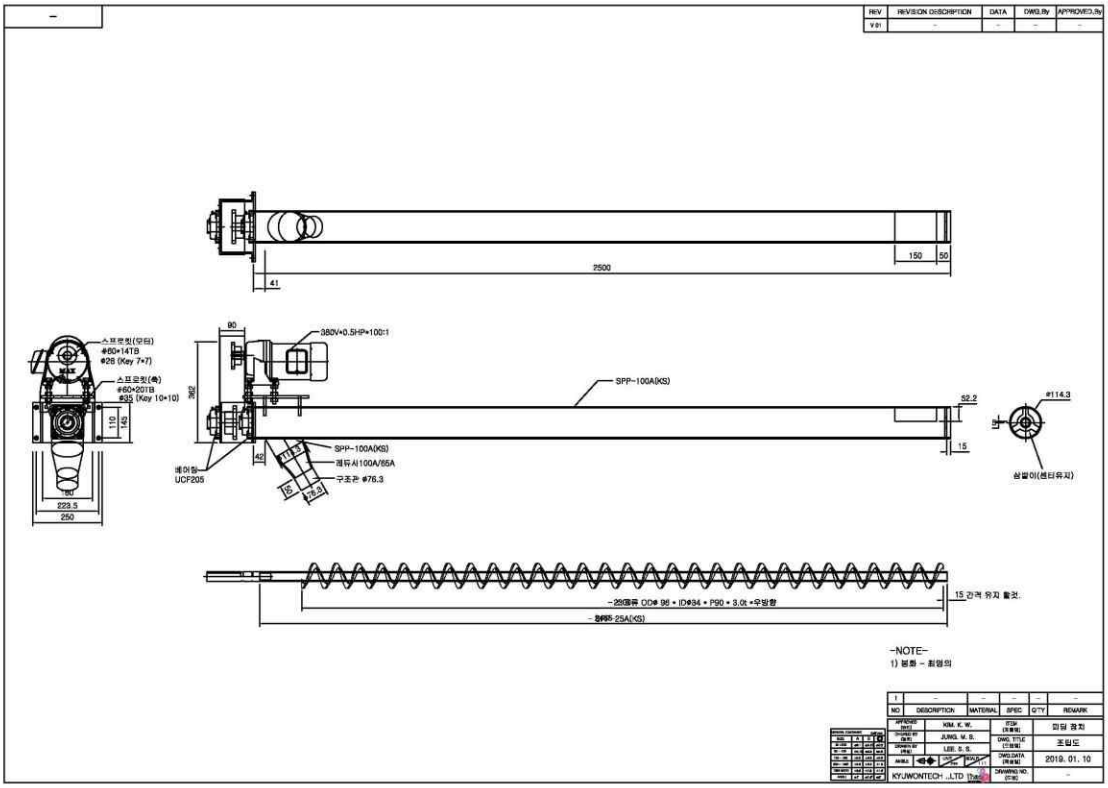
- 호퍼 도면


REV
REVISION DISCRIPTION
DATA
DWG.By
APPROVED.By
1450
730
호퍼 뚜껑
연료량 확인창
청소문 드럼 받이
청소 문짝
이중 바퀴
연료 공급파이프 삽입구
640
1187.3
702.3
1415
1778.3
1955.3
980
NO
DESCRIPTION
MATERIAL
SPEC
Q'TY
REMARK
KIM. K. W.
JUNG. M. S.
LEE. S. S.
ITEM
호퍼
DWG. TITLE
호퍼 조립도
DWG.DATA
2019. 01. 10
KYUWONTECH ,.LTD

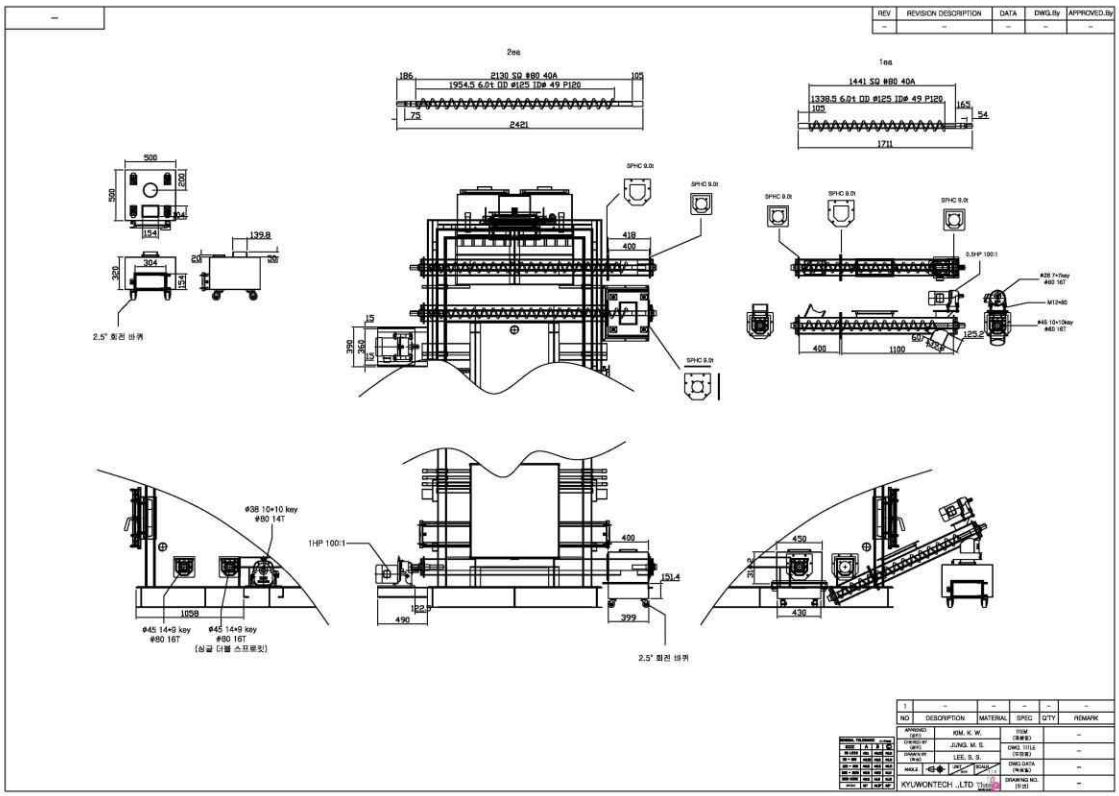
- 집진장치 도면


REV
REVISION DISCRIPTION
DATA
DWG.By
APPROVED.By
청소구 방향
방향 주의
Air inlet
5HP
TBS-3755
ø200 엘보
ø150~ø300
개자리 티
75×40
잔벌
* NOTE *
NO
DESCRIPTION
MATERIAL
SPEC
Q'TY
REMARK
KIM. K. W.
JUNG. M. S.
LEE. S. S.
ITEM
200KW급 집진기
DWG. TITLE
집진기
DWG.DATA
2019. 01. 10.
KYUWONTECH ,.LTD

- 연료 이송장치 도면



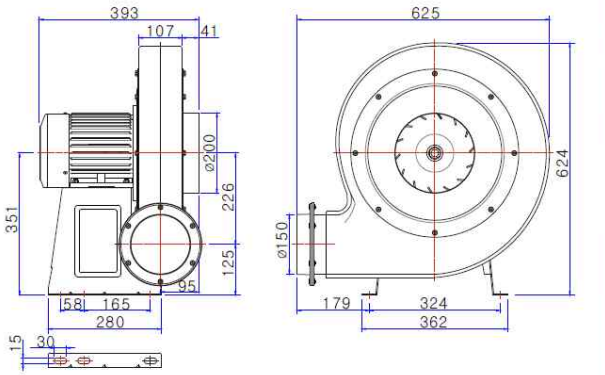
- 재처리 장치 도면



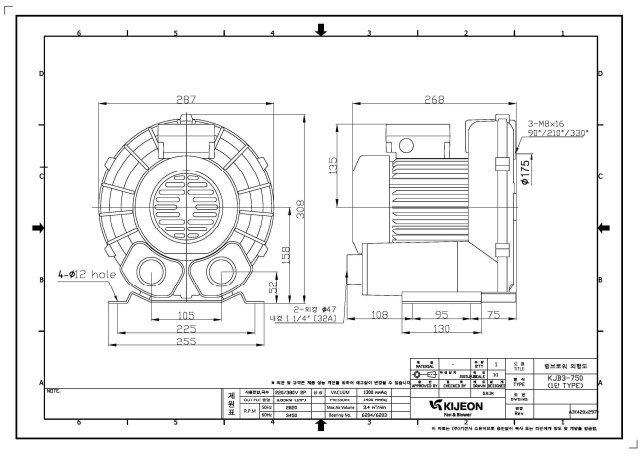
○ 연소용 공기 최종 사양

- ID FAN : 7.5마력, RPM 2180, 70m^3/min, 250mmAq

- FD FAN : 3마력 TBS-3735T 2800W, 풍량 52m^3/min, 정압 320mmAq



- 고온공기 : 0.75kW , 고압링블러워, 2480mmAq, 3.5m^3/min



○ 성능테스트

- 연료 : 음식물 펠릿 8mm, 저위발열량, 3612kcal/kg

발급번호 제 1637호

임 업 시 험 성 적 서

Kofpi 한국임업진흥원

07570
서울특별시 강서구 공항대로 475 신홍빌딩
TEL:02-6393-2604~5/ FAX:02-6393-2609

① 의뢰인	성 명	㈜규원테크 김규원	사업자등록번호	515-81-39758
	주소 및 상호	경북 경산시 남산면 송내공단길 95		
② 결과내용	대상물품명 또는 조사사항	목재제품 시험(신청내용 : 펠릿)		
	수량 또는 조사면적			
	생산지(제조지) 또는 조사지역			
	내 용	함수율, 내구성, 겉보기밀도, 고위발열량, 저위발열량		
	방 법	한국임업진흥원 목재제품 표준시험법에 의함.		

③ 성 적 담당자 : 김영훈 책임자 : 박병수

함수율 (%)	내구성 (%)	겉보기밀도 (kg/m³)	고위발열량 (kcal/kg)	저위발열량 (kcal/kg)
6.2	95.2	718	4,192	3,612

본 성적서는 의뢰인이 제출한 시료에 대한 시험결과로서 전체 제품의 품질을 보증하지 않으며, 발급기관의 서면 동의 없이 홍보, 선전, 광고 및 소송 등의 용도에는 사용할 수 없습니다.

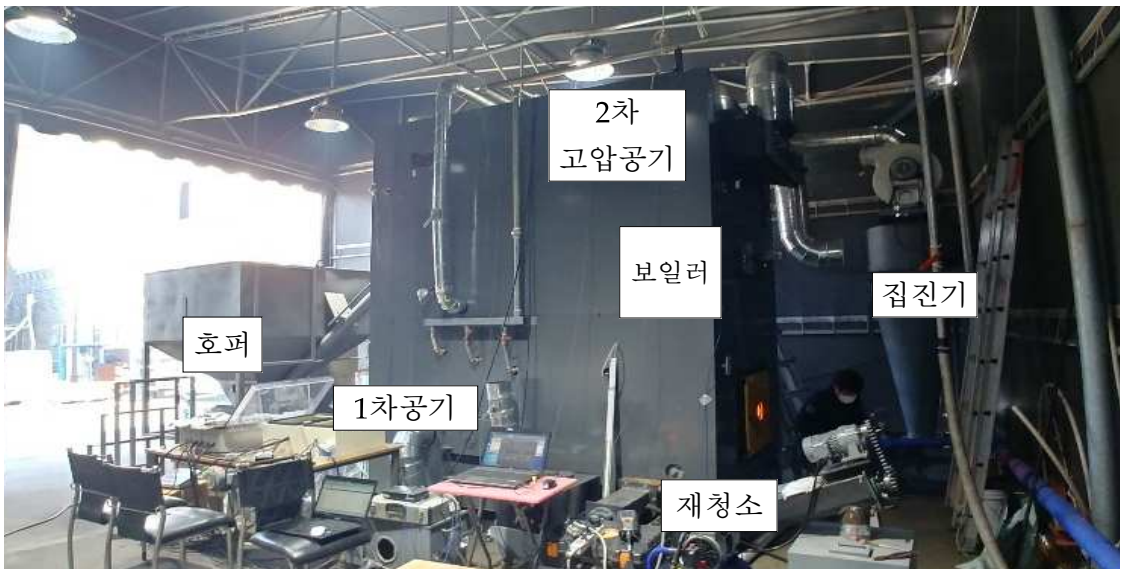
「임업 및 산촌 진흥촉진에 관한 법률」 제29조의3 제4항, 「한국임업진흥원 임업시험 위탁처리에 관한 규정」 제3조의 규정에 의거하여 2016년 12월 1일자로 제출한 대상물품(접수번호 : 2016-2963)에 대한 임업시험 성적을 위와 같이 통지합니다.

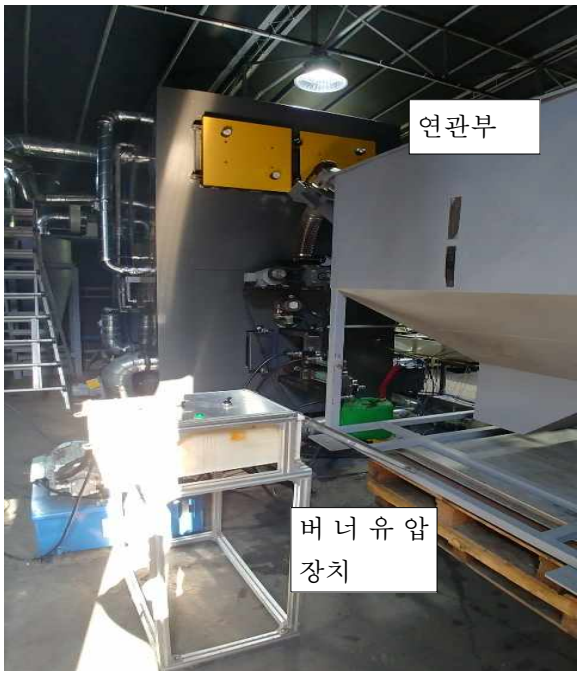
2016년 12월 19일

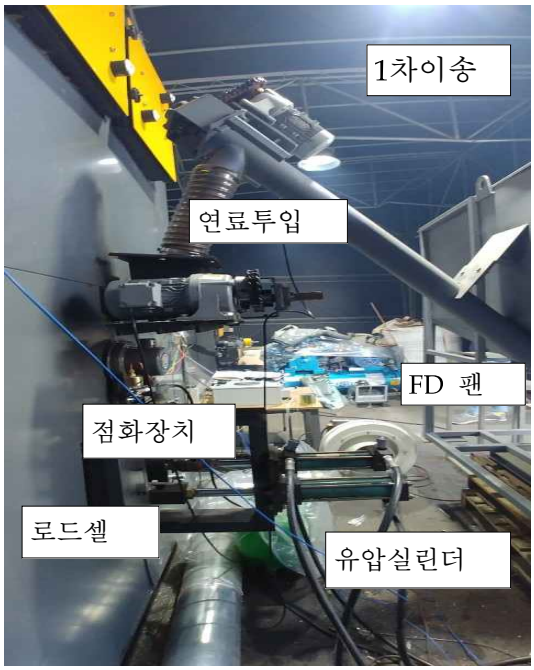
한 국 임 업 진 흥 원 장

- 호퍼 내부 사진

- 시험 사진


2차
고압공기
보일러
집진기
호퍼
1차공기
재청소


연관부
버 너 유 압
장치


1차이송
연료투입
FD 팬
점화장치
로드셀
유압실린더

저울

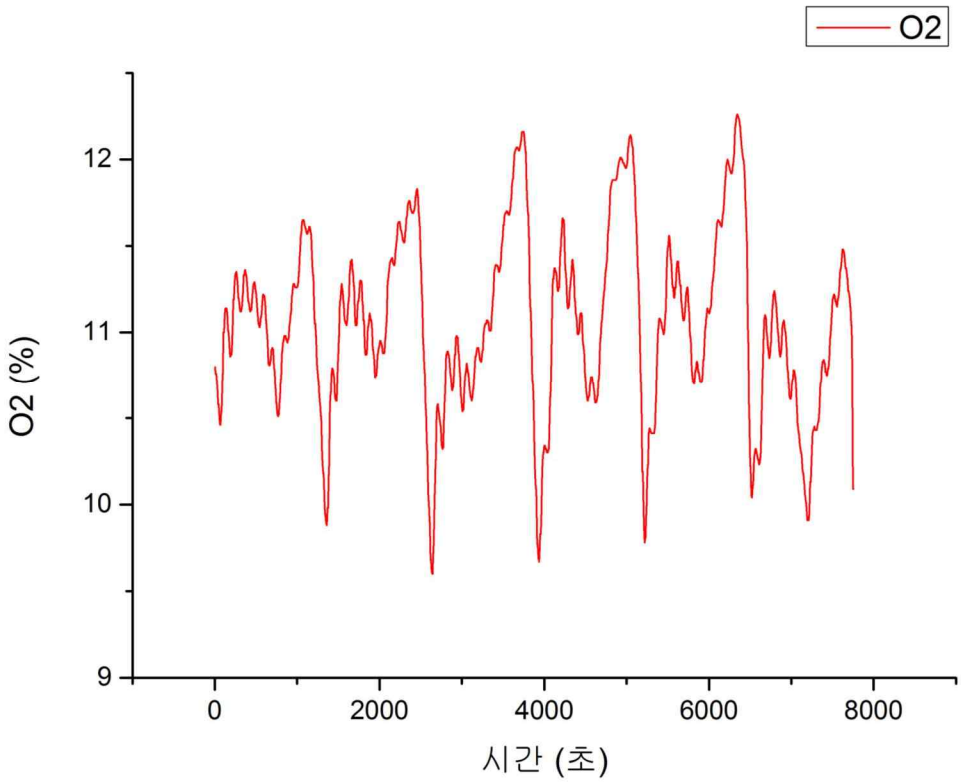
유량계

- 시험 조건

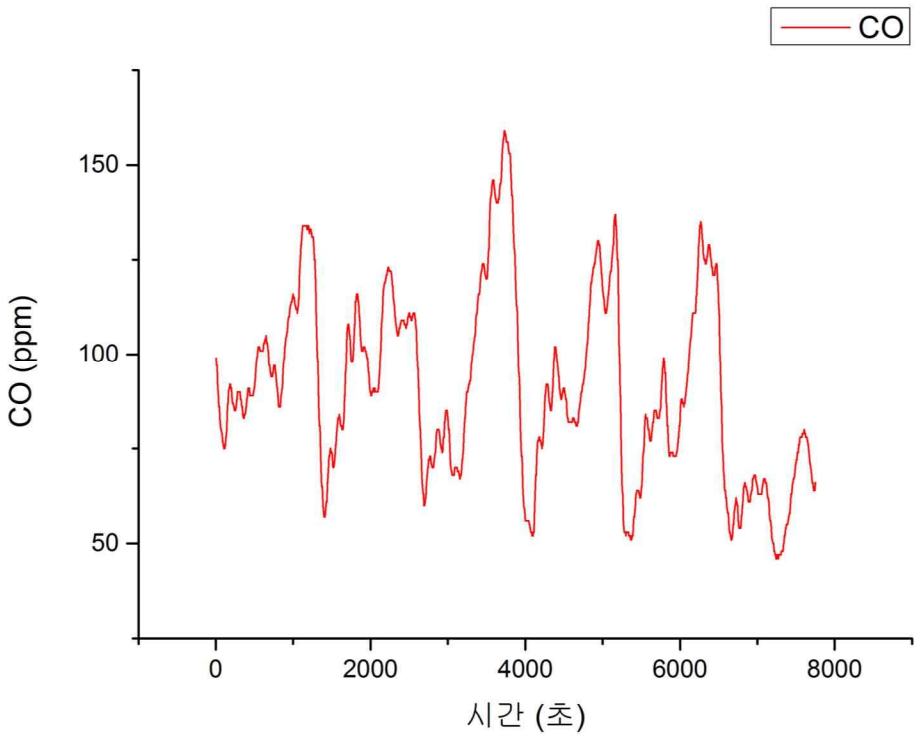
		TEST 1	TEST 2
연료 공급		ON 4초 / OFF 14초	ON 4초 / OFF 17초
ID FAN		37HZ	36HZ
FD FAN		15HZ	20HZ
고온공기		3구 OPEN	3구 OPEN
연료소모량		75.36kg/h	65.02kg/h
급수온도		9.6 ˚C	9.9 ˚C
출구온도		83.2 ˚C	76.5 ˚C
물 량		3334 L/h	3650 L/h
효 율		90.11 %	91 %
연소공기 1차 온도		11.7 ˚C	14.6 ˚C
배기온도		200.3 ˚C	189.7 ˚C
집진기후단온도		146.8 ˚C	140.2 ˚C
1차연소실 상부온도		1232.9 ˚C	1176.4 ˚C
1차연소실 하부온도		668.6 ˚C	651.2 ˚C
2차연소실 온도		857.0 ˚C	791.8 ˚C
2PASS 연관온도		400.1 ˚C	334.0 ˚C
연소	O_2(%)	10.19 %	10.41 %
	CO(PPM)	75 ppm	53 ppm
	CO_2(%)	9.6 %	9.6 %
	NOX(PPM)	280 ppm	275 ppm

- 연소 측정 LOW DATA (4/14초)

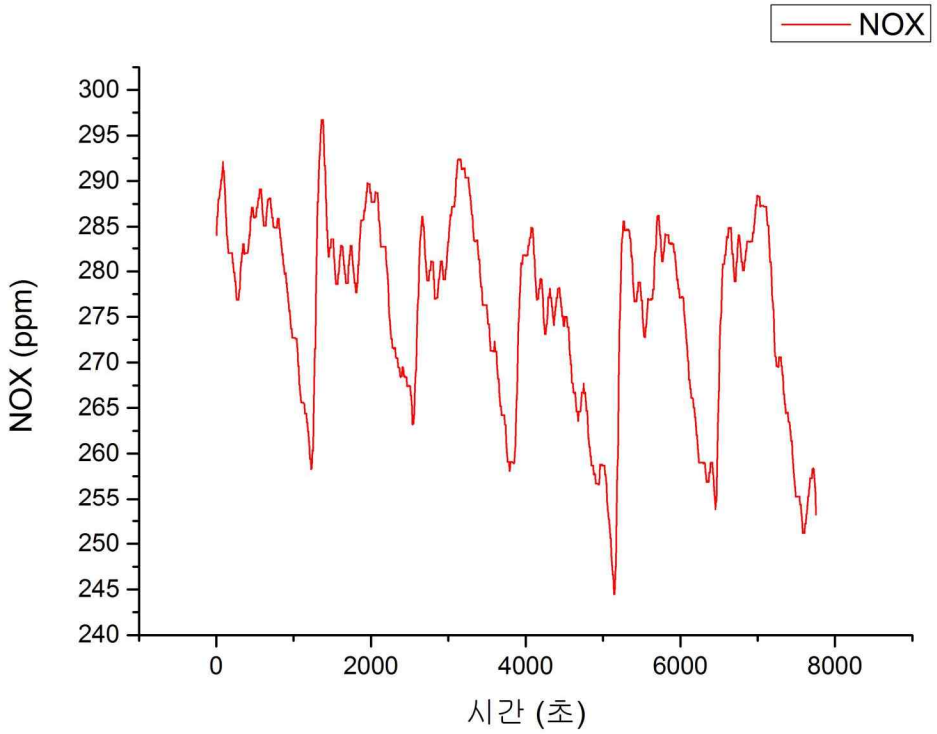
1) O_2 (평균:10.19%)



2) CO (평균 : 75 ppm)

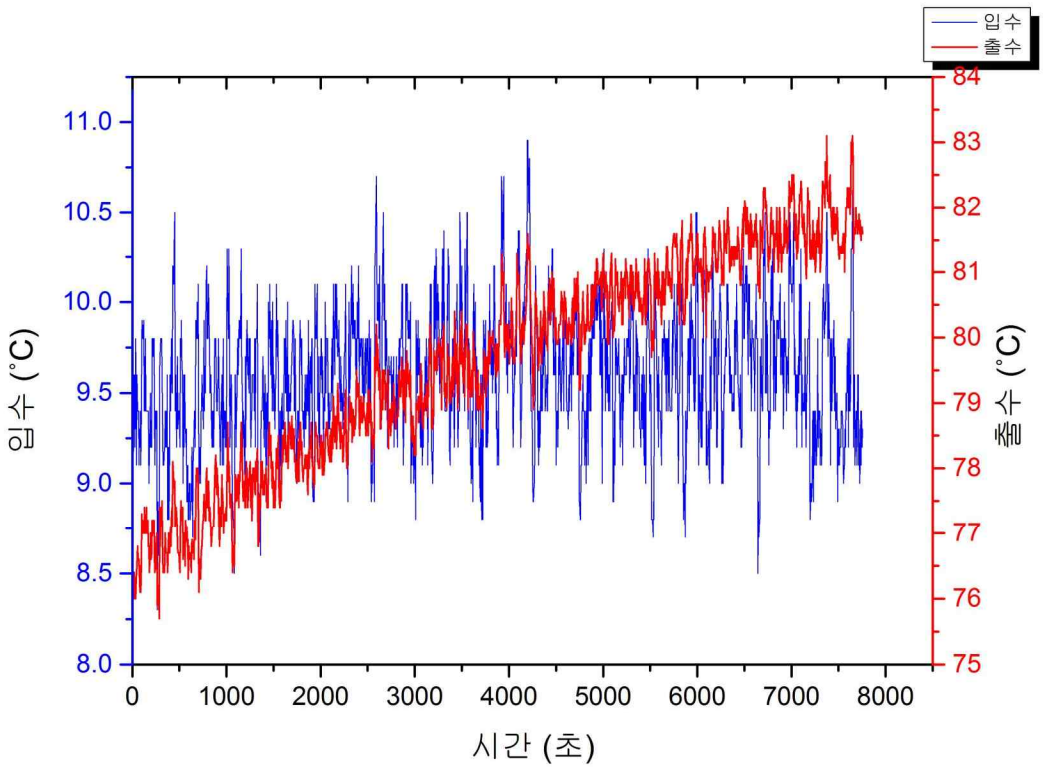


3) NO_X (평균 : 280 ppm)

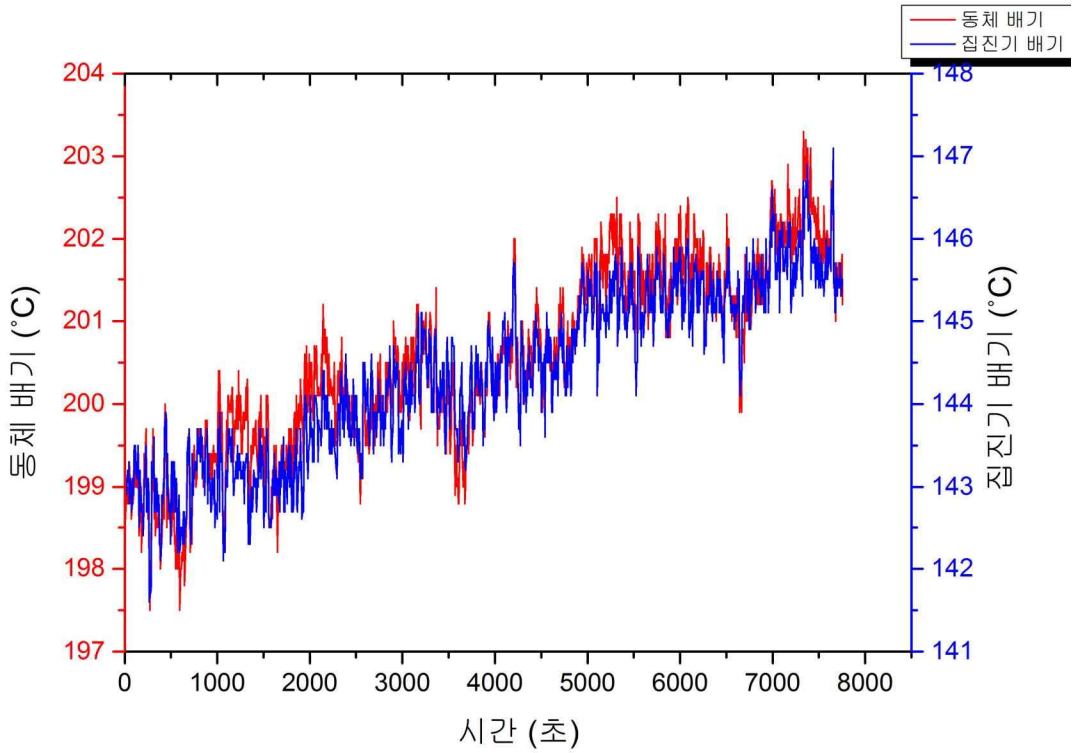


- 온도 측정 LOW DATA

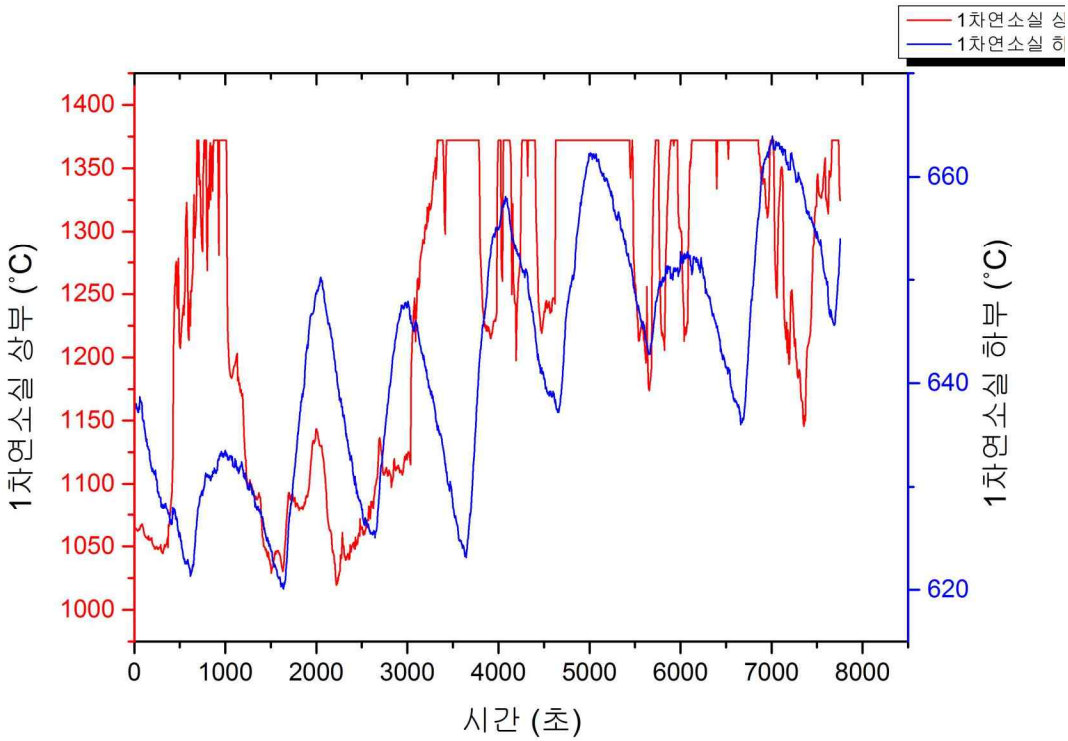
1) 입수,출수



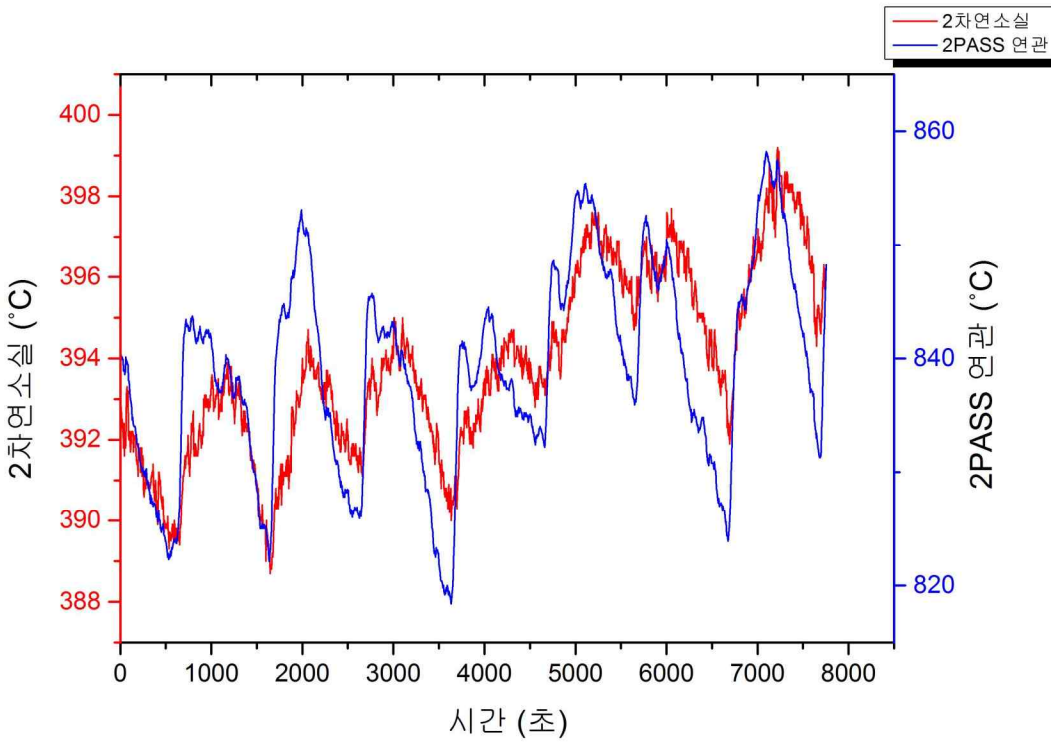
2) 배기 가스 온도



3) 연소실 온도



4) 2차 연소실 온도



○ 점화, 연소, 재 상태 사진

- 점화 상태 사진 : 기름버너로 점화

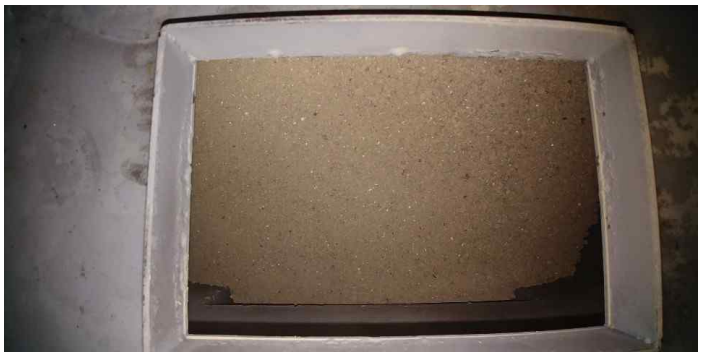
- 연소상태 사진

- 재 상태 사진

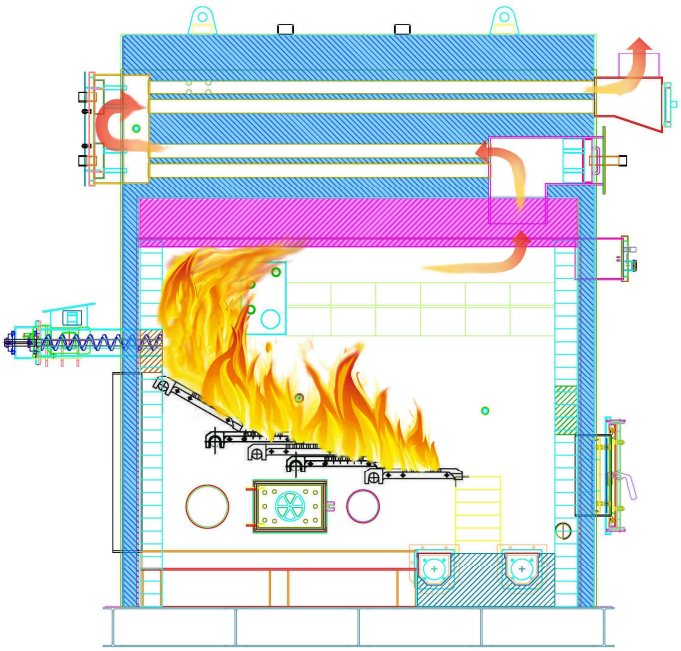
① 화격자 위

② 재스크류

③ 재 통



- 열 흐름도



- 재강열감량 측정 (공인테스트) : 2.2%

intertek
Total Quality. Assured.

REPORT OF ANALYSIS

REPORT NO.	:	KR201-0013815	DATE : Feb. 28, 2019
RECEIPT NO.	:	EE19-02-194	Page(1)/(1)Pages
CLIENT	:	KYUWONTECH. CO., LTD. 95, Songnaegongdan-gil, Namsan-myeon, Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-do, Korea	
DESCRIPTION OF GOODS	:	펠릿 재	
SOURCE OF SAMPLE	:	Submitted From KYUWONTECH. CO., LTD.	
DATE OF SAMPLE RECEIPT	:	Feb. 27, 2019	
PERIOD OF ANALYSIS	:	Feb. 27, 2019 ~ Feb. 28, 2019	

TEST ITEM	UNIT	TEST RESULT	TEST METHOD
Loss on ignition at 600 ℃ for 3 hours	wt %	2.2	Gravimetric Analysis

- END REPORT -

This Report of Analysis is not related to the scope of Korea Laboratory accreditation scheme.

Except where explicitly agreed in writing, all work and services performed by Intertek is subject to our standard Terms and Conditions. Intertek's responsibility and liability are limited to the Terms and Conditions which can be obtained at the reverse side of this page or at http://www.intertek.com/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=51345 for English and http://www.intertek.com/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=51547 for Korean.This report is made solely on the basis of your instructions and / or information and materials supplied by you and provide no warranty on the tested sample(s) be truly representative of the sample source. The report is not intended to be a recommendation for any particular course of action, you are responsible for acting as you see fit on the basis of the report results. Intertek is under no obligation to refer to or report upon any facts or circumstances which are outside the specific instructions received and accepts no responsibility to any parties whatsoever, following the issue of the report, for any matters arising outside the agreed scope of the works. This report does not discharge or release you from your legal obligations and duties to any other person. You are the only one authorized to permit copying or distribution of this report (and then only in its entirety). Any such third parties to whom this report may be circulated rely on the content of the report solely at their own risk.

Tested by Deok Woo Kim

Intertek Kimsco Co., Ltd. OCA

Technical Manager, Eung Yong Lee

Intertek Kimsco Co., Ltd. Ulsan Testing Center.
34, Yongam-gil, Chongryang-eup, Ulju-gun, Ulsan, Korea
Tel +82 52 257 6752, Fax +82 52 276 6792
www.intertek.com, Email cbakorulsanlab@intertek.com

ITC-QP-Form 25-03 Rev No.07 2017.03.02.

※ You can verify the forgery and authenticity by the barcode at the end of this document.

- 공인테스트 시험 결과

KITECH 한국생산기술연구원

2. 시험조건

연료	음식물 펠렛
연료 발열량	4,192 kcal/kg (고위발열량) 3,612 kcal/kg (저위발열량)
연료 투입량	75.23 kg/h
열출력	271,731 kcal/h
급수량	3,334 kg/h

3. 시험방법

- 정상상태에서의 운전 시 연소 배기가스 농도 및 각 부분 측정값을 통해 결과를 도출함.

4. 시험결과

	시험 항목	결과	기준
배기가스	O_2	8.04%	-
	CO	3.87ppm	100 mg/m³ 이하
	CO_2	10.87%	-
	NO_x	281.3ppm	-
보일러	원수 온도	9.7℃	-
	출수 온도	83.2℃	-
	연소실 온도	1232.9℃	-
	난방출력	244,873kcal/h	230kw 급
	효율	90.12%	90% 이상

※ CO ppm - > mg/m³ 전환 계산식

$$CO[mg/m^3] = \frac{O_{2redf} - O_{2Bez}}{O_{2ref} - O_2} \times CO[ppm] \times 1.25$$

$$CO[mg/m^3] = \frac{21-12}{21-8.04} \times 3.87 \times 1.25 = 3.36 mg/m^3$$

CO : 3.36mg/m³

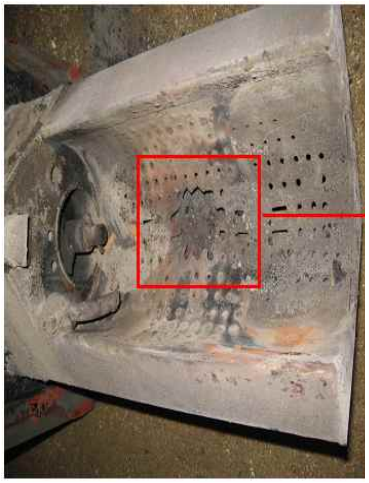
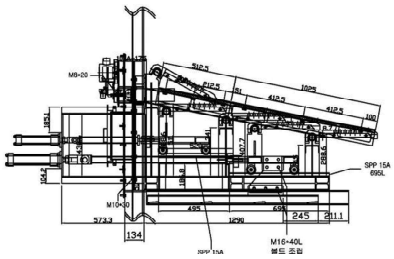
다) 기존 보일러 기술과의 혁신적인 차이점 비교

○ 기존에는 목질계 펠릿만을 연소할수 있는 보일러는 개발되어 보급되어 왔으나, 음식물 분해산물로 펠릿화한 연료를 연소할수 있는 보일러는 개발이 되지 않음.

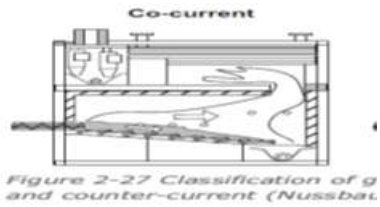
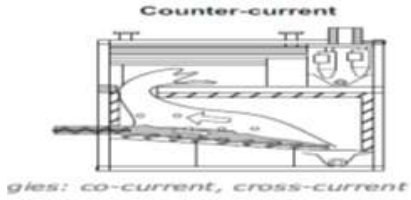
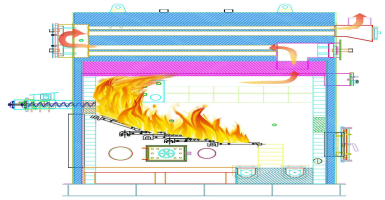
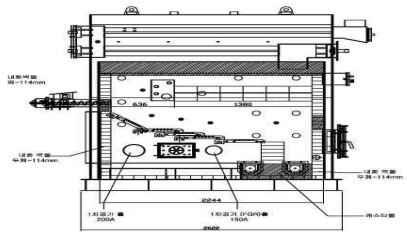
○ 개발이 어려웠던 이유는 고함수, 저발열량 연료를 연소할수 있는 연소기술과 연소 후 발생되는 많은 재를 처리할수 있는 기술이 개발되어 있지 않았기 때문임.

○ 기존 기술과의 차이점 표로 비교

- 버너 연소 기술

구분	기 존	개발 제품	비고
화격자 연소기술	고정식 버너시스템	무빙그레이트 버너시스템	이동형
	연소되는 화격자가 고정되어 있어서 발생되는 크링커나 재를 사용자가 수동으로 처리하는 방식임	화격자가 이동실린더에 의해 전, 후진 됨으로 자동으로 재를 처리하는 방식으로 사용자가 수동으로 처리하지 않아도 됨	
사진			
화격자 재질	-STS 304 재질로 용접처리 : 열에 의해 소손 및 수명이 짧음 위의 사진에서 알 수 있음	- 니켈, 크롬 합금강재질임 열과 염분 등에 강함 	

- 보일러 관체

구분	기 존	개발 제품	비고
화격자 연소 기술	- CO-CURRENT 흐름	- COUNTER CURRENT 흐름	이동형
	- 저함수, 고발열량, 저 ASH 연소방식에 적용	- 고함수, 저발열량, 고 ASH 연소방식에 적용	
사진			
보일러 구조 사진	 	 	

- 재처리, 전열면 청소 등

구분	기 존	개발 제품	비고
재처리 청소	없음	있음	
	수동으로 재를 처리해야 함	- 발생되는 재를 스크류로 자동포집하여 처리함	
전열면 청소	연관 전열면을 솔이나 에어로 수동으로 청소해야 함	압축에어를 통해 오토 슈트블러워 방식으로 자동처리함	
효율	-80%대 -기존 보일러로는 음식물 -분해산물 펠릿 연소가 안됨 -CO 특성 1000PPM대	-90%대 -고효율 보일러 -연소특성 CO특성이 50PPM이하로 완전 연소함	

Ⅳ 음식물쓰레기 분해산물 통합시스템 현장 실증

1. 마이크로 유용자원의 현장 적용 실증 연구

1.1 마이크로 유용자원 처리에 따른 음식물쓰레기 분해효과

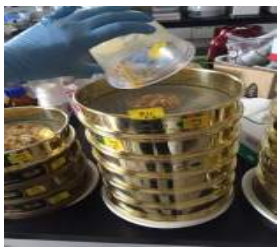
가. 혼합균주를 활용한 음식물쓰레기 분해 실증

1) 재료 및 방법

○ 음식물쓰레기 분해 실험 결과의 정확한 수치를 위하여 환경부고시 제 2012-203호에 의거하여 음식물 찌꺼기 표준시료를 조제하여 실험을 진행함. 음식물은 잡균에 의한 영향을 방지하기 위하여 121 ˚C, 15min동안 멸균하여 사용함. 30 ˚C에서 24시간동안 배양된 11종의(JIF18127, JIF18112, JIF18020, JIF18136, JIF18244, JIF18062, JIF18106, JIF18109, JIF18122, JIF18230, JIF18104) 혼합균주를 음식물 찌꺼기 표준시료 100g에 DW 25%, 혼합균주 15%, 25%씩 첨가하여 음식물쓰레기 분해정도를 평가. 음식물 찌꺼기 표준시료 100g에 11종의 혼합균주 15 mL, 25 mL를 접종 하여 30 ˚C에서 100 rpm, 150 rpm, 200 rpm으로 교반한 후 분해의 정도를 알아보기 위하여 음식물 분해물을 mesh로 걸러내어 건조 전 후의 고형분 함량을 측정함.

<표 64> RPM에 따른 음식물쓰레기 분해 실증 실험 조건

구분	A Type	B Type	C Type
음식물 source1)	환경부 고시에 의거한 음식물 찌꺼기 표준시료		
음식물쓰레기 투입량	100 g		
균주 접종량	DW 25 mL	혼합균주2) 15 mL	혼합균주 25 mL
RPM	200 rpm, 150 rpm, 100 rpm		
교반온도	30 ˚C		
mesh	10 mesh(2 mm), 20 mesh(850 ㎛), 40 mesh(425 ㎛), 40 mesh 이상		
건조온도	50 ˚C		
실험 과정			



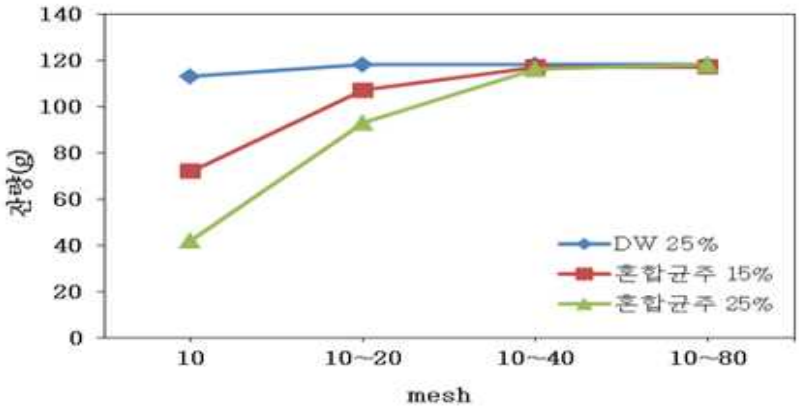
1) 음식물 표준시료 : 밥(16g), 배추(8g), 감자(20g), 양파(20g), 무(2g), 사과(7g), 귤(7g), 돼지고기(5g), 고등어(15g)

2) 혼합균주 : JIF18127, JIF18112, JIF18020, JIF18136, JIF18244, JIF18062, JIF18106, JIF18109, JIF18122, JIF18230, JIF18104

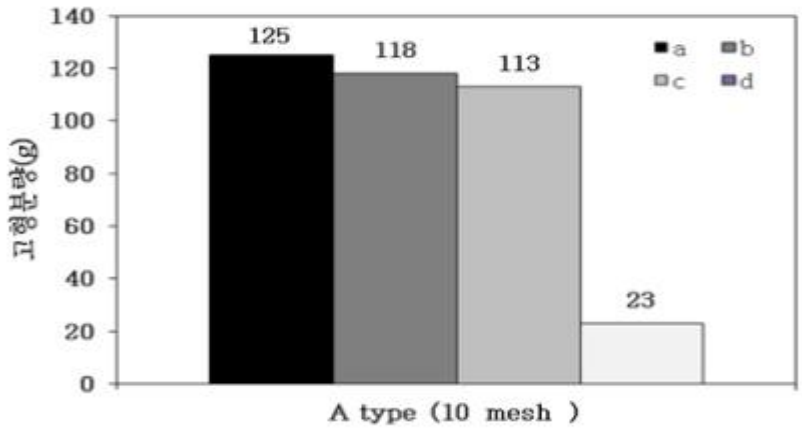
2) 실험 결과

○ 음식물 표준시료를 30 ˚C, 200 rpm으로 24시간동안 교반결과는 다음과 같음. 11종의 혼합균주를 대상으로 15 mL, 25 mL의 균주를 첨가한 음식물쓰레기 분해 정도를 평가한 결과 A군(DW 25 mL)은 10 mesh에서 113 g, 20 mesh에서 5 g의 고형분 양을 확인하였으며, B군(혼합균주 15 mL)은 10 mesh에서 72 g, 20 mesh에서 35 g, 40 mesh에서 10 g을, C군(혼합균주 25 mL)은 10 mesh에서 42 g, 20 mesh에서 51 g, 40 mesh에서 23 g, 40 mesh 이상에서 2 g의 고형분 양을 확인함.

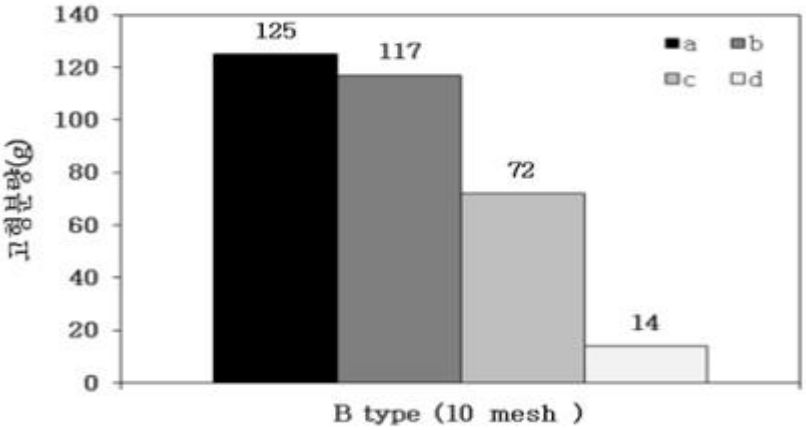
<표 65> RPM(200rpm)에 따른 음식물쓰레기 분해 실증 결과

구 분	30 ˚C, 200 rpm					
음식물쓰레기 source1)	음식물쓰레기 표준시료 환경부 고시					
음식물쓰레기 투입량	100 g					
균주 접종량	DW 25%(25 mL)		혼합균주 15%(15 mL)		혼합균주 25%(25 mL)	
	건조 전	건조 후	건조 전	건조 후	건조 전	건조 후
10 mesh(2 mm)	113	23	72	14	42	9
20 mesh(850 ㎛)	5	0	35	5	51	8
40 mesh(425 ㎛)	0	0	10	1	23	2
40 mesh 이상	0	0	0	0	2	0
total	118	23	117	20	118	19
건조 전						
건조 후						
그래프						

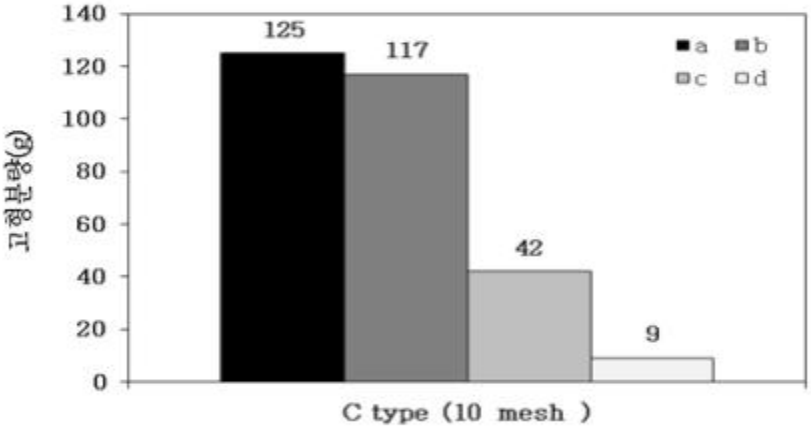
1) 음식물 표준시료 : 밥(16g), 배추(8g), 감자(20g), 양파(20g), 무(2g), 사과(7g), 귤(7g), 돼지고기(5g), 고등어(15g)



<그림 217> 10 mesh에서 음식물쓰레기 고형분 양 (30 ˚C, 200 rpm, A type-DW25%)



<그림 218> 10 mesh에서 음식물쓰레기 고형분 양 (30 ˚C, 200 rpm, B type-혼합균주15%)

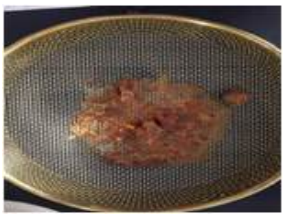
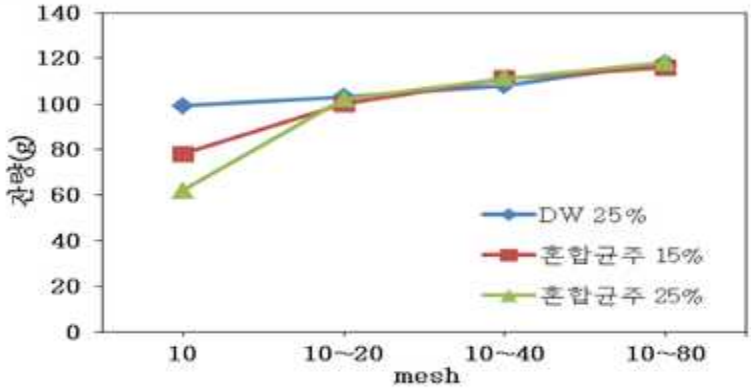


<그림 219> 10 mesh에서 음식물쓰레기 고형분 양 (30 ˚C, 200 rpm, C type-혼합균주25%)

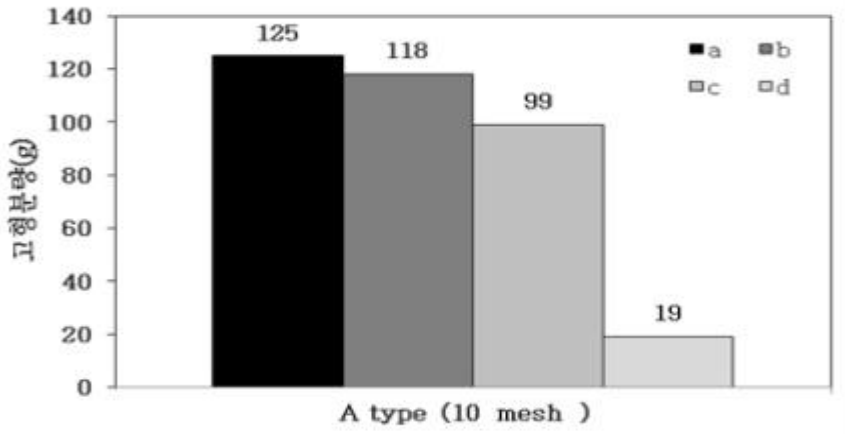
A : 음식물쓰레기 100 g + 액상 25 mL
B : 24시간 교반 후 무게
C : 교반 후 10 mesh로 거른 고형분의 무게, 건조 전(g)
D : 교반 후 10 mesh로 거른 고형분의 무게, 건조 후(g)

○ 음식물 표준시료를 30 ˚C, 150 rpm으로 24시간동안 교반결과는 다음과 같음. 11종의 혼합 균주를 대상으로 15 mL, 25 mL의 균주를 첨가한 음식물쓰레기 분해 정도를 평가한 결과 A군(DW 25mL)은 10 mesh에서 99 g, 20 mesh에서 4 g, 40 mesh에서 5 g, 40 mesh 이상에서 10 g의 고형분 양을 확인하였으며, B군(혼합균주 15 mL)은 10 mesh에서 78 g, 20 mesh에서 22 g, 40 mesh에서 11 g, 40 mesh 이상에서 5 g을, C군(혼합균주 25 mL)은 10 mesh에서 62 g, 20 mesh에서 40 g, 40 mesh에서 9 g, 40 mesh 이상에서 7 g의 고형분 양을 확인함.

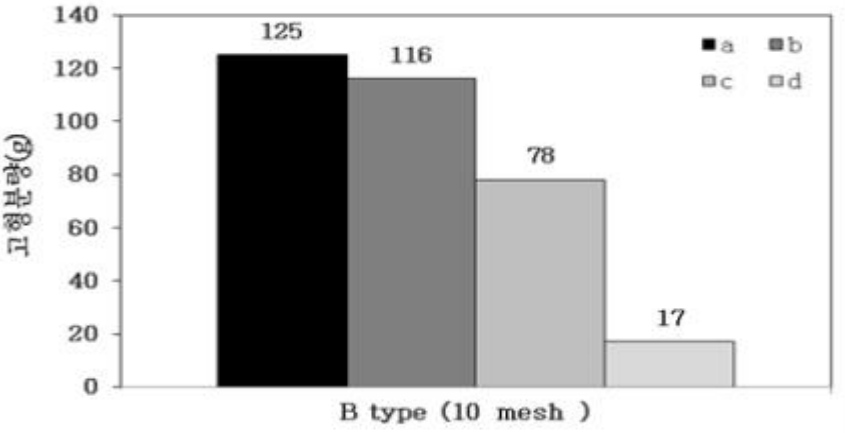
<표 66> RPM(150 rpm)에 따른 음식물쓰레기 분해 실증 결과

구 분	30 ˚C, 150 rpm					
음식물쓰레기 source1)	음식물쓰레기 표준시료 환경부 고시					
음식물쓰레기 투입량	100 g					
균주 접종량	DW 25%(25 mL)		혼합균주 15%(15 mL)		혼합균주 25%(25 mL)	
	건조 전	건조 후	건조 전	건조 후	건조 전	건조 후
10 mesh(2 mm)	99	19	78	17	62	12
20 mesh(850 ㎛)	4	1	22	3	40	5
40 mesh(425 ㎛)	5	1	11	1	9	1
40 mesh 이상	10	2	5	2	7	1
total	118	23	116	23	118	19
건조 전						
건조 후						
그래프						

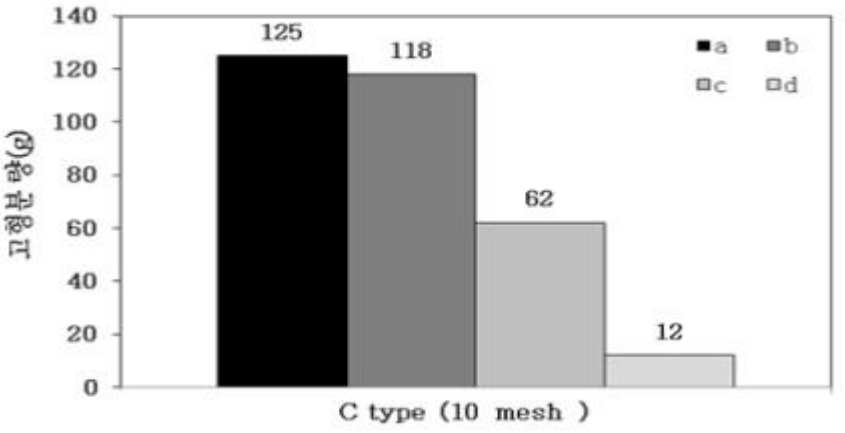
1) 음식물 표준시료 : 밥(16g), 배추(8g), 감자(20g), 양파(20g), 무(2g), 사과(7g), 귤(7g), 돼지고기(5g), 고등어(15g)



<그림 220> 10 mesh에서 음식물쓰레기 고형분 양 (30 ˚C, 150 rpm, A type-DW25%)



<그림 221> 10 mesh에서 음식물쓰레기 고형분 양 (30 ˚C, 150 rpm, B type-혼합균주15%)

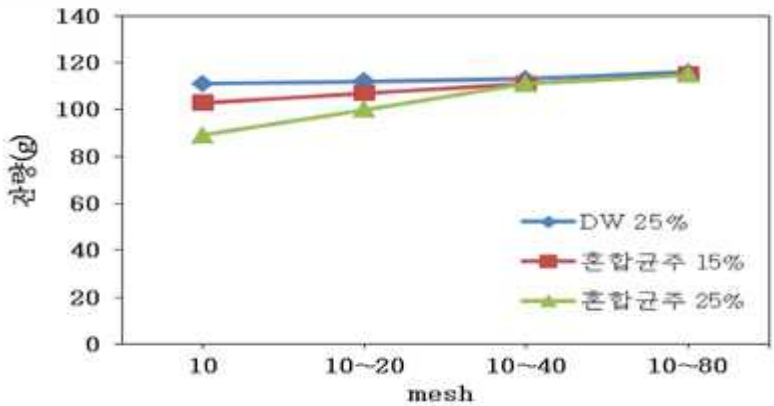


<그림 222> 10 mesh에서 음식물쓰레기 고형분 양 (30 ˚C, 150 rpm, C type-혼합균주25%)

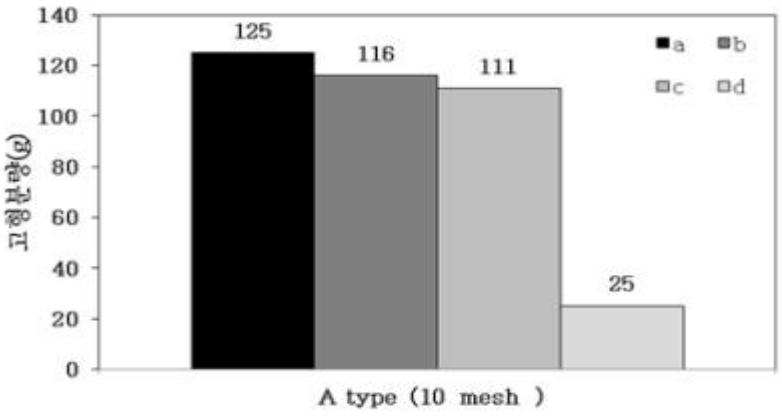
A : 음식물쓰레기 100 g + 액상 25 mL
B : 24시간 교반 후 무게
C : 교반 후 10 mesh로 거른 고형분의 무게, 건조 전(g)
D : 교반 후 10 mesh로 거른 고형분의 무게, 건조 후(g)

○ 음식물 표준시료를 30 ˚C, 100 rpm으로 24시간동안 교반결과는 다음과 같음. 11종의 혼합 균주를 대상으로 15 mL, 25 mL의 균주를 첨가한 음식물쓰레기 분해 정도를 평가한 결과 A군(DW 25 mL)은 10 mesh에서 111 g, 20 mesh에서 1 g, 40 mesh에서 1 g, 40 mesh 이상에서 3 g의 고형분 양을 확인하였으며, B군(혼합균주 15 mL)은 10 mesh에서 103 g, 20 mesh에서 4 g, 40 mesh에서 4 g, 40 mesh이상에서 4 g을, C군(혼합균주 25 mL)은 10 mesh에서 89 g, 20 mesh에서 11 g, 40 mesh에서 11 g, 40 mesh 이상에서 4 g의 고형분 양을 확인함.

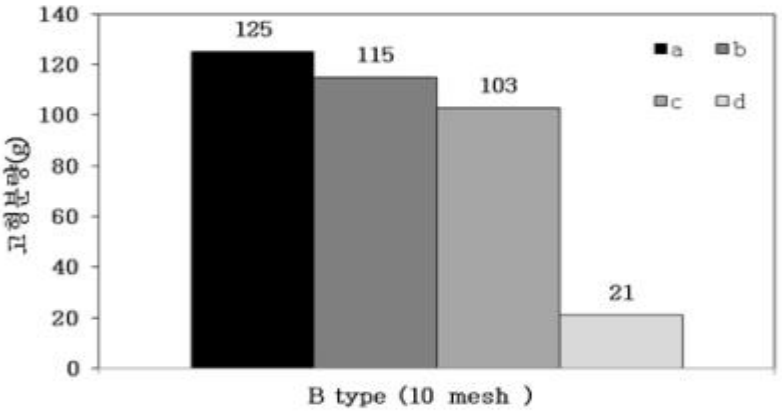
<표 67> RPM(100 rpm)에 따른 음식물쓰레기 분해 실증 결과

구 분	30 ˚C, 100 rpm					
음식물쓰레기 source1)	음식물쓰레기 표준시료 환경부 고시					
음식물쓰레기 투입량	100 g					
균주 접종량	DW 25%(25 mL)		혼합균주 15%(15 mL)		혼합균주 25%(25 mL)	
	건조 전	건조 후	건조 전	건조 후	건조 전	건조 후
10 mesh(2 mm)	111	25	103	21	89	17
20 mesh(850 ㎛)	1	0	4	1	11	1
40 mesh(425 ㎛)	1	0	4	0	11	1
40 mesh 이상	3	0	4	0	4	0
total	116	25	115	22	115	19
건조 전						
건조 후						
그래프						

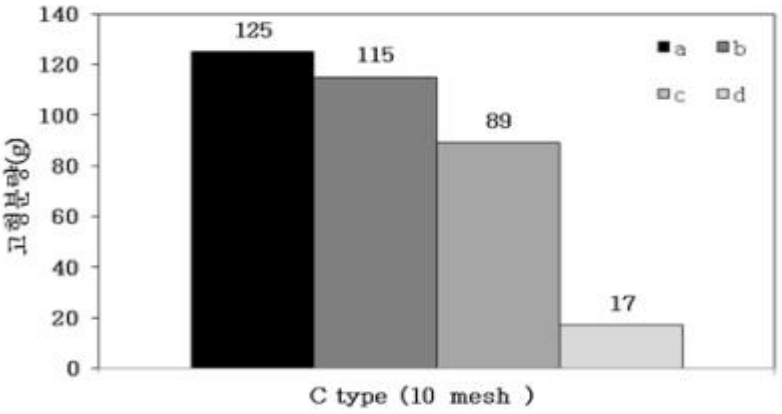
1) 음식물 표준시료 : 밥(16g), 배추(8g), 감자(20g), 양파(20g), 무(2g), 사과(7g), 귤(7g), 돼지고기(5g), 고등어(15g)



<그림 223> 10 mesh에서 음식물쓰레기 고형분 양 (30 ˚C, 100 rpm, A type-DW25%)



<그림 224> 10 mesh에서 음식물쓰레기 고형분 양 (30 ˚C, 100 rpm, B type-혼합균주15%)



<그림 225> 10 mesh에서 음식물쓰레기 고형분 양 (30 ˚C, 100 rpm, C type-혼합균주25%)

A : 음식물쓰레기 100 g + 액상 25 mL
B : 24시간 교반 후 무게
C : 교반 후 10 mesh로 거른 고형분의 무게, 건조 전(g)
D : 교반 후 10 mesh로 거른 고형분의 무게, 건조 후(g)

나. 혼합균주 적용에 따른 음식물쓰레기 분해 현장 실증(i)

1) 재료 및 방법

○ 혼합균주 적용에 따른 음식물쓰레기 분해 현장실증 효능의 여부를 확인하기 위하여 일반 푸드업체로부터 음식물쓰레기 시료를 채취하였으며, 평강 BIM의 음식물처리장치에 음식물쓰레기 40 kg에 DW 8 L(약 20%)와 11종의 혼합균주(JIF18127, JIF18112, JIF18020, JIF18136, JIF18244, JIF18062, JIF18106, JIF18109, JIF18122, JIF18230, JIF18104) 8L를 처리하여 현장실증시 음식물쓰레기 분해정도를 비교 및 평가. 30 ˚C에서 48시간동안 교반 한 후 음식물의 분해 정도를 알아보기 위하여 분해물 550 g 가량을 채취하여 10 mesh로 걸러내어 0시간, 24시간, 48시간째의 고형분의 무게를 측정하여 고형분 함량을 나타냄. 음식물쓰레기 시료 40kg 일때의 분해정도는 수치 환산을 통하여 간접적으로 확인함.

<표 67> 혼합균주 적용에 따른 음식물쓰레기 분해 현장 실증 실험 조건

구분	DW 처리군	혼합균주 처리군
음식물 source1)	푸드업체 음식물쓰레기 시료	
음식물쓰레기 투입량	40 kg	
균주 접종량	DW 8 L	혼합미생물 8 L
교반온도	30 ˚C	
mesh	10 mesh	

실험 과정

음식물분해처리장치

→

음식물쓰레기 40kg 투입

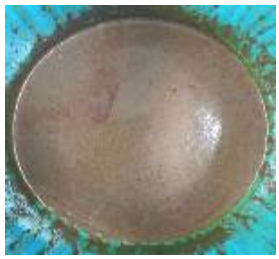
→

DW 및 혼합균주 처리 후 교반

→

고형분 확인(10 mesh)

→



분해 슬러지 확인

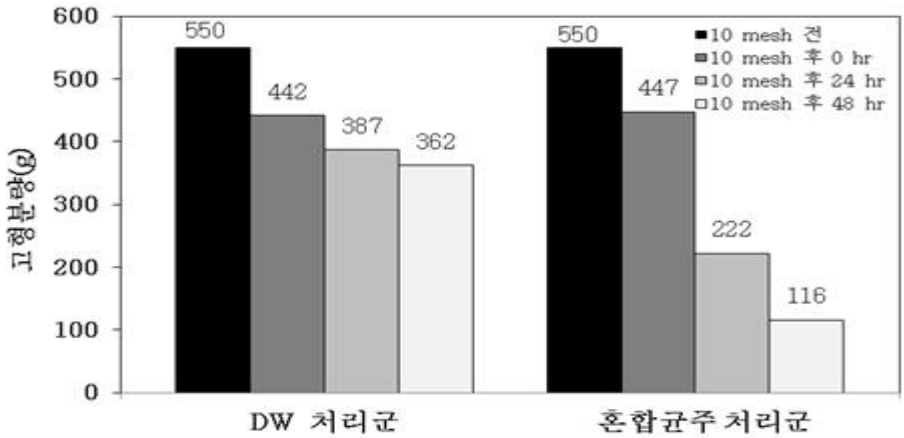
1) 음식물 시료 : 쌀밥, 배추김치, 깍두기, 두부조림, 시래기된장국 등

2) 실험 결과

○ 음식물쓰레기 40 kg을 DW와 혼합균주 8 L에 의해 30 ˚C, 48시간동안 분해한 결과는 <표 68>과 같음.

○ 음식물의 분해정도를 확인하기 위하여 분해물 550 g 가량을 채취하여 10 mesh에 걸러내었으며 0 hr, 24 hr, 48 hr째의 고형분의 무게를 측정한 결과는 다음과 같음. 음식물쓰레기 대비 약 20% 가량의 DW와 혼합균주를 처리하여 10 mesh에 걸렀을 때 분해 전 0hr 째 시료는 고형분 550 g 중 약 440 g 대로 측정되었으며, 24 hr 분해 결과 혼합균주 처리군은 222 g으로 DW 처리군 387 g에 비하여 약 30% 정도의 고형분량이 차이가 났으며, 48 hr 분해 결과 혼합균주 처리군은 116 g으로 DW 처리군 362 g에 비하여 음식물 입자의 분해 정도가 약 3배정도 효과가 있음을 확인되었음.

<표 68> 혼합균주 적용에 따른 음식물쓰레기 분해 현장 실증 비교 결과

구 분	DW 처리군			혼합균주 처리군		
음식물쓰레기 source	푸드업체 음식물쓰레기 시료					
음식물쓰레기 투입량	40 kg					
균주 접종량	DW 8L			혼합균주 8L		
분해시간	0 hr	24 hr	48 hr	0 hr	24 hr	48 hr
10 mesh (2mm, 550g)	442g	387g	362g	447g	222g	116g
10 mesh (2mm, 40kg)	32,569g	28,134g	26,317g	32,496g	16,139g	8,433g
고형분 함량(%)	80.4%	70.4%	65.8%	81.3%	40.4%	21.1%
실험결과						
그래프						

다. 혼합균주 적용에 따른 음식물쓰레기 분해 현장 실증(ii)

1) 재료 및 방법

○ 혼합균주 적용에 따른 음식물쓰레기 분해 현장실증의 결과를 토대로 음식물쓰레기 대량 분해 시 혼합균주의 역할에 문제가 없음을 확인 하였으며, 이를 바탕으로 음식물쓰레기 분해 소멸에 의한 펠렛화 제작 여부를 위한 실험을 진행함. 일반 푸드업체로부터 음식물쓰레기 시료를 채취하였으며, 평강 BIM의 음식물처리장치에 음식물쓰레기 17.7 kg, 톱밥 19.4 kg, 11종의 혼합 유용 미생물(JIF18127, JIF18112, JIF18020, JIF18136, JIF18244, JIF18062, JIF18106, JIF18109, JIF18122, JIF18230, JIF18104) 3.6 L를 처리 후 30˚C의 온도에서 음식물쓰레기 연속식 분해를 수행함(음식물 : 톱밥 : 미생물 = 1:1:total 10%). 톱밥과 미생물은 초기에 1회 투입하며, 음식물쓰레기만을 10 kg/day급으로 연속식으로 투입하였으며 함수율, 유기물함량을 측정하여 미생물에 의한 음식물 분해 및 펠렛화 제작의 여부를 확인함.

<표 69> 혼합균주 적용에 따른 음식물쓰레기 분해를 통한 펠렛화 제작 실험조건

초기투입비율	음식물쓰레기 : 톱밥 : 미생물 = 17.7 kg : 19.4 kg : 3.6 L
음식물 source1) 음식물쓰레기 투입량	푸드업체 음식물쓰레기 시료 연속식 투입 10 kg/day급
실험 과정	 음식물분해처리장치 → 음식물쓰레기 17.7 kg+톱밥 19.4 kg+미생물 3.6 L 투입 → 교반 → 음식물 10 kg/day 연속식 투입 → 펠렛화 원료

1) 음식물 시료 : 쌀밥, 배추김치, 깍두기, 두부조림, 시래기된장국 등

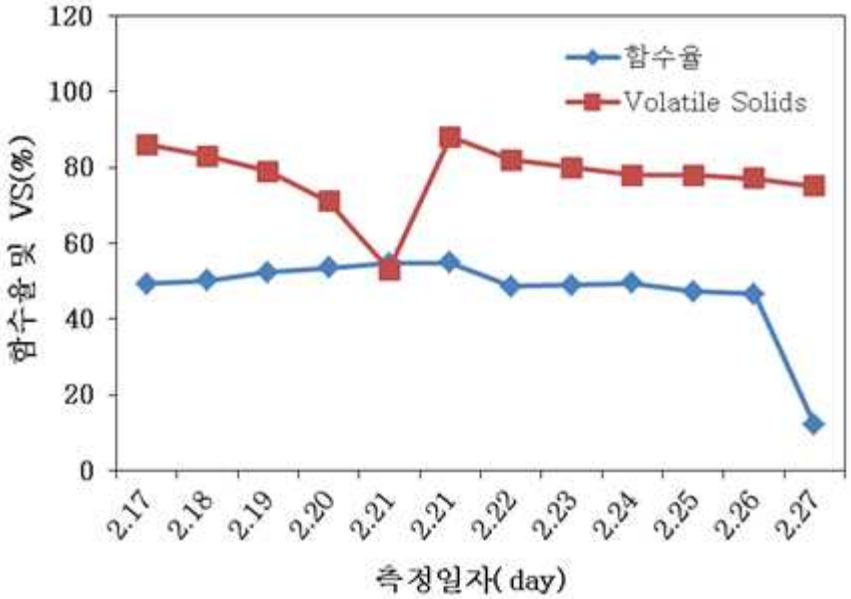
2) 실험 결과

○ 실험 초기 함수율을 약 50%로 맞추어 실험을 진행하기 위하여 음식물쓰레기, 톱밥, 미생물을 각각 17.7 kg, 19.4 kg, 3.6 L로 하여 49.26%의 함수율로 실험을 진행함. 약 5일간 음식물쓰레기 분해장치의 기기 결함 및 함수율, VS의 함량 측정을 통하여 경향 파악을 하였으며, 5일째부터 음식물 10kg씩 투입함. 음식물 1회 투입시 5일간의 경향은 음식물쓰레기 분해장치의 문

제로 인하여 환풍력의 영향이 적었던 관계로 함수율이 높게 측정되었으며, 환풍구의 교체 시점부터 함수율이 떨어지고 있음을 확인함. 5일째(19.02.21)부터 약 6일간 10 kg 씩 음식물 투입을 하였으며, 일마다 함수율 및 VS의 값이 떨어진 것으로 보아 음식물쓰레기 분해가 진행되고 있음을 확인함.

<표 70> 음식물쓰레기 연속식 분해 함수율 및 VS 측정값

측정일자	톱밥 및 미생물 투입	음식물투입	함수율(%)	VS(%)
19.02.17	19.4 kg + 3.6 L	17.7 kg	49.26	86
19.02.18			54.12	83
19.02.19			57.23	79
19.02.20			55.44	71
19.02.21			54.69	53
19.02.21		10 kg	54.78	88
19.02.22		10 kg	48.64	82
19.02.23		10 kg	48.97	80
19.02.24		10 kg	49.36	78
19.02.25		10 kg	47.29	78
19.02.26		10 kg	46.59	77
19.02.27				
	(건조 후)		12	75



<그림 226> 음식물쓰레기 연속식 분해 함수율(%) 및 VS(%) 측정 data

1.2 유용균주 처리에 따른 미생물 군집능 특성분석

가. 유용균주 투입에 따른 음식물쓰레기 분해 과정 중 군집도 분석

1) 재료 및 방법

① 샘플정보 및 시료 처리 방법

○ 군집도 분석시 사용된 시료는 121 ˚C에서 15분간 멸균된 음식물을 사용. A군은 음식물 100 g에 멸균증류수 25 mL를 처리, B군은 음식물 100 g에 혼합균주 25 mL를 처리, 혼합미생물 JIF18300군은 혼합균주 배양액만을 군집도 수행을 진행하여 혼합균주 배양액의 우점 미생물의 음식물쓰레기 처리에 따른 변화를 확인.

Sample No	Sample Information	Source of Food waste	Treatment Method
1	A	음식물 표준시료1)	음식물표준시료1) + DW 25 mL
2	B	음식물 표준시료1)	음식물표준시료1) + Mixed Strain2) 25 mL
3	JIF18300	-	Mixed Strain2)

1) 밥 16g, 배추 8g, 감자 20g, 양파 20g, 무 2g, 사과 7g, 귤 7g, 돼지고기 5g, 고등어 15g
2) Mixed Strain : JIF18127, JIF18112, JIF18020, JIF18136, JIF18244, JIF18062, JIF18106, JIF18109, JIF18122, JIF18230, JIF18104

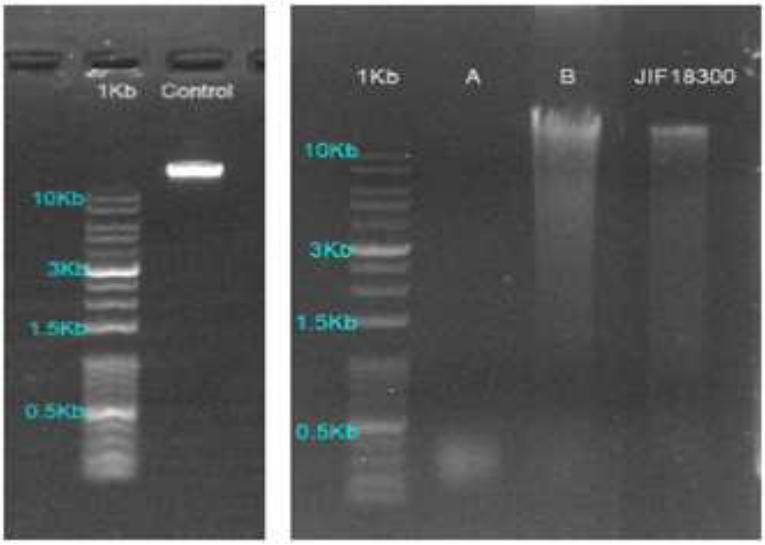
② DNA 추출

○ DNA Preparation and QC Method

DNA Preparation	MPbio, FastDNA® Spin Kit for soil
Quantity of DNA	Bio Tek, EpochTM Spectrometer
Quantity of Amplicon	Invitrogen, Quant-iT PicoGreen dsDNA Assay kit
Assessing the condition of DNA	Agarose gel electrophoresis

○ QC Guideline

- QC 진행 결과 A군의 경우 멸균된 음식물에 멸균증류수를 처리함으로써 미생물이 존재하지 않아 DNA 추출이 불가능하였으며, 이를 통하여 시료의 멸균이 잘 되어 잡균의 영향이 적을 것으로 확인됨.



2) 미생물 군집도 결과

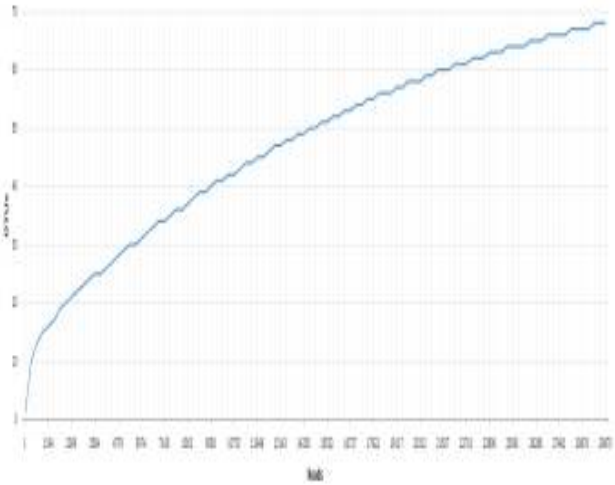
① Sample군의 Alpha diversity

○ ACE와 Chao1은 OTU에 민감한 종의 풍요로움을 나타내는 지표이며, Shannon은 0보다 큰값을 나타내는 종별 균일성을 나타내는 지표로서 값이 높을수록 다양성이 높다는 것을 의미함. Simpson은 무작위로 선택된 두 개의 배열이 같은 종이라는 확률을 나타내는 종별 균일성을 나타내는 지표로, 값은 0부터 1까지이며, 값이 낮을수록 다양성이 높음. 이를 통하여 혼합미생물 JIF18300 군에 비하여 음식물쓰레기에 혼합미생물을 처리한 군에서 더 많은 종이 나타나 군집의 변화가 있을 것으로 확인됨. Good's coverage of library는 분석에 사용된 염기서열 판독횟수가 표본의 실제 종수를 나타내는 정도를 지수화한 것. 0에서 100까지 다양하며, 100%는 완전한 종 표본 추출임을 나타냄.

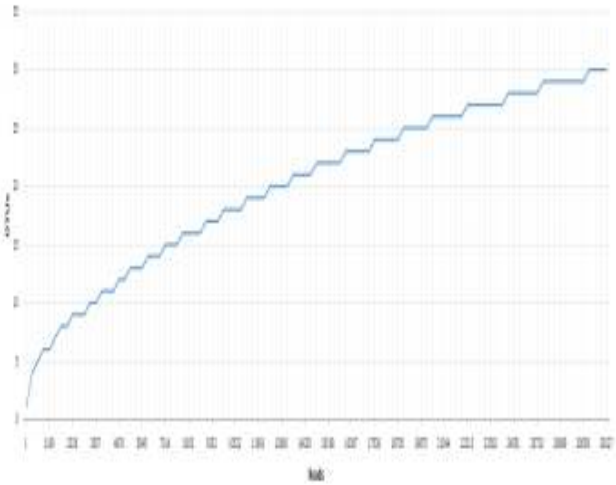
<표 71> sample A, B, Mixed strain JIF18300의 Alpha diversity 결과

구 분	A	B	Mixed Strain JIF18300
ACE	-	85.3	41.7
Chao1	-	77.6	43.0
Shannon	-	0.914	0.876
Simpson	-	0.579	0.480
Good's coverage of library(%)	-	99.9	100

○ Rarefaction curve(OTUs)은 표본데이터의 크기와 OTU의 개수의 상관관계를 도표로 나타내어 종 다양성을 나타내는 그래프로 X축은 샘플 판독의 수를 나타내고, Y축은 발견된 OTU의 수를 나타냄. 읽기 횟수가 증가함에 따라 OTU 수가 최대값으로 수렴됨. sample ‘B’의 경우 y축이 75까지 나타났으며, sample ’혼합균주 JIF18300’의 경우 y축이 30까지 나타난 것으로 보아 음식물쓰레기에 혼합미생물을 처리한 군에서 더 많은 종이 나타날 것으로 확인됨.

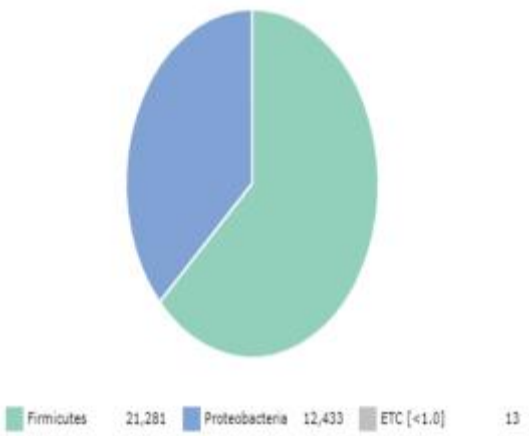


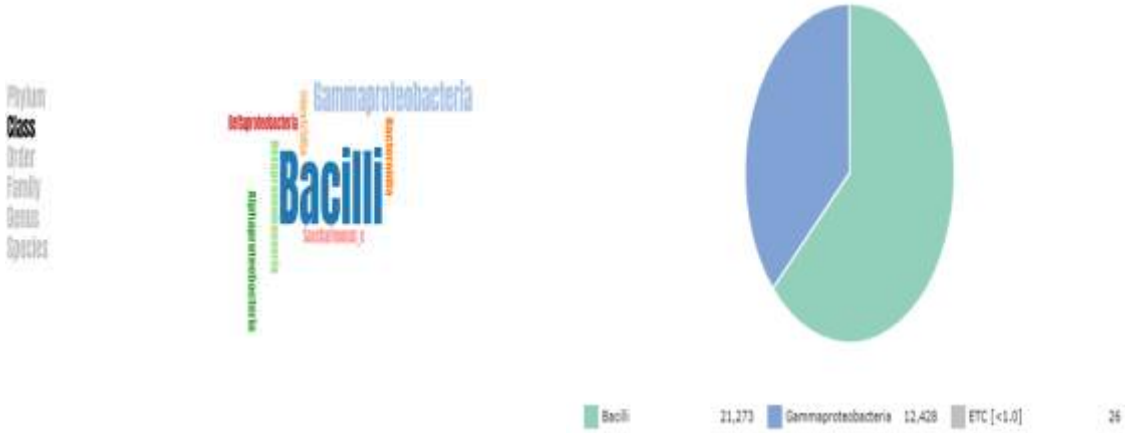
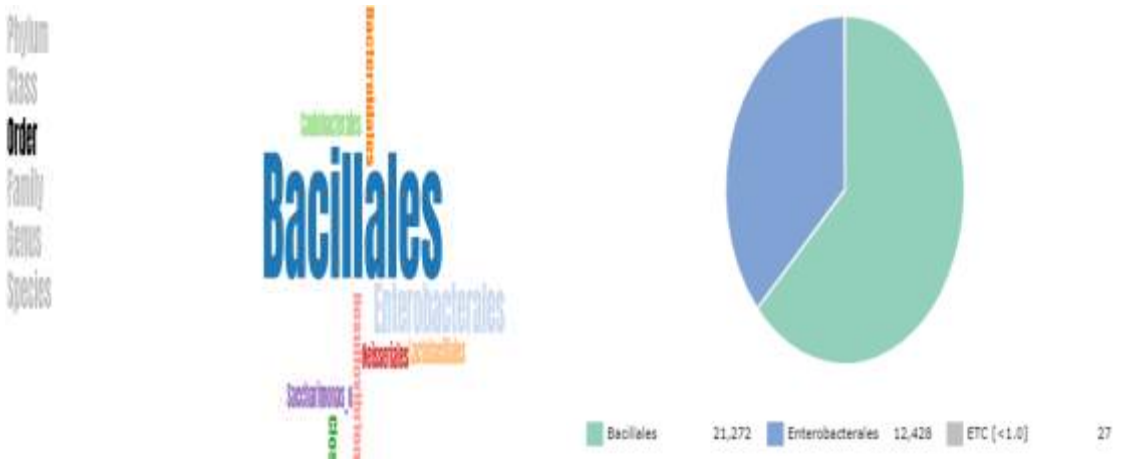
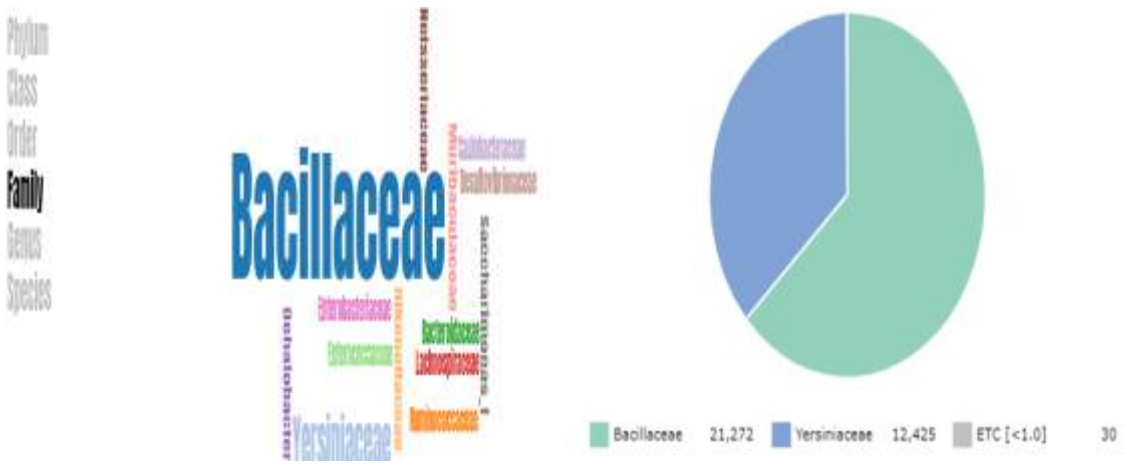
B

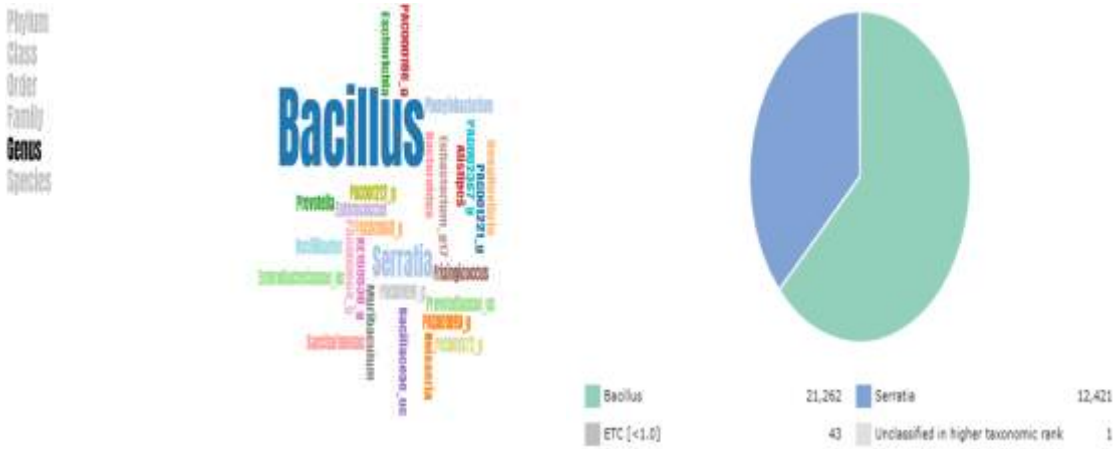
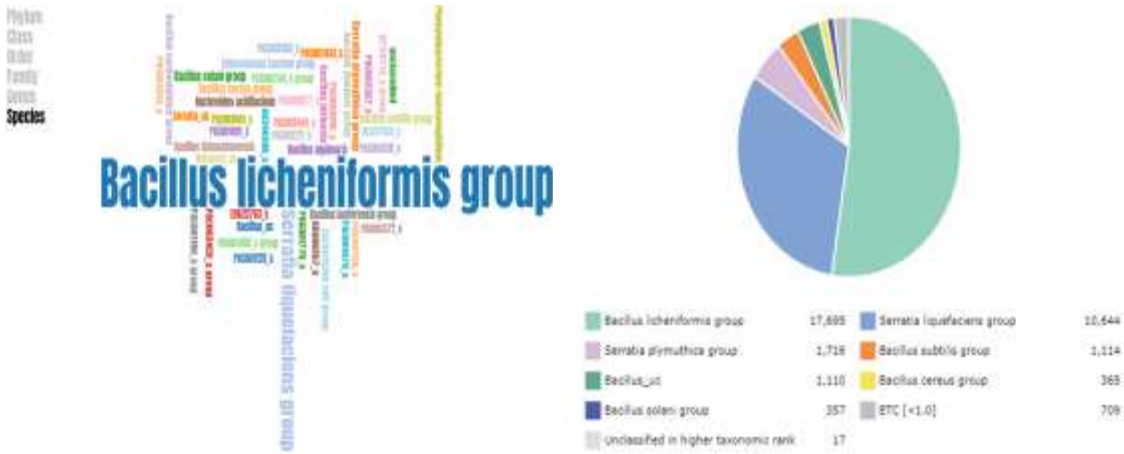


JIF18300

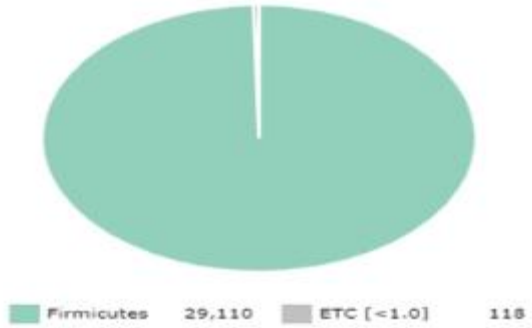
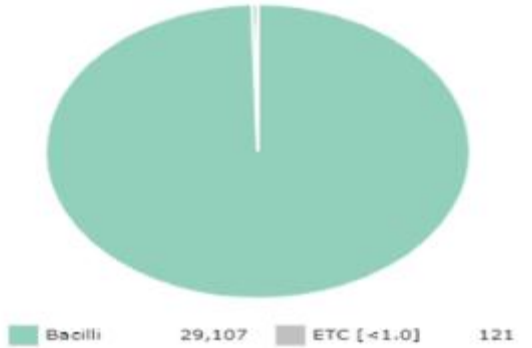
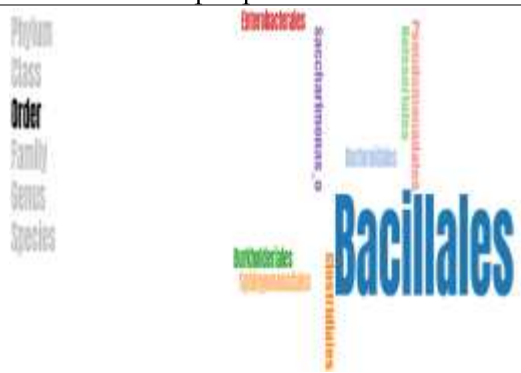
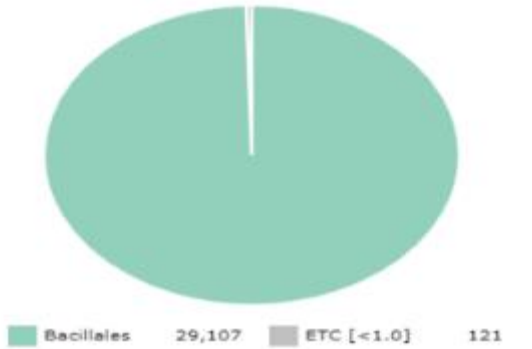
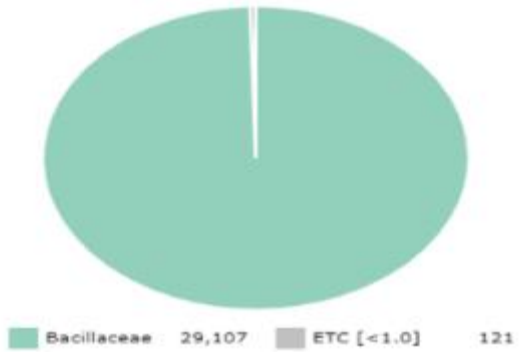
② Sample ‘B’의 Taxonomic composition

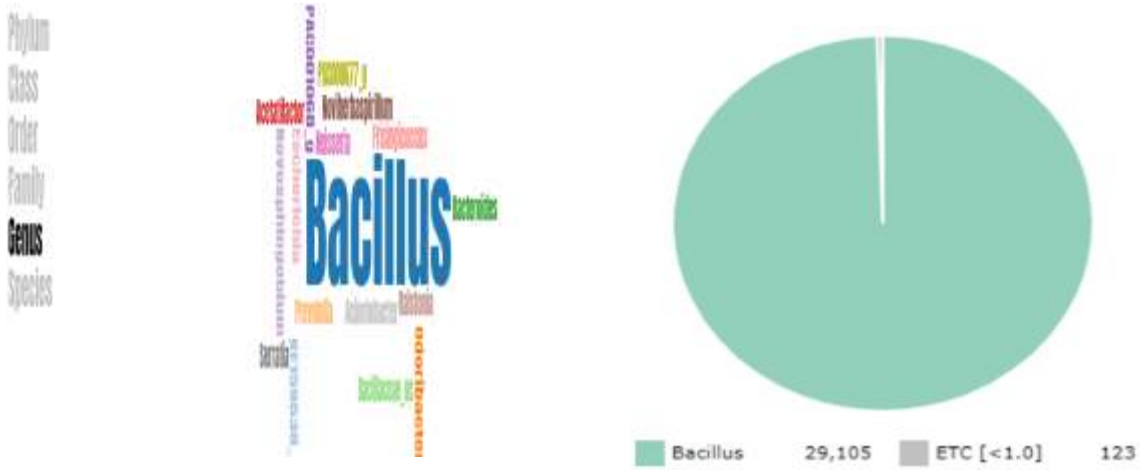
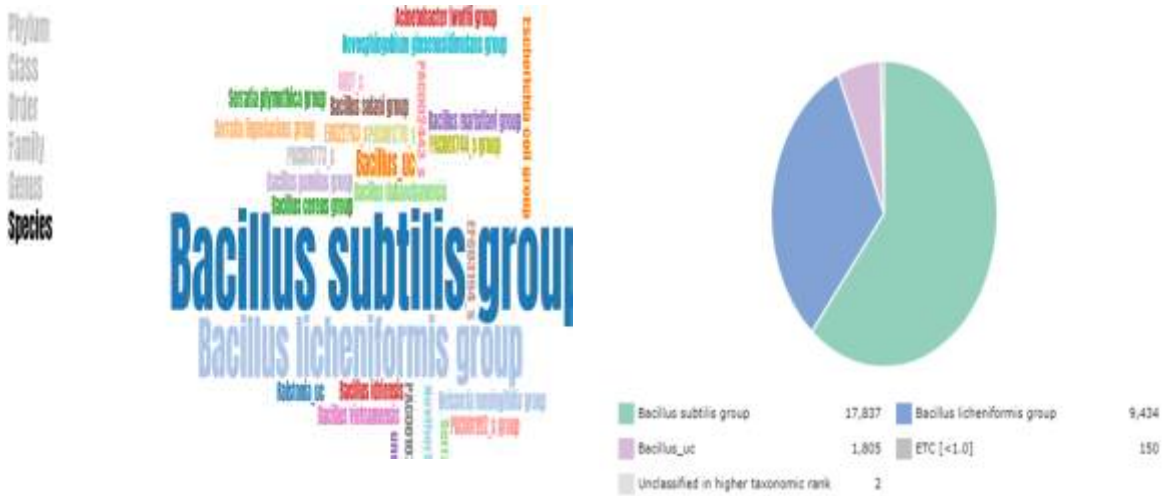
Sample name : B		
구분	Word Cloud	Taxonomic composition
Phylum		
	Firmicutes 78.9% > Proteobacteria 21% > Bacteroidetes 0.05%	

Class	 Bacilli 78.87% > Gammaproteobacteria 20.9% > Clostridia 0.06% > Bacteroidia 0.05%
Order	 Bacillales 78.87% > Enterobacterales 20.99% > Clostridiales 0.06% > Bacteroidales 0.05%
Family	 Bacillaceae 78.87% > Yersiniaceae 20.98% > Lachnospiraceae 0.05% > Muribaculaceae 0.02% > Bacteroidaceae 0.01% > Enterobacteriaceae 0.01% > Prevotellaceae 0.01%

Genus		
	Bacillus 78.86% > Serratia 20.98% > PAC002367_g 0.01% > Bacteroides 0.01% > Muribaculum 0.01%	
Species		
	Bacillus licheniformis group 73.81% > Serratia liquefaciens group 18.13% > Serratia plymuthica group 2.74% > Bacillus solani group 1.3% > Bacillus cereus group 1.04% > Bacillus carboniphilus group 0.68% > HQ397054_s 0.53% > Bacillus idriensis 0.33% > Bacillus luciferensis group 0.24% > Bacillus subtilis group 0.17%	

Sample '혼합미생물 JIF18300'의 Taxonomic composition

Sample name : Mixed Strain JIF18300		
구분	Word Cloud	Taxonomic composition
Phylum		
	Firmicutes 99.59% > Proteobacteria 0.38% >Bacteroidetes 0.01%	
Class		
	Bacilli 99.58% > Gammaproteobacteria 0.36% > Bacteroidia 0.01% > Betaproteobacteria 0.01% > Alphaproteobacteria 0.01% > Clostridia 0.01%	
Order		
	Bacillales 99.58% > Enterobacterales 0.355% > Bacteroidales 0.01% > Burkholderiales 0.01% > Clostridiales 0.01% > Sphingomonadales 0.01%	
Family		

	Bacillaceae 99.58% > Yersiniaceae 0.35% > Lachnospiraceae 0.01% > Sphingomonadaceae 0.01%
Genus	
	Bacillus 99.57% > Serratia 0.35% > Novosphingobium 0.01%
Species	
	Bacillus subtilis group 61.02% > Bacillus licheniformis group 32.27% > Serratia liquefaciens group 0.28% > Serratia plymuthica group 0.04% > Bacillus cereus group 0.04% > Bacillus solani group 0.01% > Bacillus dabaoshanensis 0.01% > Bacillus pumilus group 0.01% > Bacillus vietnamensis 0.01% > Novosphingobium ginsenosidimutans group 0.01%

2. 실증규모(처리용량 100kg/일) IoT 기술 융합 음식물쓰레기 분해·소멸시스템 성능 최적화 및 연속 운전

1.1 IoT(Internet of Things)기술 융합 발효·소멸시스템 자동 모니터링 및 제어시스템 설계 및 구축

<그림 227> IoT 융합 음식물쓰레기 발효·소멸장치 모니터링 및 제어시스템 개념도

가. 발효·소멸장치 영향인자(온도, 습도, CO_2, O_2, 중량) 측정센서와 데이터 처리부와의 인터페이스 설계

① 발효·소멸장치 영향인자(온도, 습도, CO_2, O_2, 중량 등) 측정센서 선정

○ 1차년도 연구를 통해 미생물 활성화 기반의 음식물쓰레기 발효·소멸 장치 최적화 조건을 파악하기 위해 작동 환경측정에 필요한 주요 센서 <그림 228>은

① O_2 : 사용 미생물이 호기성 미생물이므로 미생물의 활성화 모니터링에 필요.

② CO_2 : 미생물의 발효 시 발생되므로 발효능력 파악.

③ 온도 : 미생물의 발효열 측정 및 미생물 활성화 온도 파악.

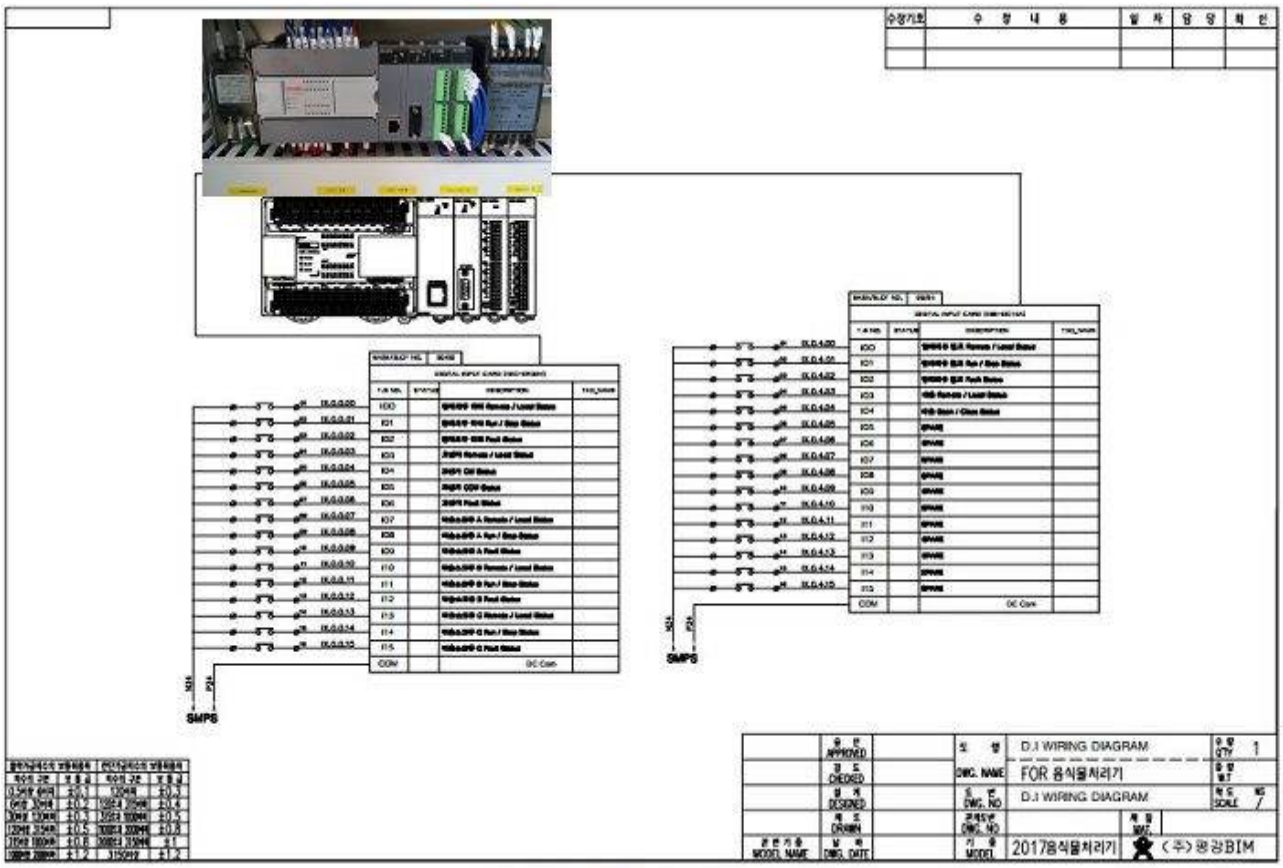
④ 습도 : 60%이상의 습도 조건에 미생물의 증식이 억제되므로 미생물의 증식조건과 발효·소멸기 가동 시간 파악.

⑤ 중량 : 발효·소멸장치 정량 투입과 배출물의 중량을 통한 발효·소멸기 능력 파악을 들 수 있으나 악취 및 수분제거 모듈의 방식에 따라 압력, 유량, 냉각탑 센서 등의 추가가 필요함.

○ 그러나 센서를 많이 사용할 경우 오작동의 문제와 고가인 센서 가격으로 발효·소멸장치 제작비용 증가가 문제됨.

② 측정센서와 데이터 처리부와의 인터페이스 설계

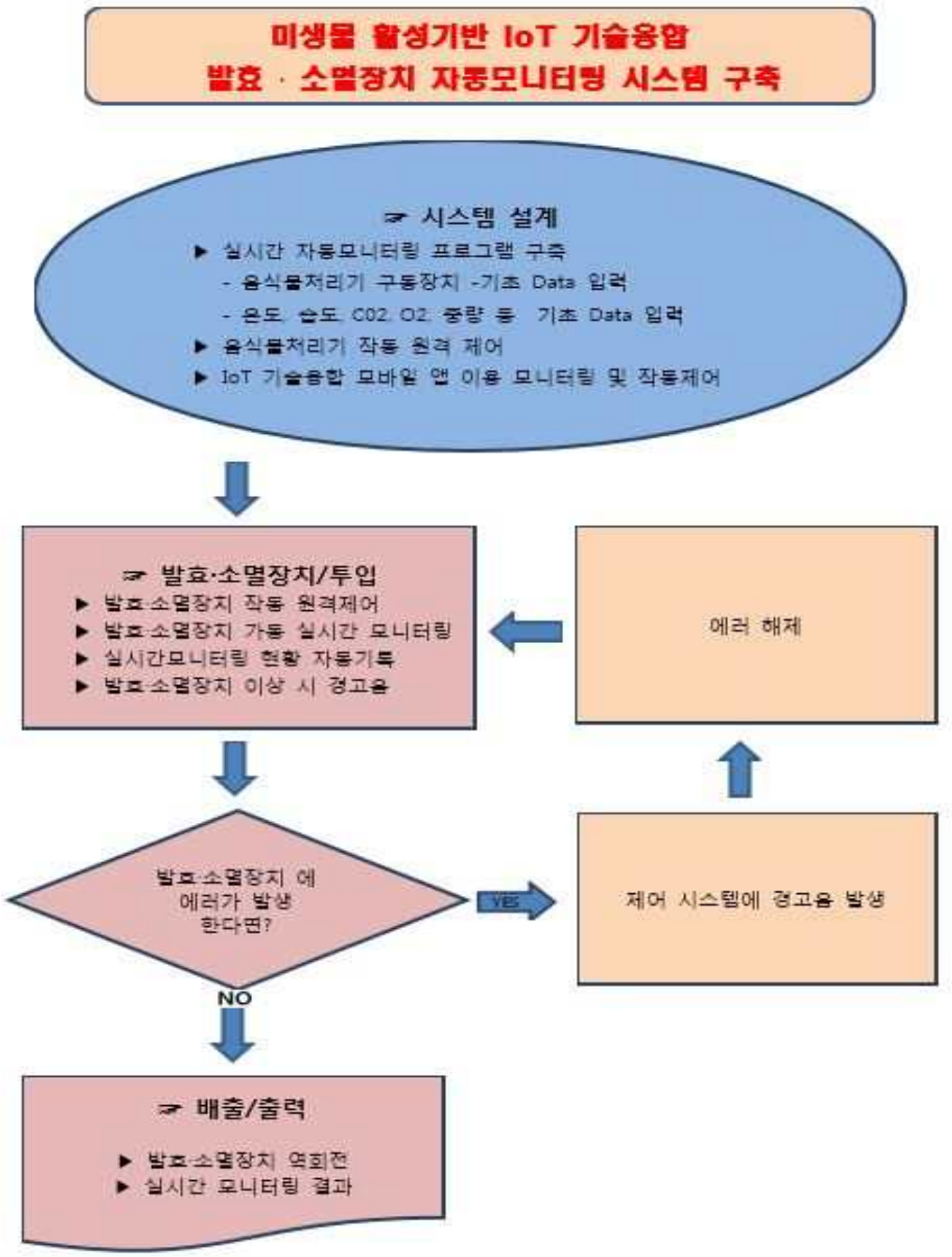
○ 본 연구에서는 연구비의 제한성으로 인하여 아직은 실험단계이므로 단가를 고려한 실험용 근거리 1:1통신방식인 RS232와 1:N방식의 RS485 디지털타입 센서와 아날로그통신(4~20범위) 센서로 구성되는 표준모듈로 PLC타입의 RTU <그림 102>을 통해 프로토콜로 발효.소멸장치와 센서들의 신호를 데이터로 처리할 수 있게 해줌.



<그림 228> RTU 구성도

나. 센싱 데이터 모니터링을 위한 환경제어 알고리즘 개발

○ 발효·소멸장치 각각의 센서에 제어값을 입력하고 음식물과 부형재를 투입하여 작동할 때 발효·소멸장치 구동부와 센싱부의 상태를 모니터링 함과 아울러 구동부의 문제점 발생과 센싱부의 CV(현재값)과 SV(입력값)의 차이발생에 따른 문제점을 해결하기 위한 환경제어 모니터링 알고리즘 <그림 229> 구현.



<그림 229 >센싱 데이터 모니터링을 위한 환경제어 알고리즘

다. 인터넷 기반의 Network 모니터링 시스템 구현 (발효.소멸장치 모니터링(HMI) ↔ Gateway ↔ Internet IoT Platform)

○ 발효.소멸장치의 구동부와 센싱부의 작동 데이터들이 RTU를 통해 통신언어로 전송될 때 그 언어가 근거리통신망 이더넷을 통해 서버 컴퓨터로 전달되고 서버에서는 인터넷 기반으로 Network되어 HMI (휴먼인터페이스)를 통해 관리자의 컴퓨터에서 모니터링되며, 그 모니터링 된 내용이 관리자의 모바일을 통해서도 발효.소멸장치를 제어할 수 있도록 Internet IoT Platform 서비스 프로그램 업체를 통해 연결됨.

<그림 230> 발효·소멸장치 작동제어 모니터링 시스템 구축 및 원격제어 시스템

○ 모니터링 시스템은 음식물 처리기의 운전 상태 및 계측, 적산 정보를 수집하기 위한 중앙 감시 제어 시스템으로서 설치된 각종 센서 및 장비들의 데이터를 취합하고, 취합된 정보는 발효·소멸장치 운전자가 한눈에 중앙 집중으로 관리할 수 있도록 데이터를 제공하여 음식물 처리기의 원활한 관리가 이루어지도록 하고자 함.

○ 또한 유사시에 신속한 조치를 가능하게 하고, 사고를 조기에 수습함으로써 피해를 최소화하며, 수집된 데이터를 바탕으로 이상 발생에 대한 이력 관리를 가능하게 하여 사고 원인분석 및 재발 방지를 위한 각종 자료를 제공함으로써 궁극적으로 발효·소멸장치의 안정된 운영을 목적함.

○ 감시/제어기능

- 실시간 계측 정보 수집 및 감시
- 실시간 상태 접점 감시
- 디지털 및 아날로그 제어 기
- 계측치의 상, 하한 감시, 관리 대상의 운용 및 제어

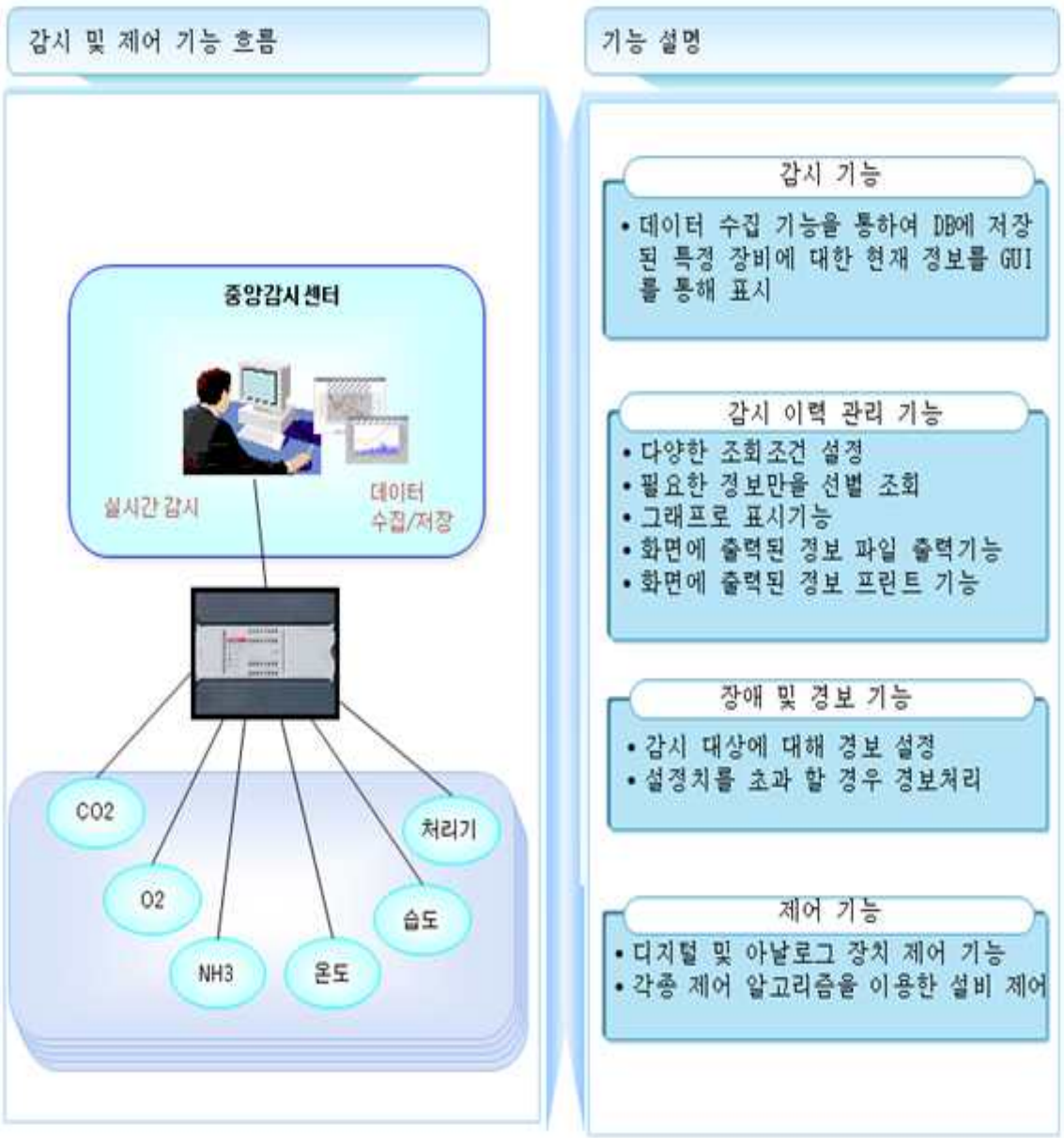
○ 장애 관리

- 실시간 장애 정보 수집
- 장애 상태 검색 및 모니터링 기능
- 장애 통계 및 장애 필터 관리 기능

○ 보고서 지원.

- 자유로운 보고서 양식 지원 (엑셀)
- 그래프 지원

○ 감시 및 제어기능 흐름도



〈그림 231> 모니터링 시스템 감시 및 제어기능 흐름도

라. 인터넷 Network 기반 발효·소멸장치 자동 모니터링 및 제어시스템 구축

○ 발효·소멸장치의 구동부와 센싱부의 연속적인 동작을 RTU를 통해 통신언어로 변환 후 인터넷 WIFI기반으로 자율주행자동차가 가능하도록 시스템을 구축해주는 HMI KEY(휴먼인터페이스) 프로그램을 활용하여 사무실 관리자의 노트북을 통해 구동부 작동 ON-OFF 및 교반기 내부의 환경조건을 모니터링 하며 제어할 수 있도록 시스템 구현함.

<그림 232> 발효·소멸장치 자동 모니터링 및 제어시스템

마. 발효·소멸장치 IoT기반 모바일 앱을 통한 원격 모니터링 및 제어시스템 구축

○ 인터넷 Network를 기반으로 컴퓨터를 통해 모니터링 및 제어되는 되는 발효·소멸장치가 모니터링 할 수 있는 내용을 모바일 앱을 통해서도 동일하게 모니터링하게 되어 사업화시 사후관리나 서비스가 신속하게 이루어질 수 있도록 구축함.

<그림 233> IoT기반 모바일 앱을 통한 원격 모니터링 및 제어시스템

1.2 음식물류 폐기물 100kg/일급 연속운전

○ 연속된 실험을 통하여 검증한 결과 음식물쓰레기 분해·소멸시스템의 성능은 시스템자체의 성능도 중요하지만 실증 시에는 항온이 유지되지 않는 외부에 설치하여 작동되어야하기 때문에 분해·소멸시스템의 온도 보다 외부기온이 많이 낮아져 낮아 시스템의 온도가 방열될 수 있는 상온 20 ˚C이하의 동절기와 외부기온의 영향을 적게 받는 상온 20 ˚C이상의 하절기가 분해·소멸시스템의 운전 및 제어인자 성능에 영향을 미치는 주요요인으로 파악됨.

○ 하절기에는 시스템 최적화 설계 기준 및 실험실 규모의 운전 및 제어인자를 기준으로 테스트하였을 경우 높은 온도유지에 따른 빠른 수분감소로 분진이 발생하여 콘덴싱시스템의 필터 막힘 문제가 발생하여 분해·소멸시스템의 연속투입 운전에 애로가 있었으며, 수분조절제를 50% 줄여 투입하였을 분해·소멸시스템의 연속투입 운전이 가능하였음.

○ 상대적으로 분해·소멸시스템의 내부온도가 낮아지는 동절기에는 수분조절제인 톱밥의 비율을 조절하여 분해·소멸시스템의 연속투입 운전이 가능하였으며 설계기준을 만족할 수 있었음.

가. 하절기 연속투입 실험(음식물쓰레기: 수분조절제=1:0.5)

1) 음식물쓰레기 투입중량 및 감량 변화

○ <그림 234〉 및 〈그림 235〉에서 볼 수 있는 바와 같이 외부 최저 기온이 평균 20˚C이상의 하절기의 경우 음식물쓰레기 분해·소멸시스템의 내부온도가 미생물의 증식에 따른 발효열 재이용 효율이 증가하는 경향을 보였고, 음식물투입 3~4일 이후 감량율이 현격하게 높아지는 현상을 보임.

음식물쓰레기 연속투입 실험(하절기)

구분	투입음식물 (Kg)	톱밥 (kg)	미생물 (kg)	누적중량 (kg)	함수율 (%)	감량 (kg)	외부기온(℃)	비고
1일차	49	24	5	78			25.4~32.9	
2일차	50	(수분17%)	(수분98%)	126	86.1		23.0~33.3	제습기 고장
2일차				123	55.2			제습기 고장
3일차	50			172	76.5	53	24.5~33.6	제습기 고장
4일차				162	80.2	63	24.6~33.4	제습기 센서교환 가동
5일차				100	40.1	60	24.8~33.3	
6일차				52	26.8	63	24.1~36.0	
6일차	50			105	80.3	60	24.6~36.5	
6일차				95	33.4			
7일차				81	29.5	92	26.5~36.5	
7일차	50			123	84.5			
8일차				81	26.7	92	26.8~34.8	
8일차	52			127	79.4			
9일차				85.5	30.5	93	26.0~34.8	
합 계	301	24	5					총투입량대비 74% 감량
	총투입량 331kg-잔량 86kg=245kg감량							

〈그림 234〉 하절기 음식물쓰레기 연속투입실험

〈그림 235〉 하절기 음식물쓰레기 처리 중량 및 함수율 변화

2) 하절기 운전 영향인자 실증 결론

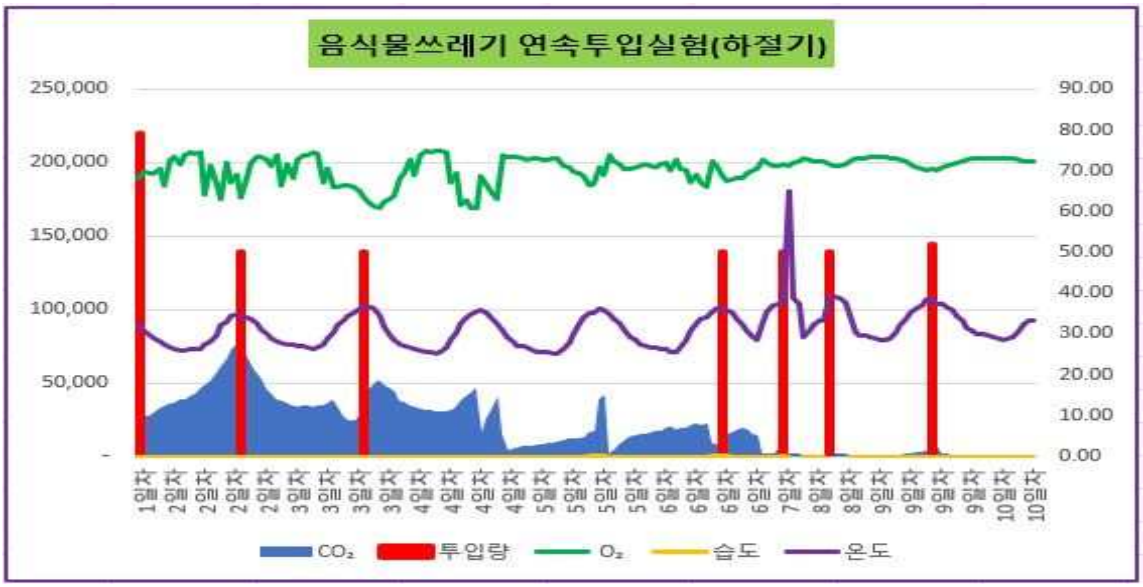
○ 다음 〈그림 236〉에서 보는 바와 같이 연속식 실험에서 투입한 유기물 분해 호기성 미생물의 증식 영향으로 음식물쓰레기 투입 후 미생물이 왕성하게 증식하는 시점에서는 CO_2는 상승하고 O_2는 낮아지는 경향을 보였음.

○ 수분이 높은 발효·시스템 내부 상황으로 측정센서들의 잦은 고장으로 동일 경향을 그래프 상 반복적으로 나태내지 못하였지만 여러 번에 걸친 실험결과 음식물쓰레기 투입 후 온도가 증가하면서 CO_2 발생량이 증가하는 복합적인 경향을 나타내는 것을 볼 수 있었음.

○ 그러나 〈그림 236>과 같이 CO_2 발생량이 연속운전에 따라 특히 감량에 따라 줄어드는 경향을 보이고 있는데 이는 미생물의 증식의 적정 수분은 40%~60%이지만 음식물쓰레기를 연속해서 투입한다고 해서 초기에 투입하였던 미생물의 증식이 반복적으로 일어나지는 않는 현상을 보여줌.

○ 연속실험 경과 미생물을 재투입할 경우 초기 투입의 경우와 온도에 따라 2~3일 내에 CO_2 발생량이 크게 증가했다 다시 줄어드는 반복적인 경향을 보임.

○ 이는 연속된 분해·소멸시스템의 믹싱에 의해 미생물이 사멸을 초래하게 하였을 가능성이 큰바 최소 일주일 단위로 미생물을 추가로 투입하여야 한다는 결론을 얻음.



〈그림 236〉 하절기 음식물쓰레기 발효·시스템 운전 영향인자

3) 동절기 연속투입 실험(음식물쓰레기: 수분조절제=1:1)

① 음식물쓰레기 투입중량 및 감량 변화

○ 다음의 〈그림 237〉 및 〈그림 238〉에서 볼 수 있는 바와 같이 외부 최저 기온이 영하로 내려가고 최고기온도 20 ˚C에 미치지 못하는 날씨에서는 수분조절제를 초기 함수율을 60%정도로 맞추어 주었을 때 음식물쓰레기 분해·소멸시스템의 운전성능이 유지되었고 내부온도가 하절기에 비하여 상승되지 않음에 따라 미생물의 증식에 따른 발효열 재이용 효율이 떨어지는 경향에도 불구하고 분해·소멸시스템의 운전 성능기준에 만족할 정도로 감량이 일어남.

음식물쓰레기 연속투입 실험(동절기)

구분	투입음식물 (kg)	톱밥 (kg)	미생물 (kg)	누적중량 (kg)	함수율 (%)	감량 (kg)	외부기온(℃)	비 고
1일차	100	49	10	159	82.0		3.9~13.0	
2일차		(수분:17%)	(수분:98%)	123	58.8	36.0		투입전 함수율
2일차	103	50		276	75.4		2.8~9.9	
3일차		(수분42%)		226	47.8	61.0		투입전 함수율
3일차	101			327	78.0		3.1~14.0	
4일차				266	50.1	62.0		투입전 함수율
4일차	117			383	81.9		2.1~13.8	
5일차				321	49.7	59.0		투입전 함수율
5일차	105			426	80.1		3.8~14.0	
6일차				367	52.9	58.0		투입전 함수율
6일차	104			471	79.0		1.4~9.3	
7일차				413	53.2	58.0		투입전 함수율
7일차	100			513	80.0		-0.6~9.2	
8일차				456	52.9	57.0	3.2~10.1	
9일차				395	47.5	61.0	5.0~12.5	
10일차				323	40.4	72.0	2.0~15.2	투입전 함수율
10일차	100			423	81.6			제습기 온도센서 고장
11일차				382	45.4	41.0	3.5~16.2	투입전 함수율
11일차	112			494	83.0			제습기 온도센서 고장
12일차				462	48.6	32.0	2.5~11.0	투입전 함수율
12일차	103			565	81.6			
13일차				510	43.9	55.0	0.8~11.3	투입전 함수율
합 계	1045	99	10					총투입량대비 55.8% 감량
	총 투입량 1,154kg-잔량510kg=644kg 감량							

〈그림 237〉 동절기 음식물쓰레기 연속투입실험

〈그림 238〉 동절기 음식물쓰레기 처리 중량 및 함수율 변화

② 동절기 운전 영향인자 실증 결론 및 보완

○ 다음 〈그림 239〉에서 보는 바와 같이 동절기 연속식 실험에서는 투입한 미생물의 증식 폭팔적으로 일어나는 시점이 하절기에 비하여 1일 이상 늦어지고 CO_2와 O_2가 일정한 경향을 보이지 않고 불규칙적인 경향을 보였음.

○ 미생물의 발효열을 재이용하여 분해·소멸시스템의 성능을 최적화 하도록 고안된 본 연구의 설계기준으로 투입대비 감량율이 60% 기준에 약간 미달하여 나타나는 경향을 보임.

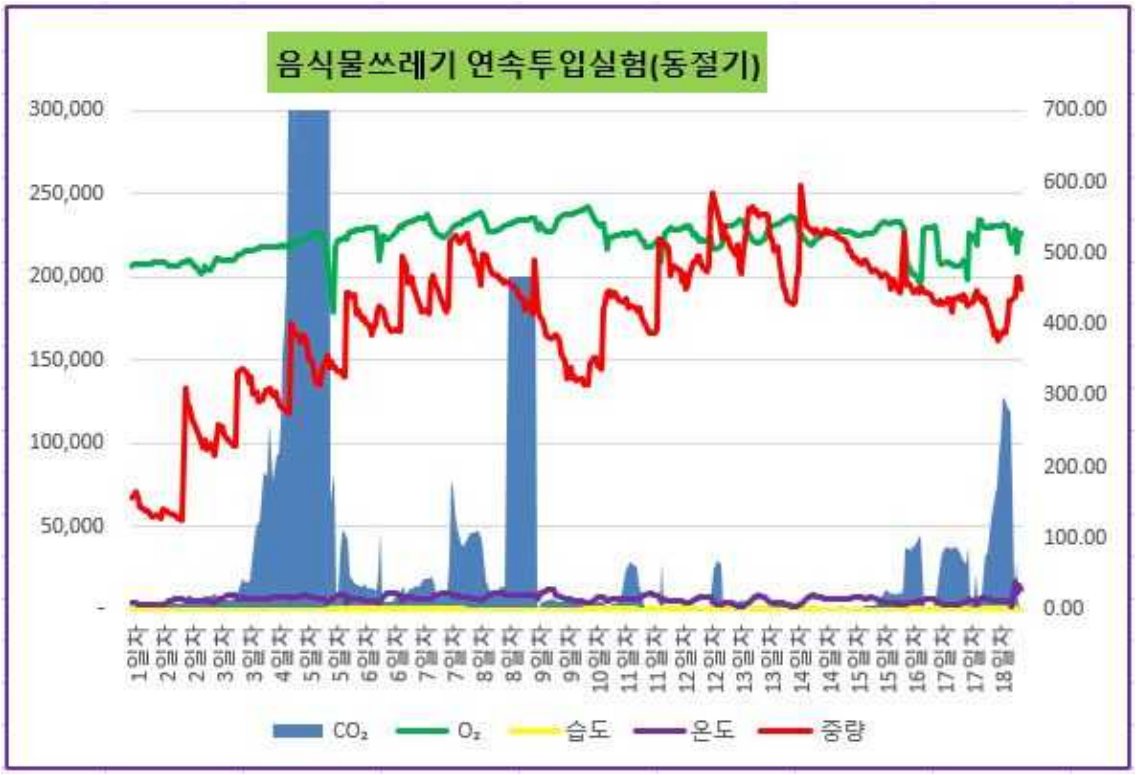
○ 동절기는 하절기와 달리 3~4일 시점에서 간헐적이고 크게 CO_2 폭발현상을 보이고 있는데 이는 외부기온의 영향으로 미생물의 증식 적정온도에 도달할 때 에너지가 모아져서 발생하는 현상으로 보임.

○ 동절기도 하절기 연속실험과 같이 경과 미생물을 재투입할 경우 온도에 따라 4일정도 경과 후 CO_2 발생량이 크게 증가했다 다시 줄어드는 반복적인 경향을 보임.

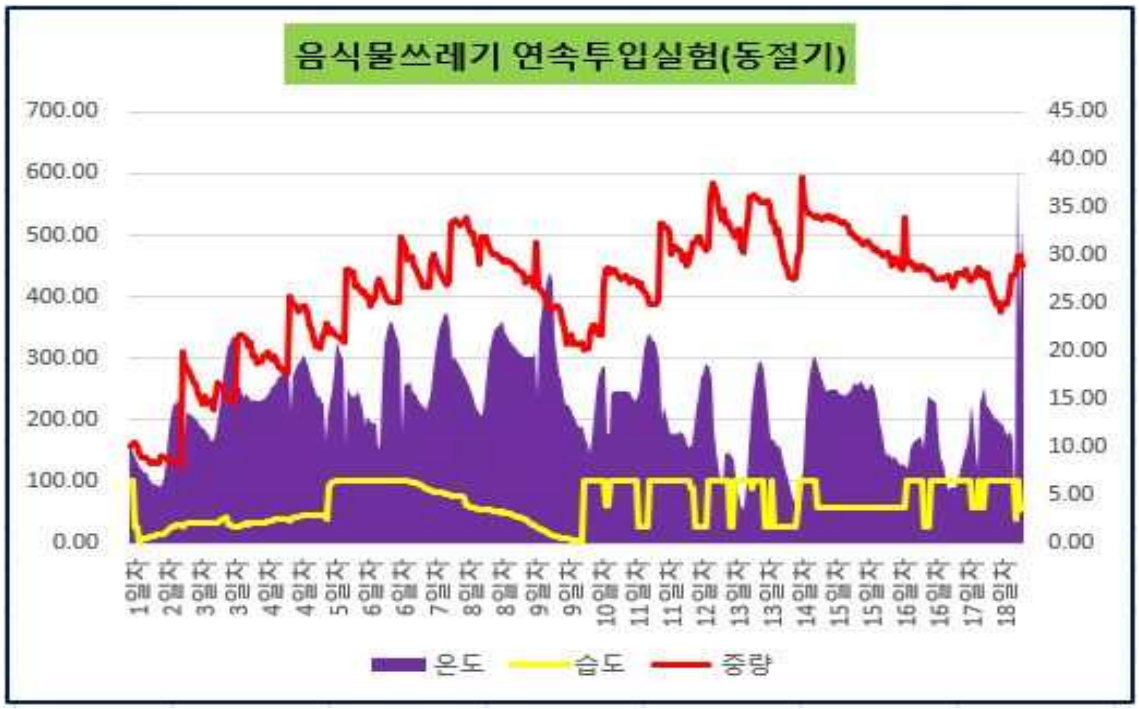
○ 하절기에 비해 외부기온이 낮아 미생물의 적정증식온도에 영향을 주는 상황에서 동절기 역시 연속된 분해·소멸시스템의 믹싱에 의해 미생물이 사멸을 초래하게 하였을 가능성이 큰바 최소 일주일 단위로 미생물을 추가로 투입하여야 한다는 결론을 얻음.

○ <그림 240〉에서 나타나는 경향과 같이 동절기에는 분해·소멸시스템의 운전 온도가 하절기에 비하여 전반적으로 낮기 때문에 온도가 감량에 미치는 영향이 상대적으로 적었음.

○ 동절기에도 하절기와 같이 분해·소멸시스템의 운전성능을 보장하기 위해서는 분해·소멸시스템이 미생물이 증식할 수 있는 적정온도를 유지할 수 있도록 보완 및 가온이 필요할 것으로 사료됨.



〈그림 239〉 동절기 음식물쓰레기 발효·시스템 운전 영향인자



〈그림 240〉 동절기 음식물쓰레기 발효·시스템 운전 영향인자

○ 동절기 연속운전을 대상으로 본 연구의 정량적 목표 달성 여부를 한국산업기술시험원이 현장 입회 한 상태에서 확인함

○ 정량적 목표 달성 실험 개요 및 방법, 결과 등은 아래와 같음

1. 일반 개요

1) 시험 일자 : 2019년 3월 13일

2) 시험 장소 : 전북 익산시 삼기면 삼기농공단지길 44호 ㈜평강 비아이엠

3) 시험 품명 : 100kg/일급 음식물류폐기물 발효·소멸 설비 성능시험

4) 시험 항목 : pH, 염도, 음식물류 폐기물 발효·소멸 장치 온도, ATP, 발효에너지 재이용, 무게 감량

5) 시험 방법 : 시험 의뢰자가 제시한 시험 내용에 준하였음

2. 시험방법

1) 일반시험

· pH, 염도 : 기기분석

· 음식물류 폐기물 분해·소멸 장치 온도 : 기기분석

2) ATP

· y=59.503x-41.793 (y는 ATP 농도 (nmol/L), x는 PD-30 측정기 수치 (RLU))

3) 발효에너지 재이용

· 발효열에너지 재이용 = (제습기 후단/제습기 유입)*100

4) 무게감량

· 무게감량 = (음식물류 폐기물 원료 함수율 - 음식물류 폐기물 분해·소멸 후 함수율)/음식물류 폐기물 원료 함수율*100

3. 시험 결과

1) pH, 염도, 음식물류 폐기물 분해·소멸 장치 온도

항목	시험 결과	비고
pH	6.2	100 kg/일 반응기 연속운전 기준
염도	2.0 %	100 kg/일 반응기 연속운전 기준
음식물류 폐기물 분해·소멸 장치 온도	50.1 ˚C	100 kg/일 반응기 연속운전 기준

2) ATP

항목	시험 결과	비고
ATP	560 nmol/L	100 kg/일 반응기 연속운전 기준

* ATP 시험결과는 PD-30 측정기 이용 환산값 적용 결과.

3) 발효열에너지 재이용

항목	시험 결과	비고
발효열 에너지 재이용	94.2 %	100 kg/일 반응기 연속운전 기준

* 음식물류 폐기물 발효·소멸 장치 습공기 제거를 위한 제습기 유입, 유출 온도 측정.
** (29.3 ˚C / 31.1 ˚C)*100 = 94.2 %

4) 무게감량

항목	시험 결과	비고
무게감량	83.5%	100 kg/일 반응기 연속운전 기준

* 음식물류 폐기물 발효·소멸 장치 원료물질과 발효·소멸 후의 발효물질 함수율 측정결과 기준.
** (80.0%-13.2%)/80.0%*100 = 83.5%

- 100 kg/일급 음식물류 폐기물 발효·소멸 장치를 이용하여 정량적 목표 달성에 대한 여부를 확인하였으며, 무게감량 항목을 제외한 나머지 항목은 목표를 달성하였음.
- 무게감량의 경우 투입 음식물류 폐기물의 함수율이 80%였으며, 발효·소멸이 종료된 후 13.2%로 수분제거율이 83%를 상회하였음. 일반적으로 발효·소멸 후 함수율은 15~20% 대로 최초 목표 산정 시 무게감량 계산에 오류가 있었던 것으로 판단됨.
- 한국산업기술시험원 성적서 발행을 통해 음식물류 폐기물의 발효·소멸장치 결과의 신뢰성을 확보함.

4. 시설 전경 및 시험 사진

<시험대상 설비>

<제어 및 모니터링>

<pH>

<염도>

<ATP>

<기기 분석 측정>

<샘플 채취>

시 험 성 적 서
(TEST REPORT)

ktl 한국산업기술시험원 Korea Testing Laboratory	성적서 번호 : 19-015756-01-1 Report No. 페이지 (1)/(총 4) Page of Pages	KOREA TESTING LABORATORY ktl 한국산업기술시험원

1. 의 뢰 자 (Client)

기 관 명 (Name) : 고등기술연구원연구조합

주 소 (Address) : 경기도 용인시 처인구 백암면 고안로51번길 175-28

의뢰일자 (Date of Receipt) : 2019. 03. 12.

2. 시험성적서의 용도 (Use of Report) : 연구과제 제출용

3. 시험대상품목/물질/시료명 (Test Sample)

제 품 명 (Description) : 음식물류폐기물 발효 소멸 설비

제작회사 (Manufacturer) : 고등기술연구원연구조합

모 델 명 (Model Name) : -

제조번호 (Serial Number) : -

기 타 (Remark) : -

4. 시험기간 (Date of Test) : 2019년 03월 19일 ~ 2019년 03월 19일

5. 시험규격/방법 (Test Standard/Method) : 시험의뢰자가 제시한 시험 내용에 준함.

6. 시험환경 (Testing Environment)

온도 (Temperature) : (9.3 ± 0.3) ℃, 습도 (Humidity) : (52 ± 3) % R.H.

7. 시험결과 (Test Results) : 별첨결과 참조 (Refer to the attached results)

비고(Note) : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제출한 시료에 한하며, 법적 및 기타분쟁의 근거 등으로의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 원본만 유효하며, 임의로 재 가공된 사본 및 전자인쇄본 등은 유효하지 않습니다.
('원본'이란 KTL에서 정해진 절차에 따라 보안성을 포함시켜 제공하는 모든 성적서를 의미합니다.)

확 인 Affirmation	작성자(Tested by) 성 명(Name): 정상철 (Signature)	기술책임자(Technical Manager) 성 명(Name): 전용우 (Signature)

2019. 03. 27.

한국산업기술시험원장

서울특별시 구로구 디지털로26길 87 (구로동)(87, Digital-ro 26-gil, Guro-gu, Seoul, KOREA) Tel.02-860-1273 Fax. 02-860-11689

FP204-01-04

※위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

시 험 결 과 (Test Results)

1. 일반 개요

1) **시험 일자** : 2019. 03. 13.

2) **시험 장소** : 전북 익산시 삼기면 삼기농공단지길 44 ㈜평강비아이엠

3) **시험 품명** : 100 kg/일급 음식물류폐기물 발효·소멸 설비

4) **시험 항목** : pH, 염도, 음식물류폐기물 발효·소멸 장치 온도, ATP, 발효열에너지 재이용율, 무게감량율

2. 시험 방법

1) **기기분석**

· pH, 염도, 음식물류폐기물 분해·소멸 장치 온도

2) **ATP**

ATP [nmol/L] = 59.503 × α - 41.793 (α는 PD-30 측정값 [RLU])

3) **발효열에너지 재이용**

$$\text{발효열에너지 재이용율 [\%]} = \frac{\text{제습기 후단 온도}}{\text{제습기 유입 온도}} \times 100$$

4) **무게감량**

$$\text{무게감량율 [\%]} = \frac{\text{음식물류폐기물 원료 함수율} - \text{음식물류폐기물 분해·소멸 후 함수율}}{\text{음식물류폐기물 원료 함수율}} \times 100$$

※위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

3. 시험 결과

1) pH, 염도, 음식물류폐기물 분해 · 소멸 장치 온도

항목	시험 결과	비고
pH	6.2	100 kg/일 반응기 연속운전 기준
염도	2.0 %	
음식물류폐기물 분해·소멸 장치 온도	50.1 ℃	

2) ATP

항목	시험 결과	비고
ATP	560 nmol/L	100 kg/일 반응기 연속운전 기준

* ATP 시험결과는 PD-30 측정기 이용 환산값 적용 결과임.

3) 발효열에너지 재이용

항목	시험 결과	비고
발효열에너지 재이용율	94.2 %	100 kg/일 반응기 연속운전 기준

* 음식물류 폐기물 발효·소멸 장치 습공기 제거를 위한 제습기 유입, 유출 온도 측정.
** (29.3 ℃ / 31.1 ℃) × 100 = 94.2 %

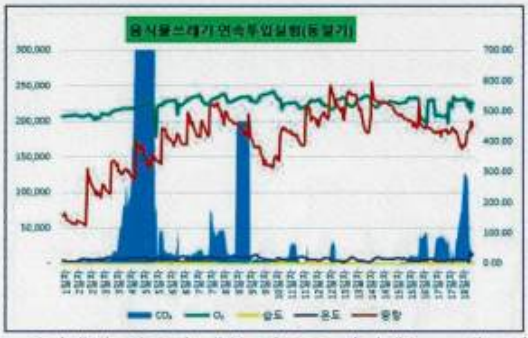
4) 무게감량

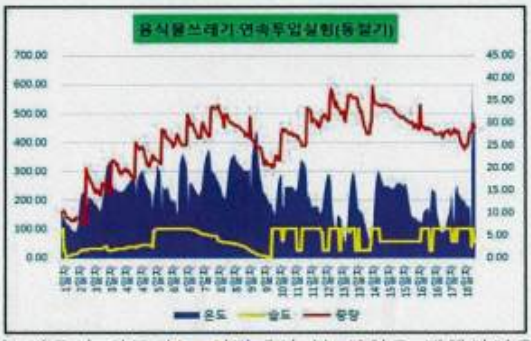
항목	시험 결과	비고
무게감량율	83.5 %	100 kg/일 반응기 연속운전 기준

* 음식물류 폐기물 발효·소멸 장치 원료물질과 발효·소멸 후의 발효물질 함수율 측정결과를 기준으로 함.
** [(80.0 % − 13.2 %) / 80.0 %] × 100 = 83.5 %

※위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

4. 연속운전 RAW 데이터 (참고자료)





* 시간대별 반응기 내부 기록을 나타내는 그래프이며, 반응이 완료되는 시점에서 본 시험을 진행하였음.

5. 시설 전경 및 시험 사진

< 시험대상 설비 >

< 운전제어 및 모니터링>

< 시료채취 >

< pH >

< 염도 >

< ATP >

이 하 여 백

※위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

3. 음식물쓰레기 분해산물 펠렛 연료 적용 보일러 실증 테스트

가) 보일러 용량 : 200,000 kcal/h (230 kW), 사우나 급탕용

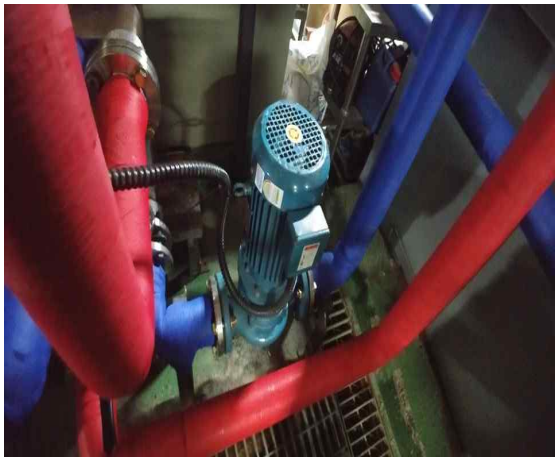
나) 설치장소 : 경기도 양주 스파월드 사우나

다) 설치일자 : 2018년 12월 05일

라) 가동일자 : 2018년 12월 29일

마) 설치 사진

양주스파월드 사진	기존 보일러(가스보일러 2기)
보일러 입고	기존 보일러 철거

보일러 안착	급탕열교환기, 순환펌프설치
	
보일러 설치완료	호퍼+보일러
에어 연료 자동 이송장치	콘트롤러 및 인버터

가동후 버너 사진	기름버너 점화상태 사진
화염 초기 상태	화염활성화 상태

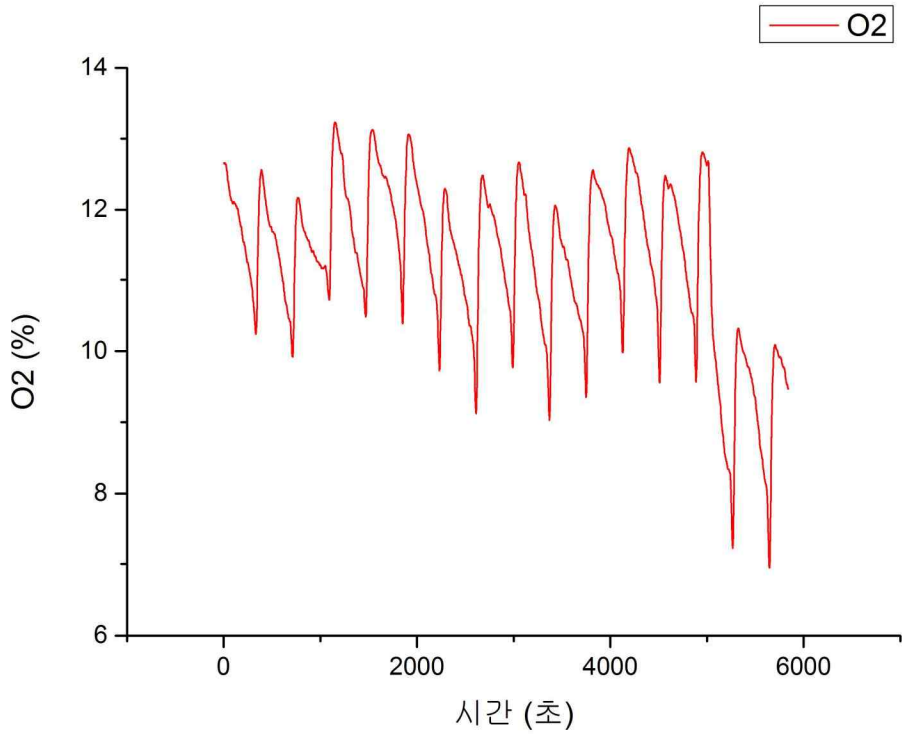
바) 실증 기간 : 30일

사) 실증 결과

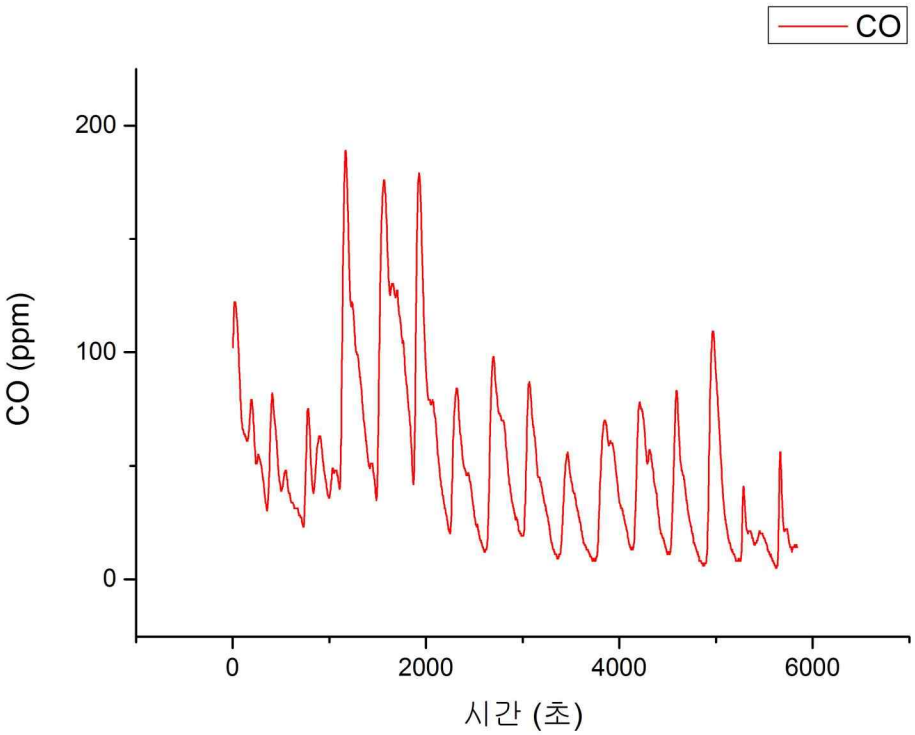
- 온수 생산량 : 온수온도 65 ˚C~67 ˚C (사우나 급탕탱크 저장)
- 온수 물량 : 3.508kg/h 생산
- 가동 시간 : 24시간 소모
- 사우나 인원 : 평일 300명, 주말 1000명
- 연료 사용량 : 65kg/h ~67kg/h (음식물쓰레기 펠릿, 목재펠릿)

아) 실증테스트 (연소측정 결과)

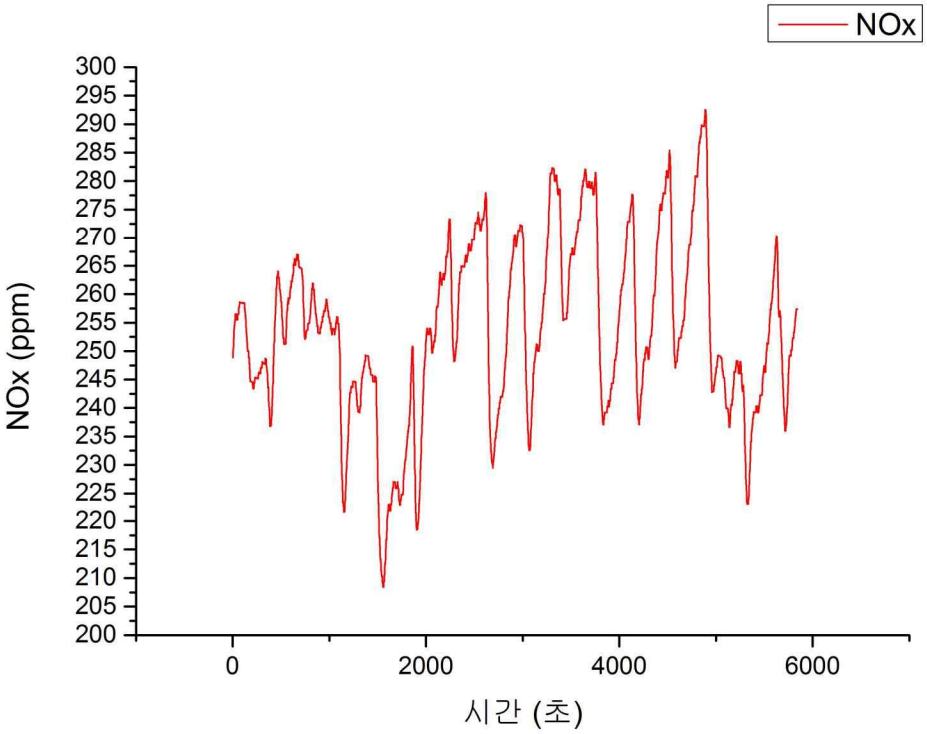
1) O_2 (평균 : 11.25%)



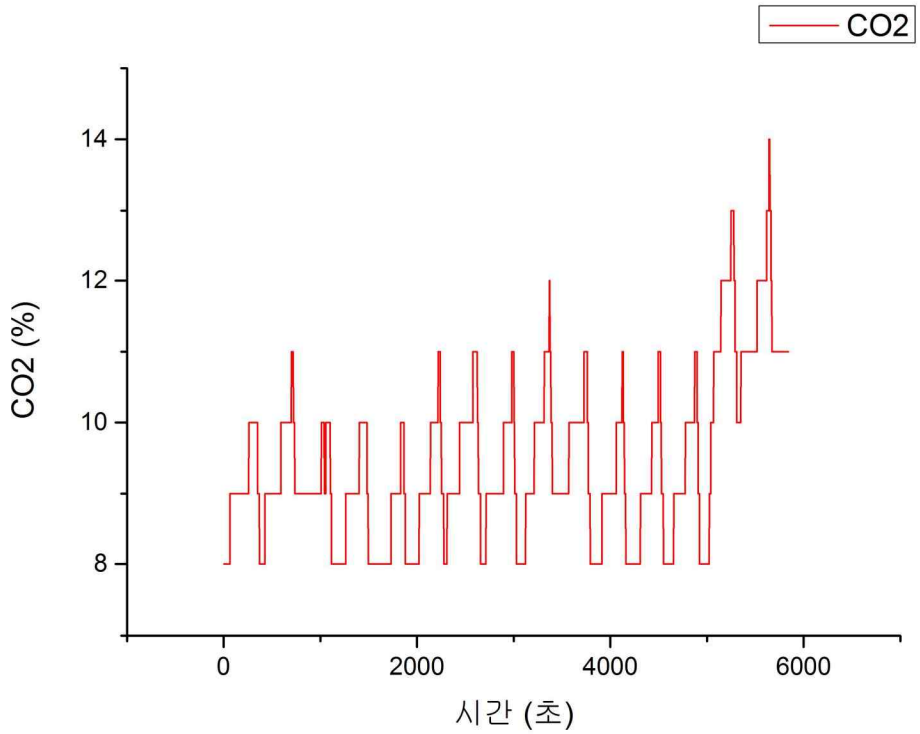
2) CO (평균 : 51.04ppm)



3) NO_X (평균 : 253.67ppm)



3) CO_2 (평균 : 9.41%)



자) 실증테스트 결론

○ 실증현장으로 최초 겨울철에 보일러실증 난방을 하는 시설재배단지로 하고자 하였으나 한정적인 현장보다 지속적으로 현장 실증을 할 수 있는 사우나로 변경하여 24시간 테스트가 가능해짐.

○ 현재 음식물을 합법적으로 연소할 수 없기 때문에 연료를 지속적으로 공급하여 운행할 수는 없어서 실증 가능한 연료량만(10톤) 공급하여 테스트를 진행함.

○ 미생물 부산물 연료만으로는 부족해서, 음식물 처리 공장에서 음식물쓰레기 원재료를 공급받아 성형기로 제조하여 연료를 생산해서 테스트하였으며, 음식물쓰레기와 전소목재펠릿과의 혼소 테스트도 진행하였으며, 혼소 테스트 시 점화 및 불옮김, 플라잉 ash량, 화염형상 및 모든 조건이 좋아짐.

○ 음식물 펠릿을 연료로서의 가능성은 충분하며, 완전 연소 및 혼소 할 수 있는 보일러가 개발되어 보급 확산이 가능하나 현재 음식물 연소를 할 수 없는 법적규제가 개선되어야 보일러의 사업화가 가능할 것으로 판단됨.

○ 단 이 과제를 통해 개발된 보일러를 통해 목재펠릿보다 성능이 좋지 않은 저품위 연료에 대한 연소도 지속 테스트를 진행하고자 함.

차) 사업화성과 및 매출실적

1) 사업화 성과

항목	세부항목			성과
사업화 성과	매출액	개발제품	개발 후 현재까지	3억원
			향후 3년간 매출	10억원
		관련제품	개발 후 현재까지	–
			향후 3년간 매출	–
	시장 점유율	개발제품	개발 후 현재까지	국내 : 50%
			향후 3년간 점유율	국내 : 60%
		관련제품	개발 후 현재까지	–
			향후 3년간 매출	–
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위		–
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위		–

2) 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목		성 과		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		1		
	소요예산(백만원)		500		
	예상 매출규모 (억원)		현재까지	3년후	5년후
			3	10	20
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	50	60	70
		국외	-	-	-
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		-230 kW 급 이상의 제품 개발(300~1,000 kW 급)		
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)		현재	3년후	5년후
	수입대체(내수)		-	-	-
	수출		-	-	-

카) 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1) 목표

○ 이동형 펠릿 성형시스템 개선 및 펠릿보일러 보일러실증현장 실증.

2) 목표 달성여부

○ 음식물 분해산물 펠릿 성형기 개선완료

① 펠릿 성형기 다이 및 롤러 개선완료

- 펠릿 생산이 시간당 200kg/h이상 생산되도록 개선완료.

	사이즈	열량(저위발열량) kcal/kg	밀도(kg/㎥)	내구성(%)	비고
목표	∅6~8	3,500	580	95	100%달성
1차년도	8	3,612	718	95.2	
최종년도	8	3,786	780	98.2	

○ 특허등록

특허출원 제 10-2017-0140764호 (고체 연료 연소장치) 3차년도 특허등록

<음식물펠릿 성적서>

[붙임]

발급번호: 제 2017-2627-1 호

시 험 성 적 서

의뢰인 : ㈜규원테크

시험항목	단 위	시험결과	시험방법
크기(직경)-평균	mm	8	한국임업진흥원 목재제품 표준시험법
크기(길이)-평균	mm	17	한국임업진흥원 목재제품 표준시험법
겉보기밀도	kg/m³	780	한국임업진흥원 목재제품 표준시험법
함수율	%	6.6	한국임업진흥원 목재제품 표준시험법
회분	%	11.3	한국임업진흥원 목재제품 표준시험법
내구성	%	98.2	한국임업진흥원 목재제품 표준시험법
발열량(고위)	kcal/kg	4,351	한국임업진흥원 목재제품 표준시험법
발열량(저위)	kcal/kg	3,786	한국임업진흥원 목재제품 표준시험법

본 성적서는 의뢰인이 제출한 시료에 대한 시험결과로서 전체 제품의 품질을 보증하지 않으며, 발급기관의 서면 동의 없이 홍보, 선전, 광고 및 소송 등의 용도에는 사용할 수 없습니다.

COPY 복사본
복사본 COPY

총 2 페이지 중 2 페이지

○ 보일러 성능 개선 및 현장 실증

① 보일러 성능 개선 완료

- 200,000 kcal/h 이상 용량, 90%이상 효율, CO 100mg/㎥이하 목표달성.

	정격출력 (kcal/h)	효율 (%)	연소특성				비 고
			O_2(%)	CO_2(%)	CO(ppm)	NOx(ppm)	
2차년도	211,264	93.8	11.08	9.58	109.56	-	자체 성능평가
최종년도	244,873	90.12	8.04	10.87	3.87	281.3	공인 성적서

KITECH 한국생산기술연구원

시 험 성 적 서

제 목 : 음식물 펠렛 온수보일러 성능 측정
업 체 명 : (주)규원테크
주 소 : 경상북도 경산시 남산면 송내리 40-2번지
대 표 자 : 김규원
시 험 일 : 2019. 03. 22

※ 시험항목 : 음식물 펠렛 온수보일러 성능 측정

※ 시험장소 : 경상북도 경산시 남산면 송내리 40-2번지

※ 시험규격/방법 : KS B 8901

※ 시험결과 : 첨부 1 참조

※ 비 고

1. 본 시험은 (주)규원테크에서 생산된 음식물 펠렛 온수보일러에 대한 연소 시 배기가스 농도 및 시스템 효율 측정시험을 수행한 결과임.
2. 본 시험은 한국생산기술연구원 "음식물 펠렛 온수보일러 성능 측정"의 수탁평가요청으로부터 얻어진 결과로 시험관련 사항은 "첨부 1"을 참고하기 바람.

2019년 03월 27일

한국생산기술연구원장

1/5

KITECH 한국생산기술연구원

2. 시험조건

연료	음식물 펠렛
연료 발열량	4,192 kcal/kg (고위발열량) 3,612 kcal/kg (저위발열량)
연료 투입량	75.23 kg/h
열출력	271,731 kcal/h
급수량	3,334 kg/h

3. 시험방법

- 정상상태에서의 운전 시 연소 배기가스 농도 및 각 부분 측정값을 통해 결과를 도출함.

4. 시험결과

	시험 항목	결과	기준
배기가스	O_2	8.04%	-
	CO	3.87ppm	100 mg/m³ 이하
	CO_2	10.87%	-
	NO_x	281.3ppm	-
보일러	원수 온도	9.7℃	-
	출수 온도	83.2℃	-
	연소실 온도	1232.9℃	-
	난방출력	244,873kcal/h	230kw 급
	효율	90.12%	90% 이상

3/5

② 현장 실증 완료

- 양주 스파월드 사우나
- 실증기간 : 30일
- 용량 : 200,000 kcal/h 1기
- 재분석완료 : 강열 감량 2.2%

타) 연구결과의 활용 계획 등

1) 이동형 펠릿 성형기 개발을 통해 음식물 분해 산물뿐만 아니라 축분, 목재, 초본 등 다양한 연료를 성형 Test하여 활용화 하고자 함.
2) 개발된 음식물 펠릿 보일러를 이용하여 목재펠릿, 우드칩, 축분연료 등 다양한 고형연료에 적용하여 활용도를 넓히고자 함.